

*Série « Sciences et technologies
de l'ingénieur »*

Cycle terminal

**Projet de programme
Sciences et techniques
Sciences physiques et chimiques**

*- Spécialité Ingénierie des systèmes
automatiques -*

Mars 2007

SÉRIE SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INGÉNIEUR

Spécialité Ingénierie des systèmes automatiques

Projets de programmes de **Sciences physiques et chimiques appliquées** et de **Sciences et techniques**

Préambule

Quels que soient leur nature, les besoins auxquels elles répondent et les consommateurs à qui elles sont destinées, la quasi totalité des réalisations techniques nécessite aujourd'hui :

- la maîtrise de la matière pour créer ou modifier les structures physiques ou chimiques d'un système ;
- la maîtrise de l'énergie disponible au sein du système et, plus globalement, dans notre espace de vie ;
- la maîtrise des informations, globales ou locales, pour leur traitement et leur exploitation ;
- la maîtrise des compétences humaines et économiques pour la réalisation du produit ou de l'ouvrage.

Les trois domaines, « matière, énergie, information » se présentent donc comme la base de toute formation technique, le facteur humain étant l'élément fédérateur incontournable pour l'ensemble des domaines.

Le baccalauréat spécialité Ingénierie des systèmes automatiques s'appuie sur les trois domaines que sont le traitement du signal et de l'information, l'énergie et sa gestion, la matière et les structures, et apporte les compétences nécessaires pour aborder à un niveau supérieur le pilotage, la conduite, la maintenance de systèmes automatiques, leur conception et leur réalisation, ainsi que l'analyse du comportement de leurs commandes respectives.

La pédagogie développée s'appuie sur une démarche expérimentale permettant de faire émerger des concepts, afin de pouvoir ultérieurement intégrer, exploiter, paramétrer, régler, maintenir et éventuellement améliorer partiellement un système automatique.

Compétences visées

Le bachelier en spécialité Ingénierie des systèmes automatiques, doit être capable de :

- décrire l'organisation fonctionnelle, identifier les flux d'information et d'énergie qui concourent à la réalisation de la fonction d'usage d'un système automatique ;
- caractériser les lois de comportement d'un système automatique par mesures, essais, identification ;
- exploiter une modélisation simple du réel, ou un progiciel de simulation, pour prévoir le comportement d'un système automatique représentatif des solutions actuelles courantes ;
- associer une solution constructive, permettant d'obtenir les performances recherchées, à une fonction technique, dans le cadre de la chaîne d'énergie ou d'information ;
- mettre en œuvre un système automatique et, le cas échéant, identifier l'élément de chaîne fonctionnelle en cause lors d'un dysfonctionnement, puis proposer des investigations complémentaires et réponses de principe afin d'y remédier.

Programmes

Présentation des programmes :

Les programmes ci-après précisent les connaissances ordonnées à acquérir. La présentation n'induit en aucun cas une chronologie d'enseignement, mais une simple mise en ordre des concepts.

La colonne de gauche indique à partir de quelle classe il serait judicieux de commencer à aborder chaque contenu (ce qui n'exclut évidemment pas de poursuivre en terminale).

Le degré d'approfondissement est présenté sous la forme d'une taxonomie à quatre niveaux :

1 - Niveau d'**information** : le contenu est relatif à l'appréhension d'une vue d'ensemble d'un sujet. Les réalités sont montrées sous certains aspects de manière partielle ou globale. Ceci peut se résumer par la formule : « l'élève en a entendu parler et sait où trouver l'information ». Il n'y pas d'évaluation envisageable à l'examen pour les savoirs situés à ce niveau d'approfondissement

2 - Niveau d'**expression** : le contenu est relatif à l'acquisition de moyens d'expression et de communication permettant de définir et utiliser les termes composant la discipline. Le « savoir » est maîtrisé. Ceci peut se résumer par la formule : « l'élève sait en parler ».

3 - Niveau de **maîtrise des outils** : le contenu est relatif à la maîtrise de procédés et d'outils d'étude ou d'action (lois, démarches, actes opératifs, ...) permettant d'utiliser, de manipuler des règles, des principes ou des opérateurs techniques en vue d'un résultat à atteindre. Il s'agit de maîtriser un « savoir faire ». Ceci peut se résumer par la formule : « l'élève sait faire ».

4 - Niveau de **maîtrise méthodologique** : le contenu est relatif à la maîtrise d'une méthodologie d'énoncé et de résolution de problèmes en vue d'assembler et organiser les éléments d'un sujet, identifier les relations, raisonner à partir de celles-ci, décider en vue d'un but à atteindre. Il s'agit de maîtriser une démarche. Ceci peut se résumer par la formule : « l'élève maîtrise la méthode ».

Chacun de ces niveaux englobe les précédents.

Un document d'accompagnement publié par ailleurs rassemble les recommandations pédagogiques, notamment en termes méthodologique et d'organisation de l'enseignement.

Programme de **Sciences physiques et chimiques appliquées**

Les sciences physiques et chimiques appliquées doivent fournir des outils et des connaissances leur permettant de faire face efficacement aux évolutions technologiques qu'ils rencontreront obligatoirement dans leur carrière professionnelle. L'accent doit donc être mis sur les notions pérennes et pouvant être réinvesties dans le cadre d'une formation tout au long de la vie.

Cet enseignement de sciences physiques et chimiques appliquées doit permettre d'acquérir la connaissance des lois de base physiques et chimiques, la maîtrise de modèles, une méthodologie de résolution de problèmes dans les domaines de la physique et de la chimie en lien avec les systèmes automatiques.

Il doit mettre l'accent sur l'acquisition :

- d'une rigueur scientifique ;
- d'un esprit critique ;
- d'une culture scientifique ;
- de la maîtrise de la démarche expérimentale.

La commande des systèmes continus et discontinus est la colonne vertébrale de la formation. Elaborer la commande d'un système, revient à définir l'ensemble des actions à effectuer pour obtenir des performances données d'une installation, d'un système pluri technologique. Il faut donc définir des critères de performance mesurables par rapport à des modèles mathématiques de comportement ou de connaissances. Il faut pour cela être capable de définir, comprendre et analyser le fonctionnement du système. Ceci peut être obtenu soit par étude théorique des lois physiques (thermique, statique et dynamique des fluides, mécanique, chimie) régissant le fonctionnement du système, soit par une approche expérimentale avec modélisation du fonctionnement, les deux approches pouvant être complémentaires. La modélisation nécessite la connaissance de quelques modèles mathématiques, ainsi que de leur domaine de validité.

En sciences appliquées, le bachelier en spécialité Ingénierie des systèmes automatiques, doit être capable de :

- maîtriser les lois de base dans les domaines de la mécanique des fluides, de la chimie des solutions électrolytiques, de l'optique, de la conversion de l'énergie et de l'électricité ;
- exploiter ces lois de base pour modéliser les systèmes automatiques et prévoir leur comportement ;
- maîtriser les principes de base de la métrologie.

Commentaires méthodologiques généraux :

Pour des raisons d'efficacité pédagogique, les thèmes du programme devront être abordés par le biais d'activités pratiques : c'est par une approche concrète que les concepts accessibles pourront être abordés en évitant toute mathématisation excessive.

Certaines parties du programme sont étroitement liées : par exemple la réalisation d'une chaîne d'instrumentation en mécanique, en chimie est l'occasion d'introduire et de mettre en œuvre des notions indiquées dans la partie électricité ou dans la partie optique.

L'utilisation de l'outil informatique sous ses différents aspects doit être aussi systématique que possible en travaux pratiques et dans les expériences de cours : tableurs pour les calculs et les modélisations, logiciels de traitement des signaux, logiciels de simulation, logiciels de commande de cartes d'acquisition, ... Les tableurs graphes seront utilisés pour représenter de manière graphique des résultats et pour établir des modèles à partir de résultats expérimentaux. L'utilisation des logiciels de simulation doit permettre d'explorer des points difficiles à mettre en œuvre d'un point de vue expérimental ou de gagner du temps en évitant des tâches répétitives (étude de l'influence d'un paramètre). Elle ne doit en aucun cas se substituer à l'expérience.

Les différentes parties du programme seront l'occasion de faire acquérir des compétences dans le domaine de la représentation des grandeurs :

- associer à toute grandeur son unité dans le système international d'unités ;
- vérifier l'homogénéité des expressions dans des cas simples ;
- définir l'unité d'une grandeur à partir de l'analyse des unités dans une expression simple (par exemple, temps caractéristique dans une équation différentielle).

et dans celui de l'écriture des résultats de calculs et de mesures :

- encadrer une mesure obtenue avec un appareil dont la documentation technique est fournie ;
- fournir un résultat sous forme d'encadrement dans le cas d'une série de mesures ;
- donner un résultat avec un nombre de chiffres significatifs adapté.

Programme :

| Abordé dès la 1 ^{ère} | 1 – DESCRIPTION ET PROPRIETES DES SYSTEMES ASSERVIS OU REGULES | Niveau | | | |
|--------------------------------|--|--------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ▼ | 1.1. Aspect fonctionnel | | | | |
| | - Schéma normalisé : schéma PCF-TI - Schéma fonctionnel, chaînes d'action et de retour, correcteur - Grandeurs fonctionnelles: grandeurs réglées, réglantes et perturbatrices | | | | |
| | 1.2. Caractéristiques statiques et dynamiques | | | | |
| | - Systèmes stable et instable - Caractéristique statique : gain statique ; point de fonctionnement - Caractéristiques dynamiques des procédés, comportement autour d'un point de fonctionnement - Critères de performance d'une boucle d'asservissement ou de régulation : - Précision ; - rapidité ; - amortissement. | | | | |

Précisions : Ce chapitre est étroitement lié au pôle de « Mise en œuvre et fonctionnement des systèmes automatiques », dont une partie des travaux pratiques partagés avec les sciences industrielles permet d'aborder l'essentiel des activités expérimentales associées. Il s'agit notamment de mettre en place le vocabulaire associé aux systèmes automatiques et à leur pilotage et de mettre en évidence :

- les performances globales, la quantification des paramètres ;
- l'influence des paramètres caractéristiques ;
- Les paramètres intrinsèques du procédé dans le cas des systèmes naturellement stables (1^{er} ordre à temps mort : gain statique, constante de temps, temps mort ; modèle de Broïda) ;
- Les paramètres intrinsèques du procédé dans le cas des systèmes naturellement instables ou intégrateurs (gain dynamique, temps mort).

| Abordé dès la 1ère | 2 – MECANIQUE DES FLUIDES. | Niveau | | | |
|-----------------------------------|--|--------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2.1. Comportement des gaz | | | | | |
| ▼ | <ul style="list-style-type: none"> - Etude du comportement des gaz - Mesure de pressions - Mesure de températures | | | ■ | |
| 2.2. Statique des fluides | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Relation force, pression, surface - Fluides compressibles, incompressibles - Théorème de Pascal, d'Archimède - Mesures de niveau, de pression | | ■ | | |
| 2.3. Dynamique des fluides | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Ecoulement des fluides : débits volumique, massique ; équation de continuité - Théorème de Bernoulli - Notion de viscosité, pertes de charges - Régimes laminaire et turbulent - Mesure de débit | | ■ | | |

Précisions : la première partie fait suite au programme de seconde. Elle permet de consolider l'utilisation de la loi des gaz parfaits et d'étudier le comportement des gaz dans différentes circonstances, en particulier comportements à pression constante ou à volume constant.

Le théorème de Bernoulli sera présenté après la partie sur l'énergie. Seuls quelques cas simples seront étudiés.

| Abordé dès la 1ère | 3 – L'ENERGIE | Niveau | | | |
|--|---|--------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 3. 1. Energie, puissance | | | | | |
| ▼ | <ul style="list-style-type: none"> - Notion d'énergie - Relation entre énergie et puissance | | ■ | | |
| 3.2. Travail d'une force, énergies cinétique et potentielle : transfert d'énergie par travail | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Travail d'une force constante ; puissance - Travail et énergie cinétique, énergie potentielle (de pesanteur) - Transformation énergie potentielle-énergie cinétique - Effet du travail reçu : notion d'énergie interne | | ■ | | |
| 3.3. Transfert d'énergie par chaleur | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Transformation travail-chaleur - Mesures calorimétriques - Changements d'états | | ■ | | |
| 3. 4. Conversion d'énergie | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Conversions statique et électromécanique de l'énergie électrique : redresseurs, hacheurs, onduleurs et machines à courant continu, synchrones et asynchrones associées - Conversion électrochimique : piles, batteries, piles à combustibles, stockage de l'énergie - Transduction : conversion d'une énergie en énergie électrique dans un capteur. Exemples de transducteurs : associations avec les lois de conversion ; notion de finesse (quantité d'énergie prélevée) | | ■ | | |

Précisions : Cette partie a pour objectif de mettre en place le concept d'énergie. Il s'agit en première de quantifier les conversions et les transferts d'énergie et de mettre en place le principe général de conservation de l'énergie. L'étude de divers montages expérimentaux permet de mettre en évidence ce concept. Le transfert d'énergie par travail fera l'objet d'un développement plus poussé dans la partie 5.5 du programme de sciences industrielles.

Pour les conversions électromécaniques et la conversion statique de l'énergie électrique, les différents types de machines tournantes (continu, asynchrone, synchrone) et les dispositifs de l'électronique de puissance associés sont vus d'un point de vue externe (bilan de puissances). La conversion électrochimique sera vue en lien étroit avec la partie chimie.

La dernière partie permet de faire le lien entre énergie et information. Elle ne fera pas l'objet d'un catalogue de transducteurs, par contre on fera référence à cette partie à chaque fois qu'un capteur est mis en œuvre.

| Abordé dès la 1ère | 4 – ELECTRICITE | Niveau | | | |
|--|--|--------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 4.1. Les lois fondamentales | | | | | |
| ▼ | <ul style="list-style-type: none"> - Notions d'intensité et de tension - Les lois de conservations - Energie et puissance en électricité - Mesure d'intensité et de tension | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 4.2. Modélisation des composants de base et des sources | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Comportement des dipôles R, L et C (d'un point de vue temporel) - Energie et dipôles R, L, C - Modélisation des sources : MET, MEN - Point de fonctionnement d'un circuit, échange d'énergie | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 4.3. Comportement dynamique des circuits | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Etude des circuits RC, RL alimentés par un échelon de tension ou de courant, constante de temps | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 4.4. Les composants et leurs applications | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Diodes (de redressement, Zener), photodiodes, transistors, phototransistors | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 4.5. Régimes périodiques | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Grandeurs caractérisant les phénomènes périodiques, puissance active, facteur de puissance - Mesures de tension, d'intensité, de puissance - Application au régime sinusoïdal - Comportement des composants de base en régime sinusoïdal - Le circuit RLC série (résonance et filtrage) | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 4.6. Traitement d'un signal analogique | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Nature d'un signal électrique - Structure de base : diviseur de tension, pont de Wheatstone ; application au conditionnement des capteurs - Quadripôles passifs et actifs : amplification, gain, bande passante - Application au filtrage - Montages non linéaires : comparateur à un ou deux seuils - Conversions analogique numérique, numérique analogique | ■ | ■ | ■ | ■ |

Précisions:

L'électricité est omniprésente dans le domaine de la mesure d'une part, et dans le domaine de l'énergie d'autre part. L'utilisation de bobine et de condensateur permet de mettre en place les outils nécessaires à la maîtrise de l'évolution temporelle des systèmes.

Les composants de base (R, L, C) devront être présentés en priorité à partir d'éléments utilisés dans les capteurs (photorésistances, jauge de contrainte, ...). De la même manière, les diodes et transistors seront introduits à l'occasion d'étude d'applications.

L'étude des régimes périodiques est l'occasion de mettre en évidence des problèmes liés à la mesure des valeurs instantanées, moyennes et efficaces. En régime sinusoïdal, on se limitera à la définition de l'impédance complexe sous la forme $[Z, \varphi]$.

Dans le domaine de la mesure, il est nécessaire de maîtriser la structure d'une chaîne d'instrumentation. Il faut être capable « d'assembler » les blocs fonctionnels afin de réaliser la liaison entre le monde physique (capteurs, actionneurs) et le monde numérique (unité centrale). Il faut faire la différence entre les différents types de signaux dans une chaîne de transmission de l'information et savoir que toute transformation s'accompagne d'une dégradation de celle-ci.

Seules les fonctionnalités et les caractéristiques externes des constituants seront abordés ; leurs constitution et fonctionnement interne ne sont pas au programme.

Les CNA et CAN seront étudiés d'un point de vue fonctionnel sans entrer dans les aspects technologiques. On s'intéressera à la fonction réalisée et aux conséquences quant à la dégradation de l'information. Ces composants permettent d'illustrer la « nature d'un signal électrique » pour la quantification et l'échantillonnage. Les différentes technologies ne seront pas étudiées.

| Abordé dès la 1ère | 5- OPTIQUE | Niveau | | | |
|--|------------|--------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| <ul style="list-style-type: none"> - Propagation de la lumière : modèle du rayon de lumière - Lentilles convergentes; lentilles divergentes - Images données par un miroir plan - Images données par une lentille convergente - Application des lois de Descartes aux fibres optiques ; notion d'ouverture numérique - Composition spectrale ; choix d'une longueur d'onde (d'une couleur) en spectrophotométrie | | | | | |

Précisions : Partie à associer avec les composants optoélectroniques de la partie électricité et la spectrophotométrie de la partie chimie. Là aussi, il ne s'agit de faire de l'optique pour de l'optique, mais de donner les outils de base permettant de comprendre des applications simples mettant en jeu des composants optiques.

| Abordé dès la 1ère | 6 - CHIMIE | Niveau | | | |
|--|------------|--------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6.1. Structure et propriétés de l'eau | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Structure moléculaire de l'eau - Propriétés physiques de l'eau (dont le caractère dipolaire) | | | | | |
| 6.2. Les solutions électrolytiques | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Obtention d'une solution électrolytique - Concentration molaire | | | | | |
| 6.3. Suivi d'une transformation chimique | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Evolution d'un système au cours d'une transformation chimique - Bilan de matière | | | | | |
| 6.4. Mesure de quantité de matière | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Conductimètre : conductance et conductivité d'une solution ionique, méthode de mesure de la conductance - pHmétrie : pH, mesure du pH d'une solution - Spectrophotométrie : Relation entre absorbance et concentration - Applications à la détermination de quantités de matière (réactions acido-basique et d'oxydo - réduction) | | | | | |
| 6.5. Cinétique chimique | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Mise en évidence, facteurs cinétiques - Suivi temporel, vitesse de réaction, temps de demi réaction - Suivi d'une réaction par spectrophotométrie | | | | | |

Précisions : Ce chapitre fait suite au programme de seconde. Il nécessite la maîtrise des connaissances sur les constituants de la matière, les états de la matière et du concept de quantité de matière. Il sera introduit de manière essentiellement expérimentale en s'appuyant en particulier sur les techniques utilisées en traitement des eaux.

En sciences, la logique de construction des compétences se fonde d'abord sur l'acquisition de connaissances et de savoir-faire résultant d'un enseignement privilégiant la démarche expérimentale. Il en résulte qu'en sciences appliquées, cours en classe entière et travaux pratiques constituent un tout qui doit être confié à un professeur unique. Afin de faciliter la synergie entre les activités conceptuelles et les activités de travaux pratiques, il est recommandé de placer les séances de travaux pratiques de sciences physiques et chimiques appliquées des deux groupes au cours de la même journée.

Programme de **Sciences et techniques**

Commentaires méthodologiques généraux :

Pour enseigner ce programme, les activités technologiques sont organisées en trois « pôles » :

- mise en œuvre et fonctionnement des systèmes automatiques ;
- chaînes d'action ;
- structure et comportement de la commande.

En terminale, un « **projet technologique et scientifique** » de construction, amélioration ou optimisation d'un système automatique, permet un travail collectif interdisciplinaire de synthèse et d'approfondissement.

Pôle « Mise en œuvre et fonctionnement des systèmes automatiques »

| Abordé dès la 1 ^{ère} | 1 – APPROCHE FONCTIONNELLE | Niveau | | | |
|--|-----------------------------------|--------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1.1. Analyse fonctionnelle externe | | █ | █ | █ | █ |
| - Relation du produit au besoin exprimé - Fonctions de service - Cahier des charges fonctionnel | | █ | █ | █ | █ |
| 1.2. Analyse fonctionnelle interne | | █ | █ | █ | █ |
| - Architecture fonctionnelle d'un système automatique - Les différents flux dans le système (flux de matière, d'énergie et d'information) - Outils de représentation FAST - Architecture matérielle | | █ | █ | █ | █ |
| 1.3. Organisation fonctionnelle de la chaîne d'information | | █ | █ | █ | █ |
| - Fonctions acquérir, traiter, communiquer - Nature de l'information associée aux fonctions de la chaîne d'information - Fonction : commander la puissance - Place du capteur pour la prise d'information dans un système automatique | | █ | █ | █ | █ |
| 1.4. Organisation fonctionnelle de la chaîne d'énergie | | █ | █ | █ | █ |
| - Fonctions alimenter, distribuer, convertir, adapter, transmettre - Nature des flux d'énergie et d'information associés aux fonctions de la chaîne d'énergie | | █ | █ | █ | █ |

Précisions : Il s'agit simplement de faire découvrir que l'analyse technique d'un système automatique peut toujours s'appuyer sur une expression cohérente de fonctions (relations entre fonctions et solutions technologiques). L'analyse fonctionnelle n'est pas envisagée sous ces aspects normatifs et certificatifs, le travail se limite à du décodage de diagrammes FAST et éventuellement à compléter celui-ci au niveau des fonctions techniques. A partir de ces connaissances de base vécues et pratiquées régulièrement, chacun pourra aborder dans des formations ultérieures les outils normés de l'analyse de la valeur et de la gestion de la qualité.

| Abordé dès la 1 ^{ère} | | 2 – MISE EN ŒUVRE ET FONCTIONNEMENT | | Niveau | | | |
|---|---|-------------------------------------|---|--------|---|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 2.1. Fonctionnement | | | | | | | |
| | - Modes de marches et d'arrêts, procédures de sécurité - Fonctionnement réel d'un système automatique : fonctionnement observé / fonctionnement spécifié (cohérence, discordance, dysfonctionnement, limité aux systèmes combinatoires et séquentiels) | | | | | | |
| 2.2. Interface homme - machine | | | | | | | |
| | - Typologie des interfaces homme - machine - Principe d'échange : saisie (donnée, instruction) et affichage (message, synoptique) - Dialogue local, à distance - Moyens techniques associés : pupitre programmable, superviseur, coupleur Web | | | | | | |
| 2.3. Surveillance, aide à la maintenance | | | | | | | |
| | - Techniques de surveillance : discordance d'état, temps enveloppe (maxi / mini) - Surveillance intégrée : pré actionneurs intelligents | | | | | | |
| 2.4. Sécurité | | | | | | | |
| | - Prévention intrinsèque, protection, information - Technique liée à la sécurité : notion de redondance, auto-surveillance | | | | | | |
| 2.5. Essais et réglages en vue d'assurer le fonctionnement | | | | | | | |
| | - Conditions de montage et réglage permettant d'assurer le fonctionnement d'un système automatique - Paramétrage des régulateurs PID (analogiques, numériques, carte API), réglage d'une régulation tout ou rien - Paramètres à ajuster pour un fonctionnement spécifié de système régulé (réglage : après identification en boucle ouverte, par anticipation statique (gain pur), en ligne des paramètres P, I et D) | | | | | | |
| 2.6. Paramétrages et vérifications de performances | | | | | | | |
| | - Temps caractéristiques, temps de cycle - Contraintes du cahier des charges : cadences, qualité, sécurité - Essais hors énergie, essais statiques en énergie, essais dynamiques - Mise en évidence de l'influence des actions PID2 dans un système continu : - paramétrage d'une action (P) et (I) - mise en œuvre d'une action (D) | | | | | | |

Précisions : Les paragraphes 2.5 et 2.6 sont à traiter en travaux pratiques en association étroite avec l'enseignement de « sciences physiques et chimiques appliquées » où sont traités les concepts de base des asservissements et de la régulation. Les notions de productivité, de compétitivité et de performances doivent être mises en valeur dans le cahier des charges. L'usage des moyens informatiques de simulation et de réglage sera privilégié. L'essai en régulation de maintien permettra de valider le réglage obtenu en remarquant que si, suite à une variation de la perturbation l'écart statique redevient nul, alors le réglage est correct. L'influence des paramètres de réglages sur le comportement de la boucle en asservissement et en régulation de maintien pourra se traiter en utilisant des logiciels de simulation en complément du travail effectué sur les maquettes pédagogiques.

Commentaires méthodologiques :

Le pôle de « Mise en œuvre et fonctionnement des systèmes automatiques », organisé autour d'activités pratiques de mise en œuvre, essais et réglages, permet d'aborder l'analyse globale des systèmes afin de mettre en évidence :

- l'organisation de la structure matérielle ;
- les méthodes de conduite et de réglage ;
- la typologie et le comportement des procédés commandés ;
- l'organisation fonctionnelle et sa traduction en solutions techniques ;
- les performances globales, la quantification des paramètres ;
- l'influence des paramètres caractéristiques ;
- les méthodes d'identification ou de modélisation les plus courantes.

Les activités pratiques se déroulent en groupes reconstitués associant simultanément le professeur de sciences industrielles et celui de sciences appliquées. Des cours de synthèse permettent d'ordonner les acquis et développer des concepts et méthodes permettant de résoudre les problèmes techniques et scientifiques posés par les systèmes automatiques.

Pôle « Chaînes d'action »

| | | | | | | |
|--------------------------------|---|--------|---|---|---|---|
| Abordé dès la 1 ^{ère} | 3 – ALIMENTATION ENERGETIQUE DE LA CHAINE D'ACTION | Niveau | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ▼ | 3.1. Alimentation en énergie | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Sources d'énergie (production, alimentation autonome, alimentation sur réseau) - Nature de l'énergie (électrique, pneumatique, hydraulique, thermique) | | | | | |
| | 3.2. Energies et prise en compte des risques | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Risques liés à toutes les formes d'énergie (analyser une solution concourant à la prévention des risques) - Risques électriques : <ul style="list-style-type: none"> - protection des biens contre les surcharges - protection des biens contre les courts-circuits - protection des personnes | | | | | |

| | | | | | | |
|--------------------------------|--|--------|---|---|---|---|
| Abordé dès la 1 ^{ère} | 4 – DISTRIBUTION ET CONVERSION D'ENERGIE DANS LA CHAINE D'ACTION | Niveau | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ▼ | 4.1. Distribution et modulation d'énergie | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Fonction globale (commande en tout ou rien, commande par modulation d'énergie) - Constituants de distribution et de modulation d'énergie : <ul style="list-style-type: none"> - distributeurs pneumatiques - distributeurs hydrauliques - contacteurs - variateurs de vitesse. - Circuits de puissance et schémas associés - Caractéristiques d'entrée sortie d'un constituant de distribution d'énergie | | | | | |
| | 4.2. Conversion d'énergie | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Fonction globale - Constituants de conversion d'énergie (moteurs, vérins, vannes, axes asservis) - Caractéristiques d'entrée - sortie d'un constituant de conversion d'énergie : <ul style="list-style-type: none"> - relation E/S, effort, couple, puissance, vitesse, accélération, en tenant compte de la réversibilité. | | | | | |

Précisions : Le paragraphe 4.2 est à traiter du point de vue technologique en étroite liaison avec les enseignements de « sciences physiques et chimiques appliquées » (3.1. Energie, puissance et 3.4. Conversion d'énergie) qui installent les concepts fondamentaux associés.

| | | | | | | |
|--------------------------------|---|--------|---|---|---|---|
| Abordé dès la 1 ^{ère} | 5 – ENERGIE MECANIQUE | Niveau | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ▼ | 5.1. Adaptation d'énergie | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Fonction globale - Les solutions techniques d'adaptation d'énergie : <ul style="list-style-type: none"> - liaisons mécaniques : <ul style="list-style-type: none"> - mobilité des mécanismes (translation, rotation) et actions mécaniques associées - surfaces fonctionnelles - conditions fonctionnelles (jeux, rigidité, état de surface, lubrification) - principales solutions technologiques de transmission et transformation de mouvement : accouplements, transmissions par poulie/courroie, engrenages, systèmes vis-écrou. - Caractéristiques d'entrée sortie d'un constituant d'adaptation d'énergie : <ul style="list-style-type: none"> - loi de mouvement : relation entrée/sortie - puissances d'entrée et de sortie, rendement - transmetteurs de puissance, transformateurs de puissance | | | | | |

| | | |
|---|--|--|
| 5.2. Comportement mécanique des structures et des mécanismes | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Transmission des efforts, statique : <ul style="list-style-type: none"> - interactions à distance et de contact, modélisation des interactions (la force), isolement d'un solide ou d'un ensemble de solides, principe fondamental de la statique - Transmission des mouvements, cinématique : <ul style="list-style-type: none"> - schéma cinématique - mouvement de translation et de rotation d'un solide indéformable autour d'un axe fixe : vecteur vitesse, mesure de vitesse, vecteur accélération - Frottement entre solides (glissement et roulement) - Comportement des solides déformables, résistance des matériaux : <ul style="list-style-type: none"> - traction simple, flexion simple, mesure de déformation (jauge de contrainte) - limite élastique et module d'élasticité longitudinale (traction) | | |
| 5.3. Dynamique des solides | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Notion de point de fonctionnement - Caractéristiques d'inertie pour un solide en translation ou en rotation sur un axe fixe (masse, centre d'inertie, notion d'inertie ramenée sur l'arbre primaire) - Principe fondamental de la dynamique | | |
| 5.4. Action sur la matière d'œuvre | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Fonctions opératives réalisées sur le flux de matière, d'énergie ou sur le fluide - Notion de valeur ajoutée - Les effecteurs : principe de fonctionnement ; critères de dimensionnement | | |
| 5.5 Energie et puissance mécanique | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Travail, énergie et puissance associés aux systèmes mécaniques, rendement | | |
| 5.6. La représentation géométrique du réel | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Dessins, schémas et croquis à main levée pour décrire graphiquement une solution - Représentation en 3D par modèle volumique : <ul style="list-style-type: none"> - arbres de construction et d'assemblage d'une maquette numérique fournie ; - relations entre paramètres géométriques et conditions fonctionnelles - animations et simulation (déplacements des pièces, interférences) | | |

Précisions : Les notions de mécanique seront abordées à la fois par l'installation des concepts de base par des travaux pratiques et par l'exploration du comportement des mécanismes par simulation informatique (logiciels de calculs et de simulation) et travaux pratiques. La représentation du réel se limitera à la manipulation d'entités et constituants paramétrés pré-installés en bibliothèques et à la construction de modifications simples (liaisons, articulations, guidages).

Commentaires méthodologiques :

Le pôle « Chaînes d'action », organisé autour d'activités pratiques et de cours, permet de faire l'étude de la chaîne d'action et des procédés afin de mettre en évidence :

- l'organisation de la structure matérielle des chaînes d'action ;
- les procédés principaux de transformation de la matière d'œuvre et d'obtention de la valeur ajoutée recherchée ;
- les solutions constructives courantes et caractéristiques des solutions actuelles qui réalisent les fonctions opératives ;
- les principes de construction des fonctions mécaniques ;
- les lois et modèles de comportement des structures mécaniques et électriques.

Des cours de synthèse sont l'occasion d'ordonner les acquis et développer des concepts et méthodes permettant de résoudre les problèmes techniques et scientifiques liés aux procédés et aux structures mécaniques des systèmes techniques.

Pôle « Structure et comportement de la commande des systèmes »

| Abordé dès la 1ère | 6 – L'INFORMATION ET SON ACQUISITION | Niveau | | | |
|--------------------|---|--------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ▼ | 6.1. L'information et ce qui la porte | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Nature de l'information (logique, analogique, numérique) - Systèmes de numération (base 2, base 10, base 16) - Le codage - Le signal : caractéristiques, évolution temporelle (chronogramme) | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | 6.2. Détecteurs et capteurs | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Fonction globale et structure fonctionnelle - Caractéristiques de la grandeur à mesurer et du signal de sortie - Typologie des capteurs - Réponse temporelle des capteurs | ■ | ■ | ■ | ■ |

Précisions : Les savoirs sont construits à partir des capteurs présents dans les systèmes automatiques et dans le laboratoire.

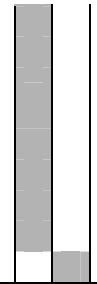
| Abordé dès la 1ère | 7 – SYSTEMES LOGIQUES | Niveau | | | |
|--------------------|--|--------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ▼ | 7.1. Comportement des systèmes logiques combinatoires | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Variable logique, opérateurs logiques (OU, ET, NON) et propositions logiques (comparaisons) - Outils de description (table de vérité, équation logique, logigramme) - Théorème de De Morgan | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | 7.2. Comportement des systèmes logiques séquentiels | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Concept d'état (définition d'un système séquentiel) - Fonction mémoire, fonction comptage, opérateur retard - Modèle comportemental GRAFCET : <ul style="list-style-type: none"> - frontière de description et bilan des entrées/sorties ; syntaxe et sémantique du modèle GRAFCET ; structures de base : séquence unique, sélection de séquences, parallélisme structural - représentation des événements (fronts sur une variable) - règles d'évolution (1 à 4), assignation et affectation - description structurée par macro-étapes et tâches | ■ | ■ | ■ | ■ |

Précisions : Les notions d'affectation sur franchissement de transition et d'encapsulation ne sont pas au programme.

| Abordé dès la 1ère | 8 – TRAITEMENT ET COMMUNICATION DE L'INFORMATION | Niveau | | | |
|--------------------|---|--------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ▼ | 8.1. Architecture fonctionnelle et matérielle d'un système de traitement de l'information | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Typologie des systèmes de traitement de l'information - Fonction globale et caractéristiques des entrées/sorties - Architecture matérielle associée à la chaîne d'information - Caractéristiques de fonctionnement d'un système programmable : espace adressable, temps d'exécution - Commande d'axe asservi : <ul style="list-style-type: none"> - notion de loi de commande - les paramètres de la commande (position, vitesse) - mise en évidence des caractéristiques externes d'une commande d'axe | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | 8.2. Le programme d'application dans les systèmes programmables | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Les niveaux de langages - Structure de la chaîne de développement (de l'édition des modèles de comportement au code) - Structure d'un programme d'application - Mise en œuvre d'une interface de programmation, d'un atelier logiciel - Paramétrage et mise au point d'un programme avec assistance informatique (atelier logiciel, interface de développement rapide) | ■ | ■ | ■ | ■ |

8.3. Communication entre différentes commandes

- Fonction globale (pilotage, commande, télémaintenance, surveillance)
- Typologie des réseaux locaux et étendus
- Caractéristiques générales externes (types d'informations échangées, débit, temps de réponse)
- Architecture matérielle d'un réseau de communication (constituants, liaisons)
- Notion d'adresse physique et d'adresse logique
- Notion de protocole
- Notion de trame : envoi des données sur le réseau
- Configuration d'une liaison



Précisions : Le paragraphe 8.1 est à articuler avec le programme de « sciences physiques et chimiques appliquées » consacré à la régulation (1. Description et propriétés des systèmes) et à limiter à l'élargissement aux commandes d'axes asservis pour la partie systèmes linéaires asservis.

Les langages graphiques seront privilégiés.

On se limitera aux technologies suivantes :

- . automate programmable industriel (API) ;
- . régulateurs électroniques analogiques et numériques (configuration, paramétrage) ;
- . composants logiques programmables.

Commentaires méthodologiques :

Le pôle « Structure et comportement de la commande », organisé autour d'activités pratiques, de cours et de séquences de travaux dirigés, permet de faire l'étude des parties commandes, afin de :

- mettre en évidence les solutions courantes d'organisation des parties commande ;
- caractériser la chaîne d'information ;
- décrire et mettre en œuvre les modèles de comportement des parties commande ;
- décrire les technologies usitées, justifier leur emploi, quantifier leurs performances ;
- implanter les modèles de comportement à l'aide d'atelier logiciel et par câblage.

Des cours de synthèse permettent d'ordonner les acquis et développer des concepts et méthodes permettant de résoudre les problèmes techniques et scientifiques posés par la commande des systèmes automatiques.

« Projet technologique et scientifique »

| Abordé dès la 1 ^{ère} | 9 – PROJET TECHNOLOGIQUE ET SCIENTIFIQUE | Niveau | | | |
|--------------------------------|---|--------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ▼ | 9.1. Démarche de projet | | | | |
| | - Expression du besoin (objectifs, contraintes) - Organisation (répartition des tâches, planning, revue de projet) | | | | |
| | 9.2. Tests et recettes | | | | |
| | - Procédures de tests - Procès verbaux (recettes intermédiaires et recette définitive) | | | | |
| | 9.3. Compétitivité | | | | |
| | - Contraintes technico-économiques - Interchangeabilité des constituants matériels et logiciels - Standardisation matérielle et logicielle - Outils d'aide à la conception - Démarche qualité | | | | |

Précision : Les items qui apparaissent dans cette partie sont également mobilisés dans d'autres parties du programme.

Projet technologique et scientifique

Le « projet technologique et scientifique » de construction, amélioration ou optimisation d'un système automatique, doit permettre, autour d'un projet collectif, de :

- faire la synthèse des acquisitions du domaine technologique et scientifique ;
- développer les aptitudes au travail collaboratif ;
- mettre en évidence des « problèmes techniques et scientifiques » dont l'émergence ne prend tout son sens que dans un véritable projet à caractère industriel qui intègre les contraintes économiques et de faisabilité, dans un temps imparti ;

- développer l'autonomie dans l'action, dans la recherche et la synthèse d'informations ;
- approfondir certains concepts et savoirs technologiques et de sciences appliquées.

Le « projet technologique et scientifique » est organisé en terminale par regroupement temporaire des horaires de « sciences et techniques », « sciences physiques et chimiques appliquées » et « mathématiques » pendant les périodes nécessaires à sa réalisation. Ces durées de regroupement ne sauraient excéder un total de 75h sur l'année.

L'encadrement des élèves est assuré par les enseignants de ces disciplines dans le cadre de leurs obligations de services. Les permutations d'emploi du temps pendant ces périodes sont vivement conseillées afin d'assurer la continuité des activités de projet. Des précisions sont portées dans les documents d'accompagnement des programmes.