

## **ANNEXE I**

### **PROGRAMME DE SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGENIEUR DANS LA FILIÈRE MPSI**

# 1. OBJECTIFS DE FORMATION

## 1.1. Finalités

L'enseignement des sciences industrielles pour l'ingénieur permet d'aborder avec méthode et rigueur l'analyse de réalisations industrielles. Il renforce l'interdisciplinarité et développe des aptitudes à modéliser des systèmes manufacturés, à déterminer leurs grandeurs caractéristiques, à communiquer et à interpréter les résultats obtenus en vue de déterminer et vérifier les performances du système réel. Les systèmes choisis relèvent des grands secteurs technologiques : transport, production, bâtiment, santé, environnement... Les concepts et outils présentés sont transposables à l'ensemble des secteurs industriels.

L'approche système permet d'appréhender la complexité des situations concrètes. Leur étude passe par des phases de modélisation successives qui s'appuient à la fois sur les principes physiques du système, sur sa réalité industrielle et sur ses finalités exprimées en terme de fonctions.

Les finalités de cet enseignement sont de développer les capacités et les connaissances pour analyser et modéliser des cas concrets, vérifier des performances et communiquer des résultats en s'appuyant sur la maîtrise d'outils fondamentaux de la mécanique, de la dynamique des systèmes linéaires et de la commande temps réel, ainsi que sur les connaissances de base des technologies associées.

## 1.2. Objectifs généraux

L'enseignement et l'évaluation des connaissances en sciences de l'ingénieur reposent sur l'analyse et la critique des systèmes techniques industrialisés 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.

À partir de supports industriels placés dans leur environnement technologique, les étudiants devront 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 modéliser, définir et choisir un modèle en formulant les hypothèses nécessaires ;
- de vérifier les performances globales et le comportement de certains constituants en s'appuyant sur la modélisation et en comparant, par l'association de blocs fonctionnels, des solutions par rapport à un besoin exprimé ;
- de revenir sur la modélisation retenue si nécessaire.

La communication, les représentations et les simulations reposent sur l'utilisation des langages techniques et de l'outil informatique.

## 2. PROGRAMME

## **2.1. Présentation**

L'enseignement des sciences industrielles pour l'ingénieur est organisé autour de l'étude des systèmes techniques industrialisés. Il est abordé dans ses dimensions cognitives, systémiques et méthodologiques.

Cette approche, fondée sur l'étude de solutions industrielles doit privilégier l'acquisition des connaissances de base présentées dans les différentes parties du programme. Ces connaissances sont dispensées et structurées non seulement pendant les cours théoriques mais également à travers des activités dirigées et expérimentales. Celles-ci pourront se dérouler plus favorablement dans un laboratoire de sciences de l'ingénieur ou dans une salle dédiée et seront conduites à partir :

- de dossiers techniques incluant des documents multimédia ;
- de supports physiques dédiés (systèmes didactisés ou non) ;
- d'outils de simulation.

Pour assurer la cohérence du programme, la totalité de l'enseignement est assurée par un même professeur agrégé de mécanique ou de génie mécanique.

Les différentes parties du programme sont présentées en donnant pour chacune :

- les contenus accompagnés de commentaires ;
- les compétences attendues. Celles-ci doivent être acquises en respectant les échéances de fin de première période et de fin de première année.

Notamment, les compétences acquises à la fin de la première période de première année doivent permettre :

- de situer un système dans son domaine d'activité ;
- d'identifier les matières d'œuvres entrantes et sortantes ;
- de préciser les caractéristiques de la valeur ajoutée ;
- de caractériser la fonction globale du système ;
- d'identifier et de caractériser les éléments de structure fonctionnelle (partie opérative et partie commande, sous-ensembles fonctionnels, chaînes fonctionnelles et axes) ;
- d'identifier certaines caractéristiques liées à la structure physique du système et à la modélisation retenue : modèle du premier ordre (gain statique, constante de temps), modèle du second ordre (gain statique, coefficient d'amortissement, pulsation propre non amortie) ;
- pour un mécanisme, de caractériser les champs des vecteurs-vitesse et les champs des vecteurs-accélération.

## **2.2. Lignes directrices du programme**

### **2.2.1. Étude fonctionnelle et structurelle des systèmes**

Cette étude permet d'analyser l'organisation fonctionnelle et structurelle de produits industriels conduisant à la compréhension de leur fonctionnement et à une justification de leur architecture.

Elle permet d'acquérir une culture des solutions industrielles qui facilite la compréhension et l'appropriation de tout système nouveau.

Elle s'appuie sur des méthodes d'analyse et des outils reconnus et performants qui permettent d'associer respectivement des ensembles de constituants, ou des constituants uniques, aux fonctions principales et secondaires d'un système industriel.

Elle permet le développement de l'esprit critique vis à vis des solutions employées dans la conception des systèmes.

Les activités de conception ne sont pas au programme de MPSI.

Les outils de la communication technique et de l'expression technologique dans leur diversité et leur complémentarité permettent de lire et de s'exprimer dans le domaine des sciences de l'ingénieur.

La communication technique est abordée sous le double aspect :

- de l'utilisation élémentaire des langages spécifiques que sont les schémas, les graphes et la représentation volumique graphique et assistée par ordinateur,
- de la maîtrise du vocabulaire technique qui permet la description écrite et orale du fonctionnement ou du comportement des systèmes étudiés.

### **2.2.2. Étude des performances des systèmes**

Cette étude permet de valider certains critères de performance industrielle dans l'environnement socio-économique, culturel et historique.

Elle s'appuie sur la maîtrise d'outils fondamentaux de la mécanique, de la modélisation, de la dynamique des systèmes linéaires et de la commande en temps réel des systèmes, ainsi que sur les connaissances de base des technologies associées et sur une démarche expérimentale.

Les connaissances acquises dans l'ensemble des disciplines sont utilisées pour analyser le fonctionnement et vérifier les performances des systèmes étudiés.

Des conclusions argumentées doivent être tirées des résultats d'expérimentations, de calculs ou de simulations au regard des hypothèses formulées et des méthodes utilisées. Il est nécessaire d'insister sur les vertus et les limites de la modélisation utilisée dans la démarche.

L'enseignement de la mécanique et plus généralement des sciences de l'ingénieur conduit à appliquer les lois générales et les concepts à des objets ou des systèmes manufacturés. Ces lois et ces concepts sont étudiés ou mis en évidence lors des activités de travaux dirigés. L'enseignement de l'automatique se limite aux connaissances de base nécessaires pour l'étude des systèmes linéaires, continus et invariants et des systèmes logiques.

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.

## **PROGRAMME**

### **Remarques préliminaires :**

*Ce programme a été construit en prenant en compte la structure particulière de la filière MPSI (choix d'option en fin de première période) et les nouveaux programmes de mathématiques et de sciences*

physiques. Dans cet esprit, l'ordre du programme est imposé en première période. En deuxième période, la liberté pédagogique de chaque enseignant prévaut.

Les connaissances associées à l'étude fonctionnelle et structurelle et à l'étude des performances des systèmes sont précisées dans la colonne de gauche, les compétences attendues sont décrites parmi les commentaires, dans la colonne de droite.

PROGRAMME	COMMENTAIRES
<p><b>Première période (tronc commun)</b></p> <p><b>I - ÉTUDE DES SYSTÈMES</b></p> <p>1) Présentation générale des systèmes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- matière d'œuvre ;</li> <li>- valeur ajoutée ;</li> <li>- fonction ;</li> <li>- performance.</li> </ul> <p>2) Classification selon :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le domaine d'application ;</li> <li>- la nature de la matière d'œuvre ;</li> <li>- la nature des flux ;</li> <li>- les critères technico-économiques.</li> </ul> <p>3) Chaînes fonctionnelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- partie commande, partie opérative ;</li> <li>- relations entre partie commande et partie opérative ;</li> <li>- relations entre partie commande et opérateur ;</li> <li>- distinction des chaînes d'information et d'énergie ;</li> <li>- identification et description des constituants.</li> </ul>	<p>Les activités sont organisées à partir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de dossiers techniques incluant des documents multimédia ;</li> <li>- de supports physiques dédiés (systèmes didactisés ou non) ;</li> <li>- d'outils de simulation numérique.</li> </ul> <p>Ces activités d'étude des systèmes pourront se dérouler plus favorablement dans un laboratoire de sciences de l'ingénieur ou dans une salle dédiée et peuvent être introduites dès le début de l'année scolaire. Elles serviront 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, préactionneurs, actionneurs, transmetteurs,...) sont décrits en vue de leur identification.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de situer le système industriel dans son domaine d'activité ;</li> <li>- d'identifier les matières d'œuvre entrantes et sortantes du système ;</li> <li>- de préciser les caractéristiques de la valeur ajoutée par le système ;</li> <li>- de déterminer ou calculer certaines performances et les comparer aux caractéristiques du dossier technique ;</li> <li>- d'identifier et caractériser les éléments de structure (sous-ensembles fonctionnels, chaînes fonctionnelles, partie opérative et partie commande).</li> </ul>

## II - COMMUNICATION TECHNIQUE

1) Lecture de documents techniques.

Les documents techniques proposés (perspectives, vues éclatées, photos, documents multimédia ...) sont directement interprétables par un bachelier scientifique.

La maîtrise progressive des outils et du vocabulaire de communication technique se fera à partir :

- de dossiers techniques incluant les documents multimédias;
- de supports physiques dédiés (systèmes didactisés ou non) ;
- d'outils de simulation numérique.

2) Les modèles de description fonctionnels et structurels ; Cahier des Charges Fonctionnel.

Le Cahier des Charges Fonctionnel est l'outil privilégié pour associer les performances attendues aux fonctions à satisfaire par un système.

L'outil de représentation FAST est privilégié pour l'analyse fonctionnelle et structurelle des systèmes.

L'outil de représentation SADT est privilégié pour la décomposition structurelle en sous-ensembles fonctionnels.

Tout autre outil de description est hors programme.

En première période, ces outils ne sont proposés qu'à la lecture.

Les compétences acquises doivent permettre d'analyser tout ou partie d'un système par un modèle de description adapté au point de vue préalablement spécifié.

## III – AUTOMATIQUE

### A) Présentation

- Buts et motivations.
- Bref historique.
- Exemples.
- Information : logique ; événement et variable à niveau ; analogique et numérique.
- Définition et structure d'un système asservi : chaîne directe, chaîne de retour, comparateur, écart.
- Consigne. Perturbation.
- Régulation. Poursuite.
- Définition des performances : rapidité, précision, stabilité.

Cette partie doit permettre la présentation de la discipline, de ses domaines d'application, de son but, de son évolution.

La diversité des systèmes automatiques rencontrés permet d'illustrer efficacement cette présentation, en particulier en introduisant une classification de la nature des informations traitées. Tous les systèmes abordés en première année sont stables.

La modélisation des systèmes étudiés devra être justifiée progressivement à partir de résultats expérimentaux.

## **B) Modélisation et comportement des systèmes linéaires continus et invariants**

1) Systèmes linéaires, continus et invariants :  
- modélisation par équations différentielles ;  
- calcul symbolique,  
- représentation par fonction de transfert, forme canonique, gain, ordre, pôles et zéros ;  
- cas des systèmes du premier et du deuxième ordre, de l'intégrateur et du dérivateur.

2) Représentation par schémas-blocs :  
- transformation et réduction de schémas blocs ;  
- fonction de transfert en boucle ouverte et fonction de transfert en boucle fermée.

3) Signaux canoniques d'entrée :  
- réponse temporelle pour les systèmes du premier et du second ordre ; étude des cas particuliers des réponses pour une entrée en échelon pour les systèmes du premier et du deuxième ordre ;  
- temps de réponse pour une entrée en échelon ;  
- réponse fréquentielle pour les systèmes du premier et du second ordre, diagrammes de Bode.

On rappelle que ces équations différentielles sont issues des lois de conservation (masse, énergie,...) de la physique.

L'utilisation de la transformée de Laplace ne nécessite aucun pré-requis. Sa présentation se limite à son énoncé et aux propriétés du calcul symbolique strictement nécessaires à ce cours.

Les théorèmes de la valeur finale et de la valeur initiale sont donnés sans démonstration.

Une attention particulière sera apportée à la notion de modélisation linéaire autour d'un point de fonctionnement.

Le caractère physique et ou informationnel des grandeurs définissant les liens entre blocs doit toujours être précisé avec soin.

Concernant les transformations et réductions de schémas-blocs, on insistera sur le fait qu'elles éloignent le modèle de la réalité physique du système.

Les signaux canoniques d'entrée se limitent à l'impulsion, l'échelon, la rampe et le signal sinusoïdal.

Du point de vue de la représentation du comportement fréquentiel, seul le diagramme de Bode est développé. Les diagrammes de Black et de Nyquist ne sont donnés qu'à titre indicatif.

Les compétences acquises doivent permettre, à partir d'un système modélisé comme un premier ou un second ordre, de prévoir les réponses temporelles et fréquentielles.

À partir d'un système asservi modélisé comme linéaire, continu et invariant ou matérialisé par une réalisation industrielle, les compétences acquises doivent permettre :

- d'analyser ou établir le schéma fonctionnel du système ;
- d'analyser ou établir le schéma-bloc du système,
- de déterminer la fonction de transfert globale du système ;
- de prévoir ses performances en rapidité.

Les exercices d'application du cours, ainsi que les calculs simples sont conduits analytiquement. Les développements et les calculs plus complexes peuvent faire l'objet d'un traitement informatique. Les résultats sont alors analysés.

La stabilité et la précision des systèmes asservis sont au programme de deuxième année.

### C) Identification à un modèle

Généralités : modèles de connaissances et modèles de représentations.  
Modélisation et identification pour les systèmes du premier et deuxième ordre.

## IV - MÉCANIQUE

### Cinématique du solide indéformable.

1) Définition d'un solide indéformable.  
Référentiel : espace, temps. Repère attaché à un référentiel. Équivalence entre référentiel et solide indéformable.

2) Paramétrage ; angles d'Euler ; trajectoire d'un point par rapport à un référentiel.

3) 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.

4) Champs des vecteurs-vitesse et des vecteurs-accélération pour un solide ; torseur distributeur des vitesses ; équiprojectivité du champ des vecteurs-vitesse.  
Axe instantané de viration.  
Composition des mouvements ; mouvements particuliers : translation et rotation.

5) Applications au mouvement plan sur plan : centre instantané de rotation, théorème des trois plans glissants.

Ce chapitre ne nécessite pas de cours magistral mais des activités de travaux dirigés, en liaison avec la partie B, menées à partir de résultats expérimentaux.

On insiste particulièrement sur les notions de système et de modèle, sur la réalité et la représentation mathématique qui en est faite.

Dans tout ce chapitre, toutes les notions développées en physique lors du cours de cinématique non relativiste du point ne sont que rappelées pour être immédiatement placées dans le contexte de la cinématique du solide indéformable.

Cette partie du programme s'appuie également sur les acquis de géométrie vectorielle dans  $\mathbb{R}^3$  traité en mathématiques.

On accepte dans ce cours le terme de solide pour solide indéformable.

Pour la dérivée d'un vecteur, on insiste sur la différence entre référentiel d'observation et éventuelle base d'expression du résultat.

À cette occasion, on introduit la théorie des torseurs. On n'en donne que les éléments essentiels : opérations, invariants, axe central, torseur couple et glisseur.

À partir d'un système mécanique pour lequel un paramétrage est donné, les compétences acquises doivent permettre de :

- 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.

Les exercices d'application du cours, ainsi que les calculs simples sont conduits analytiquement ou graphiquement (dans le cas d'un problème plan). Les développements et les calculs plus complexes peuvent faire l'objet d'un traitement informatique. Les résultats sont alors analysés.

Lors des travaux dirigés, une introduction aux liaisons entre solides (programme de seconde période) peut être envisagée sur des exemples simples.

## Deuxième période

### I - MÉCANIQUE

#### A) Modélisation cinématique des liaisons

1) Contact entre solides :  
- Géométrie générale des contacts entre deux solides.  
- Degrés de mobilité.  
Cinématique du contact ponctuel entre deux solides :  
- roulement, pivotement, glissement.  
- condition cinématique de maintien du contact.

2) Liaisons entre solides : définition.  
Liaisons normalisées entre solides : caractéristiques géométriques et repères d'expression privilégiés.

3) Mécanismes.  
Structure d'un mécanisme : graphe des liaisons.  
Associations de liaisons en série et en parallèle ; liaisons cinématiquement équivalentes.  
Relations entre les vitesses issues de la fermeture de la chaîne cinématique.

4) Cas particulier de la modélisation plane.

L'analyse des surfaces de contact entre deux solides et de leur paramétrage associé permet de mettre en évidence les degrés de mobilités entre ces solides.

Les formes particulières que peut prendre le torseur distributeur des vitesses permettent d'en faire une classification. On en dégage une sous-classe de torseurs particuliers, permettant de définir des liaisons normalisées.

Le graphe des liaisons a pour fonction de répertorier les sous-ensembles cinématiques d'une chaîne de solides et les liaisons entre ces sous-ensembles. Il met en évidence les structures de base que sont les associations de liaisons en parallèle et les associations de liaisons en série.

Les compétences acquises doivent permettre :

- 1) à partir d'un système mécanique réel, ou codifié sous forme de documents compréhensibles sans pré requis, de :
  - préciser les champs de vitesse relatifs possibles entre les solides, c'est-à-dire proposer une modélisation des liaisons avec une définition précise de leurs caractéristiques géométriques ;
  - réaliser le graphe de structure ;
  - réaliser un schéma cinématique ;
  - lui associer le paramétrage retenu.
- 2) à partir d'un graphe de structure et d'un schéma cinématique fourni d'une partie opérative, d'écrire, dans le cas d'une chaîne simple fermée, la loi entrée sortie et les relations de fermeture de la chaîne cinématique.

Les exercices d'application du cours, ainsi que les calculs simples sont conduits analytiquement. Les développements et les calculs plus complexes peuvent faire l'objet d'un traitement informatique. Les résultats sont alors analysés.

La mobilité des chaînes complexes est étudiée en deuxième année. Une sensibilisation est faite en première année avec l'analyse des chaînes simples fermées pour permettre la compréhension des résultats calculatoires donnés par les logiciels de simulations mécaniques.

## B) Statique des solides

1) Modélisation locale des actions mécaniques : actions à distance et de contact.

Lois de Coulomb relatives au glissement, au roulement et au pivotement.

Modélisation globale des actions mécaniques : torseur associé.

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

3) Principe fondamental de la statique.

Théorèmes généraux.

Équilibre d'un solide, d'un ensemble de solides.

Théorème des actions réciproques.

4) Applications :

- Mécanismes parfaits.

- Modèles avec frottement : arc-boutement.

Dans le cas des liaisons sans frottement, il est possible de mettre en évidence, au niveau global, les particularités sur les torseurs associés.

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

Les exercices d'application du cours, ainsi que les calculs simples sont conduits analytiquement. Les développements et les calculs plus complexes peuvent faire l'objet d'un traitement informatique. Les résultats sont alors analysés.

Dans le cas d'une modélisation plane, et dans des situations simples (trois forces maximum), une méthode graphique peut être utilisée. 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) ;
- exploiter et interpréter les résultats d'un logiciel de calcul (analyse de la modélisation proposée et des résultats obtenus).

## II – SYSTÈMES DE COMMANDE LOGIQUES ET TEMPS RÉEL

### A) Systèmes combinatoires

Codage de l'information : binaire naturel, binaire réfléchi, code  $p$  parmi  $n$ .

Algèbre de Boole. Théorème de De Morgan.

Opérateurs logiques fondamentaux.

Fonctions logiques de deux variables logiques.

Spécification d'une fonction booléenne ; table de vérité, tableau de Karnaugh.

Techniques de simplification élémentaires : méthode algébrique et méthode de Karnaugh.

On se limite à des fonctions d'au plus quatre variables.

L'algèbre de Boole ne nécessite aucun pré-requis. Sa présentation se limite aux propriétés strictement nécessaires à ce cours.

Les compétences acquises doivent permettre :  
1) à partir d'un système combinatoire dont le fonctionnement est observable, ou décrit par une

<p>Logigrammes. Exemples de réalisations câblées : pneumatiques, hydrauliques, électroniques, électromécaniques.</p>	<p>représentation fonctionnelle, la liste des entrées-sorties étant définie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'exprimer le fonctionnement par un ensemble d'équations logiques ;</li> <li>- d'optimiser la représentation logique en vue de sa réalisation par simplification (méthode de Karnaugh), par utilisation d'opérateurs (tels NON-ET, et OU exclusif, identité), par application des théorèmes de De Morgan.</li> </ul> <p>2) à partir du cahier des charges d'une partie combinatoire d'un système, une technique (câblée) et une technologie (relais électrique, composants électroniques) de réalisation étant choisies :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'analyser et décrire le comportement attendu ;</li> <li>- d'exprimer ce comportement au moyen d'une représentation adaptée aux choix technique et technologique imposés (équations logiques, algorithme, schéma à contact, logigramme), en justifiant les adaptations éventuelles.</li> </ul>
<p><b>B) Systèmes Séquentiels</b></p> <p>Définition d'un système séquentiel. État interne. Définition de la fonction mémoire. Chronogrammes. GRAFCET :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- éléments de base : étape, liaison, transition,</li> <li>- règles d'évolution ;</li> <li>- mode continu ;</li> <li>- structures de base : séquence unique, sélection de séquence, parallélisme structural ;</li> <li>- automate d'état fini correspondant ;</li> <li>- représentation des évènements d'entrée : fronts.</li> </ul>	<p>On montre qu'un chronogramme permet de déterminer la nature combinatoire ou séquentielle d'un système logique.</p> <p>On insiste particulièrement sur l'obtention d'un effet mémoire par auto-maintien.</p> <p>On insiste sur les hypothèses (événements d'entrée et événements internes) relatives au modèle GRAFCET.</p> <p>Le mode mémorisé est abordé en deuxième année.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre :</p> <p>1) à partir d'un besoin de mémorisation d'information, d'un outil de représentation et d'une technologie de réalisation (relais auto maintenu ou bi stable, mémoire électronique discrète...) imposés, de décrire le fonctionnement attendu. 2) à partir d'un grafcet fourni selon un point de vue et de la définition des entrées-sorties correspondantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'analyser et interpréter ce grafcet vis-à-vis du modèle GRAFCET (5 règles) ;</li> <li>- de représenter tout ou partie d'une évolution temporelle consécutive à un événement d'entrée.</li> </ul>

## OPTION SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Ce programme complémentaire est centré sur des activités de travaux pratiques. Celles-ci permettent d'appréhender la complexité de la réalité industrielle et d'acquérir des compétences transversales qui s'appuient sur l'ensemble du programme. Elles sont organisées autour de produits industriels instrumentés ou de matériels didactisés constitués de composants industriels.

Les activités de travaux pratiques permettent :

- de valider des concepts de base abordés dans les cours magistraux, d'apporter des connaissances nouvelles et d'exploiter l'ensemble des connaissances scientifiques acquises par les étudiants ;
- d'acquérir la connaissance de solutions industrielles répondant à un besoin défini, de leur associer une modélisation ;
- de vérifier des performances et de les comparer aux résultats attendus ;
- de manipuler en effectuant des mesures en comportement réel et des réglages ;
- de formuler de nouvelles hypothèses pour affiner la modélisation et apprécier ses limites de validité ;
- de développer le sens de l'observation, le goût du concret, les prises d'initiative et de responsabilité ;
- de communiquer au moyen des langages spécifiques.

L'utilisation de l'outil informatique exploitant des logiciels de modélisation, de calcul ou de simulation :

- permet une étude plus précise du comportement des systèmes étudiés ;
- doit faciliter l'élaboration et la mise au point des programmes de commande, ainsi que la compréhension du comportement des parties commande des systèmes.

PROGRAMME	COMMENTAIRES
<p data-bbox="185 226 786 309"><b>I – ÉTUDE DES SYSTÈMES LES CONSTITUANTS DES CHAÎNES FONCTIONNELLES</b></p> <p data-bbox="185 651 786 860">1) La chaîne d'action : - Les transmetteurs de puissance et les effecteurs : fonction, mobilité fonctionnelle d'une partie opérative ; - Les actionneurs et pré actionneurs associés : fonction, typologie des énergies d'entrée et de sortie.</p>	<p data-bbox="802 226 1410 434">Cette partie du programme ne doit pas être abordée sous forme de cours magistral. Il s'agit d'apporter une culture des solutions mises en œuvre dans les différents domaines de compétence indiqués et de mesurer les performances de ces constituants lors des séances de travaux pratiques.</p> <p data-bbox="802 472 1410 618">La technologie interne de ces constituants n'est pas au programme. Les illustrations trouvent principalement leur source parmi les systèmes utilisés lors des travaux pratiques.</p> <p data-bbox="802 651 1410 1016">L'étude mécanique globale des transmetteurs se limite en première année à la cinématique et aux actions mécaniques (effets statiques seulement). Les calculs de pré dimensionnement des transmetteurs de puissance et des effecteurs ne sont pas au programme. Les constituants des chaînes cinématiques sont abordés sous l'aspect fonctionnel en liaison avec le cours de mécanique. Les transmetteurs sont limités aux réducteurs et multiplicateurs, au mécanisme vis-écrou et aux mécanismes plans à barres articulées.</p> <p data-bbox="802 1050 1410 1386">À partir : - d'un système réel en état de fonctionnement, ou d'un système réel didactisé accompagné d'un dossier technique, - d'un dossier technique relatif à un système réel ; les compétences acquises doivent permettre : - d'identifier le ou les transmetteurs, - de définir les grandeurs d'entrée et de sortie. Les calculs de pré dimensionnement des actionneurs et pré actionneurs ne sont pas au programme.</p> <p data-bbox="802 1420 1410 1532">Les actionneurs et pré actionneurs sont abordés en travaux pratiques sous l'aspect fonctionnel en liaison avec le cours d'automatique, de mécanique et de physique.</p> <p data-bbox="802 1565 1410 1868">À partir : - d'un système réel en état de fonctionnement, ou d'un système réel didactisé accompagné d'un dossier technique, - d'un dossier technique relatif à un système réel, les compétences acquises doivent permettre : - d'identifier le ou les actionneurs ainsi que les pré actionneurs associés, - de définir la nature des énergies d'entrée et de sortie.</p>

<p>2) La chaîne d'information :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les capteurs : fonction ; typologie des informations d'entrée et de sortie ;</li> <li>- Les commandes programmables : fonction.</li> </ul>	<p>Les capteurs sont abordés en travaux pratiques sous l'aspect fonctionnel en liaison avec le cours d'automatique, de mécanique et de physique.</p> <p>À partir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'un système réel en état de fonctionnement, ou d'un système réel didactisé accompagné d'un dossier technique,</li> <li>- d'un dossier technique relatif à un système réel, les compétences acquises doivent permettre :</li> <li>- d'identifier le ou les capteurs,</li> <li>- de définir la nature des informations d'entrée et de sortie.</li> </ul> <p>Les commandes programmables sont abordées en travaux pratiques sous l'aspect fonctionnel en liaison avec le cours d'automatique, d'informatique et de physique.</p> <p>Elles sont limitées aux automates programmables industriels et aux micro-ordinateurs équipés de cartes entrées-sorties et aux systèmes microcontrôlés.</p> <p>Aucune exigence quant à l'utilisation de programmation n'est au programme (utilisation de logiciel en travaux pratiques d'automatique).</p> <p>À partir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'un système réel en état de fonctionnement, ou d'un système réel didactisé accompagné d'un dossier technique,</li> <li>- d'un dossier technique relatif à un système réel, les compétences acquises doivent permettre d'identifier une commande programmable par le nombre et la nature de ses entrées et de ses sorties.</li> </ul>
<p>3) La chaîne d'énergie :</p> <p>Les interfaces de commande et de puissance : fonction, typologie des énergies d'entrée et de sortie.</p>	<p>Les interfaces de commande et de puissance sont abordées en travaux pratiques sous l'aspect fonctionnel, en liaison avec le cours d'automatique et de physique.</p> <p>Elles sont limitées aux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- cartes E/S industrielles (TOR et analogique),</li> <li>- contacteur et relais,</li> <li>- variateur électronique de vitesse,</li> <li>- distributeur pneumatique et hydraulique,</li> <li>- régulateur de débit et de pression.</li> </ul> <p>À partir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'un système réel en état de fonctionnement, ou d'un système réel didactisé accompagné d'un dossier technique,</li> <li>- d'un dossier technique relatif à un système réel, les compétences acquises doivent permettre d'identifier la ou les interfaces.</li> </ul>

## II - COMMUNICATION TECHNIQUE

1) Le dessin technique graphique et assisté par ordinateur.

Les langages géométriques sont étudiés à partir d'exemples en travaux pratiques. Ils sont développés en fonction des conventions et des normalisations en vigueur. Les activités sont conduites dans la mesure du possible à l'aide de l'outil informatique et dans le laboratoire de sciences de l'ingénieur.

Les représentations demandées sont limitées à l'allure générale des volumes principaux de pièces simples.

La lecture de plans sera limitée à des cas simples ne présentant pas de difficultés de décodage, elle sera toujours accompagnée de représentations volumiques pertinentes issues de modeleurs 3D.

Les fonctionnalités de base des modeleurs 3D sont introduites lors d'activités de travaux pratiques. Il faut insister sur la stratégie de construction des assemblages.

2) Les modèles de description fonctionnels et structurels.

Les outils de représentation FAST et SADT restent des outils privilégiés de description fonctionnelle et structurelle.

Les compétences acquises doivent permettre de compléter une description fonctionnelle ou structurelle limitée à deux niveaux consécutifs.

3) Représentation schématique de la structure des chaînes fonctionnelles (mécaniques, électriques, hydrauliques et pneumatiques) :

- graphe de structure ;
- schéma cinématique minimal, schéma d'architecture ;
- schémas électriques, hydrauliques et pneumatiques.

Le schéma cinématique minimal est le schéma qui permet la description des liaisons entre les sous-ensembles cinématiquement équivalents.

Un schéma d'architecture permet de calculer les actions mécaniques dans les liaisons élémentaires associées en série ou en parallèle.

Les schématisations électriques, hydrauliques et pneumatiques 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. La connaissance des symboles normalisés par les différentes normes ne peut être exigée. Les étudiants doivent disposer en permanence d'une documentation sur les normes.