

SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR

PREMIÈRE ANNÉE : MPSI

I - PREAMBULE

La compréhension, l'étude, le développement et l'exploitation de systèmes techniques pluritechnologiques complexes nécessitent le développement d'une démarche ingénieur qui est une approche permettant la confédération du travail d'équipes pluridisciplinaires selon une logique de gestion de projet, utilisant un ensemble d'outils permettant de délimiter de manière claire les frontières de ses composantes et les étapes essentielles à sa mise en œuvre. Pour assurer l'efficacité de cette approche il faut construire une vision globale cohérente du système qu'on cherche à représenter. L'idée est de fédérer plusieurs langages d'assistance au développement de projet au sein d'un outil unique à utilisation polyvalente mais construit avec une forte cohérence sémantique permettant l'émergence d'une vision pertinente du système. C'est dans cet objectif que l'outil SysML (System Modeling Language) a été introduit dans l'actuel programme.

II - OBJECTIFS DE FORMATION

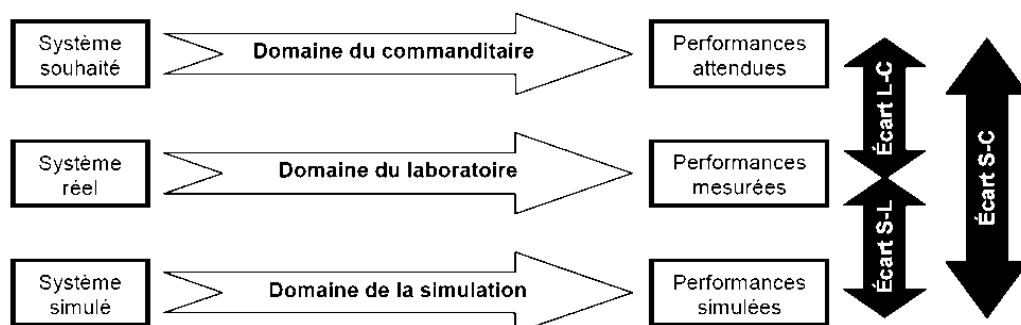
FINALITES

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.

L'enseignement des sciences industrielles pour l'ingénieur a pour objectif d'aborder la démarche de l'ingénieur qui permet, en particulier :

- de conduire l'analyse fonctionnelle, structurelle et comportementale d'un système pluritechnologique ;
- de vérifier les performances attendues d'un système, par l'évaluation de l'écart entre un cahier des charges et des réponses expérimentales ;
- de proposer et de valider des modèles d'un système à partir d'essais, par l'évaluation de l'écart entre les performances mesurées et les performances calculées ou simulées ;
- de prévoir les performances d'un système à partir de modélisations, par l'évaluation de l'écart entre les performances calculées ou simulées et les performances attendues au cahier des charges ;
- d'analyser ces écarts et de proposer des solutions en vue d'une amélioration des performances.



L'identification et l'analyse des écarts présentés mobilisent des compétences transversales qui sont développées en sciences industrielles pour l'ingénieur, mais aussi en mathématiques et en sciences physiques.

Les sciences industrielles pour l'ingénieur constituent donc un vecteur de coopération interdisciplinaire et participent à la poursuite d'études dans l'enseignement supérieur.

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.

Les compétences développées en sciences industrielles pour l'ingénieur forment un tout cohérent, en relation directe avec la réalité industrielle qui entoure l'élève. Couplées à la démarche de l'ingénieur, elles le sensibilisent aux travaux de recherche, de développement et d'innovation.

Ces compétences sont :

- **Analyser** : permet des études fonctionnelles, structurelles et comportementales des systèmes conduisant à la compréhension de leur fonctionnement et à une justification de leur architecture. Cette approche permet de fédérer et assimiler les connaissances présentées dans l'ensemble des disciplines scientifiques de classes préparatoires aux grandes écoles.
- **Modéliser** : permet de proposer, après la formulation d'hypothèses, une représentation graphique, symbolique ou équationnelle pour comprendre le fonctionnement, la structure et le comportement d'un système réel.
- **Résoudre** : permet de donner la démarche pour atteindre de manière optimale un résultat. La résolution est analytique.
- **Communiquer** : permet de décrire, avec les outils de la communication technique et l'expression scientifique et technologique adéquate, le fonctionnement, la structure et le comportement des systèmes.

III- PROGRAMME

Les connaissances sont précisées dans la colonne de gauche, tandis que les compétences attendues accompagnées de commentaires figurent dans la colonne de droite.

Les séances des sciences industrielles pour l'ingénieur sont de **2 heures hebdomadaires programmées, de préférence, le matin**. Il est aussi préférable que **l'enseignement se déroule dans un labo de S.I ou dans une salle spécialisée**.

N.B :

- ***Le séquençement proposé n'a pas pour objet d'imposer une chronologie dans l'étude du programme ;***
- La nature des sciences industrielles pour l'ingénieur et du contexte évolutif de son enseignement, nécessite une recherche permanente de l'innovation et de l'originalité pédagogique à même d'intégrer efficacement cette évolution rapide. Dans ce sens, le professeur est libre d'utiliser les méthodes d'enseignement qu'il juge adéquates, sans pour autant s'écarter des deux principes suivants :
 - ✓ privilégier la mise en activités des élèves et éviter le dogmatisme ;
 - ✓ recourir à la mise en contexte des connaissances, des savoir-faire et des systèmes étudiés ;
- Les résultats expérimentaux et simulés sont fournis en l'absence d'activités pratiques.

<p>1- Analyse et modélisation des systèmes - Langage SysML :</p> <p>1.1) Présentation générale des systèmes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - matière d'œuvre ; - valeur ajoutée ; - fonction ; - performance ; - partie commande, partie opérative ; - relations entre partie commande et partie opérative ; - relations entre partie commande et opérateur. <p>1-2) Identification de besoin et des exigences :</p> <p>Cahier des charges :</p> <ul style="list-style-type: none"> - diagramme des exigences ; - diagramme des cas d'utilisation ; <p>1-3) Définition des frontières de l'analyse :</p> <ul style="list-style-type: none"> - frontière de l'étude ; 	<p>Les activités sont organisées à partir de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - dossiers techniques incluant des documents multimédia ; - supports physiques dédiés; - 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.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - situer le système industriel dans son domaine d'activité ; - identifier les matières d'œuvre entrantes et sortantes du système ; - préciser les caractéristiques de la valeur ajoutée par le système ; - identifier et caractériser les éléments de structure (sous-ensembles fonctionnels, chaînes fonctionnelles, partie opérative et partie commande). <p>Ainsi ces activités d'analyse et de modélisation des systèmes peuvent être introduites dès le début de l'année scolaire, et serviront de présentation pour l'enseignement dispensé tout au <u>long des deux années de formation</u>.</p> <p>L'approfondissement des outils et du vocabulaire de communication technique se fera progressivement et horizontalement pendant l'avancement sur le programme.</p> <p>Le Cahier des Charges Fonctionnel (<u>fourni</u>) est l'outil privilégié pour associer les performances attendues aux fonctions à satisfaire par un système.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • décrire le besoin ; • traduire un besoin fonctionnel en exigences ; • présenter la fonction globale ; • définir les critères technico-économiques ; • identifier les contraintes ; • identifier et caractériser les fonctions ; • identifier la nature des flux échangés (Matière, énergie, information) traversant la frontière d'étude ; • identifier la nature de l'information et la nature du signal ; • qualifier la nature des matières, quantifier les volumes et les masses ; • qualifier et quantifier les exigences (critère, niveau) ; • lire et décoder un diagramme SysML ; • être Sensibilisé à l'impact environnemental du système (matériaux, énergie, nuisances).
---	--

<p>- milieu extérieur ;</p> <p>- flux échangés : flux de matière</p> <p>flux d'information ;</p> <p>- impact environnemental.</p> <p>1-4) Appréhension des analyses fonctionnelle et structurelle : Chaîne d'information et d'énergie :</p> <ul style="list-style-type: none"> - présentation des chaînes d'énergie et d'information ; - diagramme de définition des blocs ; - diagramme de blocs internes ; - diagramme paramétrique. <p>1-5) Identification et caractérisation des grandeurs physiques :</p> <p>Grandeurs utilisées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - unités du système international ; - homogénéité des grandeurs. <p>Caractéristiques des grandeurs physiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - nature physique ; - caractéristiques fréquentielles ; - caractéristiques temporelles. <p>1-6) Recherche et traitement des informations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - informations techniques : Identification et description des constituants (actionneurs, pré-actionneurs et capteurs) ; - schéma électrique, hydraulique et Pneumatique. 	<p>Le langage SysML permet de décrire les systèmes selon différents points de vue cohérents afin d'en permettre la compréhension et l'analyse.</p> <p>Les diagrammes SysML sont présentés uniquement à la lecture.</p> <p>Les normes de représentation du langage SysML sont fournies et la connaissance de la syntaxe n'est pas exigible.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • identifier et décrire la chaîne d'information et la chaîne d'énergie du système ; • identifier les liens entre la chaîne d'énergie et la chaîne d'information ; • identifier les constituants de la chaîne d'information réalisant les fonctions acquérir, coder, communiquer, mémoriser, restituer, traiter ; • identifier les constituants de la chaîne d'énergie réalisant les fonctions agir, alimenter, convertir, moduler, transmettre, stocker ; • vérifier l'homogénéité et la compatibilité des flux entre les différents constituants. <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • utiliser des symboles et des unités adéquates ; • vérifier l'homogénéité des résultats ; • qualifier les grandeurs d'entrée et de sortie d'un système isolé ; • identifier la nature (grandeur effort, grandeur flux) ; • décrire l'évolution des grandeurs. <p>Tout au long des deux années préparatoires, l'enseignant insistera sur l'évaluation des ordres de grandeur ce qui permettra à l'élève d'interpréter les résultats en vue de valider ou proposer une hypothèse.</p> <p>Les normes de représentation des schémas fournies, les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • extraire les informations utiles d'un dossier technique ; • lire et décoder un schéma ; • réaliser ou compléter un schéma électrique (se limiter aux cas simples).
--	---

<p>1-7) Caractérisation des écarts :</p> <ul style="list-style-type: none"> - définition des écarts ; - identification des écarts. <p>2- Mécanique :</p> <p>2.A) Modélisation géométrique des liaisons</p> <p>2.A.1) Contact entre solides : Géométrie générale des contacts entre deux solides, degrés de liberté (mobilité).</p> <p>2.A.2) Liaisons entre solides : Définition ; Liaisons normalisées entre solides : caractéristiques géométriques et degrés de liberté et symboles normalisés.</p> <p>2.A.3) Modélisation cinématique des systèmes mécaniques : Modélisation des liaisons ; Graphe de liaisons ; Schéma cinématique : spatial et Plan ; Association de liaisons en série et en parallèle (Définitions et exemples).</p> <p>2.B) Cinématique du solide indéformable</p> <p>2.B.1) Rappels et compléments de calcul vectoriel et torsoriel.</p> <p>2.B.2) Définition d'un solide indéformable : Référentiel : espace, temps. Repère attaché à un référentiel. Équivalence entre référentiel et solide indéformable.</p>	<p>Se limiter à l'introduction des notions d'écarts S-C, S-L et L-C.</p> <p>D'autres compétences telles que la quantification des écarts et leurs interprétations (vérification, recherche et proposition des causes aux écarts constatés) seront développés tout au long des deux années préparatoires.</p> <p>Les résultats expérimentaux et simulés sont fournis en l'absence d'activités pratiques</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • proposer une modélisation des liaisons avec une définition précise de leurs caractéristiques géométriques ; • décoder un schéma cinématique spatial ou plan ; • réaliser le graphe de structure ; • réaliser un schéma cinématique simple (se limiter à 4 solides maximum) ; • compléter une partie de schéma cinématique. <p>Les conditions et les limites de la modélisation plane seront précisées et justifiées.</p> <p>Mettre l'accent sur les opérations vectorielles rencontrées en cinématique.</p> <p>Seuls les éléments essentiels de la théorie des torseurs (opérations, invariants, axe central, couple et glisseur) sont présentés.</p> <p>Se concerter avec le professeur de physique pour éviter de reprendre les mêmes notions.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • paramétrer les mouvements d'un solide indéformable ; • associer un repère à un solide ; • identifier les degrés de liberté d'un solide par rapport à un autre solide ; • justifier le paramétrage du modèle retenu.
--	---

<p>2.B.3) Paramétrage de la position d'un solide par rapport à un autre solide.</p> <p>2.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. Notion de trajectoire d'un point par rapport à un référentiel.</p> <p>2.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'expressions privilégiées.</p> <p>Composition des mouvements : composition des vitesses de rotation et des vitesses linéaires.</p> <p>2.B.6) Mouvements particuliers translation, rotation et mouvement plan sur plan : centre instantané de rotation.</p> <p>2.B.7) Cinématique du contact ponctuel entre deux solides : - roulement, pivotement, - vitesse de glissement ; - condition cinématique de maintien du contact.</p> <p>2. B.8) loi entrée-sortie géométrique et cinématique.</p> <p>2.B.9) Exemples d'application : étude cinématique des mécanismes classiques de transmission et de transformation de mouvement (bielle-manivelle, engrenages)</p>	<p>Le paramétrage avec les angles d'Euler ou les angles de roulis, de tangage et de lacet est présenté, mais la maîtrise de ces angles n'est pas exigible.</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>A 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 le vecteur accélération d'un point d'un solide par rapport à un autre solide ; • exploiter le roulement sans glissement. <p>La composition des vecteurs accélération n'est pas exigible.</p> <p>Une modélisation plane d'un système étant adoptée et justifiée, l'enseignant exposera les démarches de résolution graphique des problèmes plans. Ces démarches de résolution doivent être menées dans l'objectif de préciser leurs intérêts et leurs limites La méthode de résolution graphique d'un problème plan imposée, l'élève doit être capable de déterminer les vecteurs vitesses demandés.</p> <p>Etant donné une chaîne cinématique, les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • déterminer sa loi entrée - sortie géométrique ; • déterminer les relations de fermeture cinématique et déduire la mobilité cinématique ; • déterminer la loi entrée – sortie cinématique. <p>L'étude des mécanismes de transmission et de transformation de mouvement devra se limiter à leur loi entrée-sortie cinématique.</p> <p>Toute autre étude est hors programme.</p>
---	---

<p>2.C) Statique des solides</p> <p>2.C.1) Modélisation locale des actions mécaniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - actions à distance et de contact ; - lois de Coulomb relatives au glissement ; - résistance au roulement et au pivotement. <p>2.C.2) Modélisation globale des actions mécaniques : torseur associé.</p> <p>2.C.3) Action mécanique transmissible par une liaison sans frottement. Cas des liaisons normalisées et de la modélisation plane.</p> <p>2.C.4) Principe fondamental de la Statique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - théorèmes généraux ; - équilibre d'un solide, d'un ensemble de solides ; - théorème des actions réciproques. <p>2.C.5) Applications : modèles avec ou sans frottement : arc-boutement</p> <p>2.C.6) Association de liaisons en série et en parallèle :</p> <ul style="list-style-type: none"> - liaisons équivalentes (Par une étude cinématique et statique) - mobilité cinématique. 	<p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • associer un modèle à une action mécanique ; • déterminer la relation entre le modèle local et le modèle global ; • associer à chaque liaison son torseur d'actions mécaniques transmissibles ; • déterminer les inconnues de liaison ; • déterminer la valeur des paramètres conduisant à des positions d'équilibre (par exemple l'arc-boutement) ; • exploiter et interpréter (dans la limite du possible) les résultats d'un logiciel de calcul (analyse de la modélisation proposée et des résultats obtenus). <p>Une modélisation plane d'un système étant adoptée et justifiée, l'enseignant exposera les démarches de résolution graphique des problèmes plans. Ces démarches de résolution, doivent être menées dans l'objectif de préciser leurs intérêts et leurs . La méthode de résolution graphique d'un problème plan étant imposée, l'élève doit être capable de déterminer les glisseurs (forces) demandés dans le cas d'un système de solides soumis à deux ou trois glisseurs coplanaires non parallèles. (ou tout autre système de forces qu'on peut ramener au moyen d'hypothèses simplificatrices à deux ou trois forces coplanaires non parallèles).</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • identifier la liaison équivalente aux liaisons en parallèles ou en série par une étude statique et cinématique ; • sans calcul, identifier la liaison équivalente aux liaisons en parallèle ou en série (se limiter aux cas simples) ; • déterminer les mobilités cinématiques . <p>L'étude des chaînes fermées, des chaînes complexes et de l'hyperstatisme ainsi que la détermination de la mobilité cinématique par l'approche globale intuitive de ces chaînes sont hors programme.</p>
--	--

3- Automatique :

3.A) Systèmes combinatoires

- 3.A.1) Codage de l'information :
binaire naturel, binaire réfléchi,
code p parmi n, représentation
hexadécimale.
- 3.A.2) Algèbre de Boole :
- propriétés fondamentales :
idempotence, élément neutre,
élément absorbant et
complémentation
- théorème de De Morgan ;
- 3.A.3) Opérateurs logiques
fondamentaux
(ET, OU, NON);
- 3.A.4) Spécification d'une fonction
booléenne ; table de vérité,
tableau de Karnaugh et
chronogramme ;
- 3.A.5) Technique de simplification par
méthode de Karnaugh ;
- 3.A.6) Représentation des fonctions
logiques :

logigrammes et schémas à

contacts.

3.B) Systèmes à événements discrets

- définitions ;
- notion de mémoire ;
- chronogramme ;
- diagramme de séquences ;
- diagramme d'états.

3.C) Structures algorithmiques :

- variables
- boucles, conditions,
- transitions conditionnelles.

Les compétences acquises devront permettre de :

- coder une information ;
- exprimer le fonctionnement par un ensemble
d'équations logiques ;
- simplifier ces équations (se limiter à la
méthode de Karnaugh) ;
- représenter ces équations (logigramme,
schéma à contacts) ;
- représenter tout ou partie de l'évolution
temporelle ;
- décrire et compléter un algorithme représenté
sous forme graphique (algorithme).

Pour la simplification par le tableau de Karnaugh, on se limite à des fonctions d'au plus 5 variables.

L'illustration de la notion de mémoire se fera à partir de *la présentation du fonctionnement* des bascules RS, JK et D.

Le mode de fonctionnement de chacun des constituants d'un système à événements discrets, étant fourni (table de vérité, chronogramme ...), l'élève doit être capable d'analyser le comportement du système global.