

# A

## nnexe II

### PROGRAMME DE SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR DANS LA FILIÈRE PCSI

## 1 - OBJECTIFS DE FORMATION

### 1.1 Finalités

L'enseignement de 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 faire évoluer le 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 industrielles. Les systèmes industriels sont le plus souvent constitués d'ensembles mécaniques dotés de comportements automatiques. C'est pourquoi l'enseignement des sciences de l'ingénieur s'appuie sur la mécanique et l'automatique.

Les finalités de cet enseignement sont de développer les capacités à mobiliser ces connaissances pour analyser des cas concrets, imaginer des solutions et communiquer des résultats en s'appuyant sur la maîtrise d'outils fondamentaux de la mécanique et de l'automatique, 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 industriels existants. Celles-ci permettent, d'une part, d'analyser les besoins, l'architecture, l'évolution, la modélisation de l'existant et, d'autre part, de concevoir des architectures définies par un cahier des charges.

À partir de supports industriels placés dans leur environnement technico-économique, 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 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.

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

Cette approche, fondée sur l'étude de solutions industrielles (abordées en travaux pratiques et en travaux dirigés), 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 (en travaux dirigés et en travaux pratiques).

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 (partie opérative et partie commande, sous-ensembles fonctionnels, chaînes fonctionnelles et axes) ;
- d'identifier certaines caractéristiques temporelles et fréquentielles d'un système : gain statique, constante de temps, coefficient d'amortissement, pulsation propre non amortie ;
- de caractériser le champ des vecteurs-vitesse et le champ des vecteurs-accelération des solides d'un mécanisme.

### 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.

La justification de l'évolution technologique est issue de la comparaison entre des systèmes répondant à un même besoin exprimé, produits par des constructeurs différents à une même date ou par une même société à des dates différentes. Elle permet l'initiation à la conception des systèmes.

Les activités de conception sont limitées à la définition et à la modification d'architectures générales par l'association de blocs fonctionnels. Elles permettent de fédérer les connaissances acquises dans l'ensemble des disciplines. Elles développent l'esprit d'initiative et la créativité des étudiants.

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 des langages spécifiques que sont le dessin technique graphique et assisté par ordinateur, les schémas, les graphes ;
- 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 et de l'automatique ainsi que sur les connaissances de base des technologies associées, et sur une démarche expérimentale d'observation et d'analyse des comportements du système.

Les connaissances acquises dans l'ensemble des disciplines sont utilisées en travaux dirigés, en travaux pratiques ou lors des travaux d'initiative personnelle encadrés pour analyser le fonctionnement et vérifier les performances des systèmes étudiés. Des conclusions argumentées doivent être tirées des résultats d'expérimentations ou

de calculs 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 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 pratiques.

L'utilisation de l'outil informatique, en particulier pendant les activités de travaux pratiques, exploitant des logiciels de modélisation, de calcul ou de simulation, permet une étude plus approfondie du comportement des mécanismes et la résolution plus rapide des problèmes. L'automatique nécessite une analyse et une modélisation des systèmes pour isoler les fonctions de commande, en particulier le traitement de l'information. Ses domaines d'application sont aussi nombreux que variés.

L'enseignement se limite aux connaissances de base nécessaires pour l'étude des systèmes logiques et des systèmes linéaires continus. Une approche scientifique s'appuyant sur des exemples industriels, et l'importance donnée aux travaux dirigés et pratiques sont les garants de l'appartenance de l'automatique au domaine des sciences de l'ingénieur.

L'informatique en tant qu'outil de travail de l'automaticien doit faciliter l'élaboration et la mise au point des programmes de commande, ainsi que la compréhension du comportement des parties

commandes des systèmes. Des logiciels de programmation automatique, de simulation, de documentation technique sont utilisés en travaux pratiques.

Les activités de travaux pratiques sont au cœur de la formation car elles permettent d'appréhender la complexité de la réalité industrielle et d'acquérir des compétences transversales qui s'appuient sur chacun des trois enseignements (mécanique, automatique, étude des systèmes). 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 enseignées dans les autres disciplines ;
- d'acquérir la connaissance de solutions industrielles répondant à un besoin défini, de leur associer une modélisation permettant l'utilisation de lois de la mécanique et de l'automatique ;
- de vérifier des performances ;
- de manipuler en effectuant des mesures en comportement réel et des réglages ;
- de formuler ou de reformuler des hypothèses pour modéliser le réel et d'apprécier leurs limites de validité ;
- de développer le sens de l'observation, le goût du concret, la prise d'initiative et de responsabilité.

## PROGRAMME

### Remarques préliminaires

Ce programme a été construit en prenant en compte la structure particulière de la filière PC SI (orientation 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 avec 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 de systèmes réels appareillés ou didactisés du laboratoire de sciences de l'ingénieur et de dossiers techniques. Ainsi, elles peuvent être introduites par des activités de travaux pratiques organisées dès le début de l'année scolaire.</p> <p>Fondement des sciences de l'ingénieur, l'approche ainsi définie sera le fil conducteur de l'ensemble de 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. À partir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'un système réel en état de fonctionnement,</li> <li>- 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>- 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 relever les 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>

PROGRAMME	COMMENTAIRES
<p><b>II - Communication technique</b></p> <p>1) Lecture de documents techniques.</p> <p>2) Les modèles de description fonctionnels et structurels ; cahier des Charges Fonctionnel.</p>	<p>Les documents techniques proposés (perspectives, vues éclatées, photos, documents multimédia ...) sont directement interprétables par un bachelier scientifique.</p> <p>Afin de faciliter la maîtrise progressive des outils de communication technique, il est conseillé, lors de cette première période, d'utiliser des dossiers techniques relatifs aux supports présents dans le laboratoire de sciences de l'ingénieur.</p> <p>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.</p>
<p><b>III - Automatique</b></p> <p><b>A - Présentation</b></p> <p>Buts et motivations. Bref historique. Exemples. Définition et structure d'un système asservi : chaîne directe, chaîne de retour, comparateur, écart. Consigne. Perturbation. Régulation. Poursuite. Définition des performances : rapidité, précision, stabilité.</p> <p><b>B - Modélisation et comportement des systèmes linéaires continus et invariants</b></p> <p>1) Systèmes linéaires, continus et invariants : - modélisation par équation différentielle ; - calcul symbolique ; - représentation par fonction de transfert, forme canonique, gain, ordre et classe, pôles et zéros ; - cas des systèmes du premier et du deuxième ordre, de l'intégrateur et du dérivateur.</p> <p>2) Représentation par schémas-blocs : - transformation et réduction de schémas-blocs ; - fonction de transfert en boucle ouverte et fonction de transfert en boucle fermée.</p> <p>3) Signaux canoniques d'entrée : - réponse temporelle, rapidité. - réponse fréquentielle, diagrammes de Bode.</p>	<p>Cette partie doit permettre la présentation de la discipline, de ses domaines d'application, de son but, de son évolution.</p> <p>La diversité des systèmes automatiques rencontrés en travaux pratiques permet d'illustrer efficacement cette présentation, en particulier en introduisant une classification de la nature des informations traitées.</p> <p>Tous les systèmes abordés en première année sont stables.</p> <p>Les travaux pratiques permettent d'appréhender les incompatibilités entre les exigences de performances. Il en résulte une nécessité de compromis.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>

PROGRAMME	COMMENTAIRES
	<p>À partir d'un système asservi modélisé comme linéaire, continu et invariant ou matérialisé par une réalisation industrielle, les compétences acquises doivent permettre :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'analyser ou établir le schéma fonctionnel du système,</li> <li>- d'analyser ou établir le schéma-bloc du système,</li> <li>- de déterminer la fonction de transfert globale du système,</li> <li>- de prévoir ses performances en rapidité.</li> </ul> <p>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.</p> <p>La stabilité et la précision des systèmes asservis sont du programme de deuxième année.</p>
<p><b>C - Identification à un modèle</b></p> <p>Généralités : modèles de connaissances et modèles de représentations. Modélisation et identification.</p>	<p>Ce chapitre ne nécessite pas de cours magistral mais des activités de travaux pratiques menées en liaison avec la partie B.</p> <p>On insiste particulièrement sur les notions de système et de modèle, sur la réalité et la représentation mathématique qui en est faite.</p>
<p><b>IV - Mécanique</b></p> <p><b>Cinématique du solide indéformable</b></p> <p>1) Définition d'un solide indéformable. Référentiel : espace, temps. Repère attaché à un référentiel. Équivalence entre référentiel et solide indéformable.</p> <p>2) Mouvement relatif de deux solides. Paramétrage. Position d'un référentiel par rapport à un autre ; angles d'Euler. Dérivée temporelle d'un vecteur par rapport à un référentiel. Trajectoire, vitesse et accélération d'un point 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 : - ayant une direction commune ; - dans le cas général. Composition des vecteurs-vitesse de rotation. Composition des vecteurs-vitesse. Torseur distributeur des vitesses, équiprojectivité, axe instantané de viration. Mouvements particuliers : translation et rotation.</p>	<p>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.</p> <p>Cette partie du programme s'appuie également sur les acquis de géométrie vectorielle dans <math>\mathbb{R}^3</math> traité en mathématiques.</p> <p>On accepte dans ce cours le terme de solide pour solide indéformable.</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 cette occasion, on introduit la théorie des torseurs. On n'en donne que les éléments essentiels : opérations, invariants, axe central, torseur couple et glisseur.</p>
<p>3) Applications au mouvement plan sur plan : centre instantané de rotation, théorème des trois plans glissants.</p>	<p>À partir d'un système mécanique pour lequel un paramétrage est donné, les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- déterminer le torseur cinématique d'un solide par rapport à un autre solide ;</li> <li>- déterminer la trajectoire d'un point d'un solide par rapport à un autre solide ;</li> <li>- déterminer le vecteur accélération d'un point d'un solide par rapport à un autre solide.</li> </ul> <p>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.</p> <p>Lors des travaux dirigés ou des travaux pratiques, une introduction aux liaisons entre solides (programme de seconde période) peut être envisagée sur des exemples simples.</p>

PROGRAMME	COMMENTAIRES
<p><b>Deuxième période (option PSI)</b></p> <p><b>I - Mécanique</b></p> <p><b>A - Modélisation cinématique des liaisons</b></p> <p>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.</p> <p>2) Liaisons entre solides : définition. Liaisons normalisées entre solides : caractéristiques géométriques et repères d'expression privilégiés.</p> <p>3) Mécanismes. Structure d'une chaîne de solides : graphe des liaisons. Associations de liaisons en série et en parallèle ; liaisons cinématiquement équivalentes. Analyse cinématique : relations entre les vitesses issues de la fermeture de la chaîne cinématique.</p> <p>4) Cas particulier de la modélisation plane.</p> <p><b>B-Statique des solides</b></p> <p>1) Modélisation des actions mécaniques. Modélisation locale : actions à distance et de contact. Lois de Coulomb. Résistance au roulement et au pivotement. Modélisation globale, torseur associé.</p> <p>2) Action mécanique transmissible par une liaison sans frottement. Cas des liaisons normalisées. Cas de la modélisation plane.</p> <p>3) Principe fondamental de la statique. Théorèmes généraux. Équilibre d'un solide, d'un ensemble de solides. Théorème des actions réciproques.</p>	<p>L'analyse des surfaces de contact entre deux solides et de leur paramétrage associé permet de mettre en évidence les degrés de libertés entre ces solides.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre :</p> <p>1) à partir d'un système mécanique réel, ou codifié sous forme de documents compréhensibles sans pré-requis, de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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 ;</li> <li>- réaliser le graphe de structure ;</li> <li>- réaliser un schéma cinématique ;</li> <li>- lui associer le paramétrage retenu.</li> </ul> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Dans le cas des liaisons sans frottement, il est possible de mettre en évidence, au niveau global, les particularités sur les torseurs associés.</p> <p>L'écriture systématique des <math>6n</math> équations d'un système composé de <math>n</math> solides est à proscrire.</p>

PROGRAMME	COMMENTAIRES
<p>4) Applications :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mécanismes parfaits.</li> <li>- Conditions d'équilibre pour les mécanismes qui présentent au moins une mobilité.</li> <li>- Modèles avec frottement : arc-boutement.</li> </ul> <p><b>II - Automatique</b></p> <p><b>A - Systèmes combinatoires</b></p> <p>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. Logigrammes. Exemples de réalisations câblées : pneumatiques, hydrauliques, électroniques, électro-mécaniques.</p>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>L'étude des conditions d'équilibre pour les mécanismes qui présentent des mobilités constitue une première sensibilisation au problème de recherche des équations de mouvement étudié en seconde année. Dans le même esprit, les situations que l'on ne peut résoudre analytiquement permettent d'introduire la notion d'hyperstatisme.</p> <p>Les actions mécaniques extérieures sur tout ou partie d'un mécanisme et un schéma d'architecture étant fournis, les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- choisir la méthode et conduire le calcul jusqu'à la détermination complète des inconnues de liaison,</li> <li>- choisir la méthode et conduire le calcul pour déterminer la valeur des paramètres conduisant à des positions d'équilibre (par exemple l'arc-boutement),</li> <li>- exploiter et interpréter les résultats d'un logiciel de calcul (analyse de la modélisation proposée et des résultats obtenus).</li> </ul> <p>On se limite à des fonctions d'au plus quatre variables.</p> <p>L'algèbre de Boole ne nécessite aucun pré-requis. Sa présentation se limite aux propriétés strictement nécessaires à ce cours.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) à partir d'un système combinatoire dont le fonctionnement est observable, ou décrit par une représentation fonctionnelle, la liste des entrées-sorties étant définie : <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> </li> <li>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 : <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> <li>- de réaliser les fonctions logiques (à partir de relais composants pneumatiques ou électroniques) ;</li> <li>- de tester la réalisation ;</li> <li>- de valider le fonctionnement, en conformité avec le cahier des charges.</li> </ul> </li> </ol>

PROGRAMME	COMMENTAIRES
<p><b>B - Systèmes Séquentiels et modèle GRAFCET</b></p> <p>Définition d'un système séquentiel. Définition de la fonction mémoire. Chronogrammes. GRAFCET : - éléments de base : étape, liaison, transition ; - règles d'évolution ; - mode continu ; - structures de base : séquence unique, sélection de séquence, parallélisme structural ; - représentation des événements d'entrée : fronts.</p>	<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.</p> <p>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>
<p><b>III - Étude des systèmes</b> <b>Les constituants des chaînes fonctionnelles</b></p> <p>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>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 oeuvre dans les différents domaines de compétence indiqués et de mesurer les performances de ces constituants lors des séances de travaux pratiques.</p> <p>La technologie interne de ces constituants n'est pas au programme.</p> <p>Les illustrations trouvent principalement leur source parmi les systèmes utilisés lors des travaux pratiques.</p> <p>L'étude mécanique globale des transmetteurs se limite en première année à la cinématique et aux actions mécaniques (effets statiques seulement).</p> <p>Les calculs de pré-dimensionnement des transmetteurs de puissance et des effecteurs ne sont pas au programme.</p> <p>Les constituants des chaînes cinématiques sont abordés sous l'aspect fonctionnel en liaison avec le cours de mécanique.</p> <p>Les transmetteurs sont limités aux réducteurs et multiplicateurs, au mécanisme vis-écrou et aux mécanismes plans à barres articulées.</p> <p>À partir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'un système réel en état de fonctionnement,</li> <li>- 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 transmetteurs ;</li> <li>- de définir les grandeurs d'entrée et de sortie.</li> </ul> <p>Les calculs de pré dimensionnement des actionneurs et pré-actionneurs ne sont pas au programme.</p> <p>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>À partir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'un système réel en état de fonctionnement,</li> <li>- 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 actionneurs ainsi que les pré-actionneurs associés ;</li> <li>- de définir la nature des énergies d'entrée et de sortie.</li> </ul>

PROGRAMME	COMMENTAIRES
<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,</li> <li>- 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 progiciel 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,</li> <li>- 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,</li> <li>- 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>
<p><b>IV - Communication technique</b></p>	
<p>1) Représentation géométrique.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le dessin technique graphique et assisté par ordinateur.</li> <li>- Représentation en projections cylindriques orthogonales.</li> </ul>	<p>L'étude géométrique des projections cylindriques met en évidence :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la correspondance entre les projections 2D et la représentation 3D ;</li> <li>- le paramétrage angulaire lié aux angles d'Euler.</li> </ul> <p>Les langages géométriques sont étudiés à partir d'exemples en travaux pratiques. Ils sont développés en fonction de conventions et de normalisation 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.</p> <p>Les représentations demandées sont limitées à l'allure générale des volumes principaux de pièces simples.</p> <p>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.</p> <p>Les fonctionnalités de base des modeleurs 3D sont introduites lors d'activités de travaux pratiques.</p>



PROGRAMME	COMMENTAIRES
2) Les modèles de description fonctionnels et structurels.	<p>Les outils de représentation FAST et SADT restent des outils privilégiés de description fonctionnelle et structurelle.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de compléter une description fonctionnelle ou structurelle limitée à deux niveaux consécutifs.</p>
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.	<p>Le schéma cinématique minimal est le schéma qui permet la description des liaisons entre les sous-ensembles cinématiquement équivalents.</p> <p>Un schéma d'architecture permet de calculer les actions mécaniques dans les liaisons élémentaires associées en série ou en parallèle.</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.</p> <p>La connaissance des symboles normalisés prescrits par les différentes normes ne peut être exigée. Les étudiants doivent disposer en permanence d'une documentation sur les normes.</p>