

# Les Sciences Industrielles pour l'Ingénieur en CPGE TSI

## (Technologies et Sciences pour l'Ingénieur)

### I - Finalités

Les Sciences Industrielles pour l'Ingénieur permettent d'analyser, de concevoir et de réaliser des produits et systèmes répondant à des performances explicitées et maîtrisées. L'élaboration des réponses à ces besoins exprimés conduit à une approche complexe : économique, technique et scientifique. Cette démarche doit intégrer les évolutions permanentes des matériaux, des procédés et des composants.

L'enseignement correspondant prend appui sur des systèmes pluritechniques issus des grands secteurs technologiques : transports, production, bâtiment, santé, environnement...

Les finalités de la formation visent le développement des capacités à analyser des cas concrets, à imaginer et à justifier des solutions. Il s'agit de s'exprimer et de communiquer des résultats en s'appuyant sur la maîtrise d'outils fondamentaux de l'automatique, de l'électronique, de l'électrotechnique, de l'informatique industrielle et de la mécanique ainsi que sur les connaissances de base des technologies associées.

### II - Objectifs généraux

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

- **analyser** l'architecture des systèmes actuels en terme de fonctions techniques ;
- **analyser, mettre en œuvre, comparer, justifier** ou **élaborer** des solutions technologiques répondant à un cahier des charges donné ;
- **vérifier** des performances globales d'un système, **déterminer** tout ou partie du comportement d'un constituant par association du réel technologique, de modèles de traitement issus d'hypothèses à préciser, et des lois et principes scientifiques ;
- **proposer** des solutions technologiques répondant à un besoin exprimé en utilisant les langages et les représentations adaptés ;
- **utiliser** l'outil informatique pour divers calculs, communications, représentations et simulations.

### III - Organisation de l'enseignement

Dans ce cadre, les divers domaines technologiques seront abordés en référence aux fonctions techniques résolues dans la logique d'une réponse aux trois questions :

- “ Fonction ”
- “ Structure, Matériau et Procédé d'obtention ”
- “ Comportement dans le contexte industriel ”

Compte tenu de la diversité des domaines abordés dans cet enseignement de sciences industrielles pour l'ingénieur (automatique, électrotechnique, électronique, informatique industrielle et mécanique), **la formation sera confiée à une équipe pédagogique constituée de deux professeurs.**

Toutefois, l'approche de la formation gagnera à être identique, dans la logique “ **Fonction – Structure – Comportement dans le contexte industriel** ”, en appui sur des produits et systèmes pluritechniques significatifs des solutions actuelles. Ces supports permettront ainsi aux étudiants de comprendre la cohérence des divers savoirs et savoir-faire qu'ils doivent acquérir.

Dans la même logique, l'organisation des locaux et de l'emploi du temps de la classe doivent permettre aux enseignants de mettre en œuvre des travaux pratiques d'études des produits et systèmes dans une zone d'activités commune.

L'étude des systèmes mettra en évidence les chaînes fonctionnelles fondamentales qui les composent : chaînes d'énergie(s) et d'information(s), ainsi que leurs relations. L'enseignement se fera donc toujours en référence à ce modèle fonctionnel afin de donner du sens aux enseignements qui seront abordés.

La construction des savoirs et savoir-faire est organisée autour de modules comprenant des activités liées de TP, cours et TD, issus d'un projet pédagogique commun entre les deux enseignants. Cette organisation est identique au cours des TIPE qui se répartissent sur les horaires des enseignements de sciences industrielles pour l'ingénieur.

L'organisation pédagogique autour de centres d'intérêts, pour une période donnée, constitue une démarche facilitant la coordination entre les domaines technologiques enseignés.

Dans ce but, les systèmes seront choisis en fonction de leur pertinence à intégrer ces deux chaînes fonctionnelles : énergie et information. On s'évertuera donc à étudier, entre autres, des systèmes industriels replacés dans leur contexte, pouvant être instrumentés sans modification des solutions constructives, « communicants », intégrant des capteurs « intelligents » et différents réseaux...

## IV - Programme

### IV.1 - Présentation

La logique d'étude des produits et systèmes a prévalu dans la rédaction du programme de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur.

L'approche conjointe fonctionnelle et structurelle vise à développer la culture des solutions technologiques. Elle permet, en outre, un passage progressif d'activités d'analyse, qui développent le sens critique, aux activités de synthèse dans lesquelles s'exprime la créativité, en utilisant diverses représentations.

L'approche comportementale s'attache à dispenser une culture de modèles : de quels modèles a-t-on besoin ? Quelles sont leurs limites ?

On constate que l'utilisation de modèles « polymorphes » est indispensable mais la simulation n'est pas suffisante, il faut renseigner les paramètres du modèle par des expérimentations.

La représentation des échanges, au sein du modèle, ne se limite pas aux relations fonctionnelles mais concerne également les flux énergétiques. Cette approche est nouvelle, elle utilise des outils de conception graphique et constitue un point important de l'enseignement des Sciences Industrielles pour l'Ingénieur en classe préparatoire.

Compte tenu des origines multiples des étudiants de la filière TSI, la structuration du programme et sa mise en œuvre doivent aider à homogénéiser les acquis.

### IV.2 - Architecture du programme

#### S1 Analyse fonctionnelle

Cet enseignement conduit les étudiants à connaître, à utiliser les outils de l'analyse fonctionnelle et à aborder de manière structurée et méthodique les solutions constructives des produits.

Pour **l'analyse fonctionnelle externe**, les outils et définitions sont relatifs à l'exploitation de l'expression du besoin pour comprendre un cahier des charges fonctionnel.

**L'analyse fonctionnelle interne** privilégie le point de vue du concepteur. L'outil FAST, en complément d'une démarche SADT, est recommandé pour conduire, à partir du CdCF (Cahier des Charges Fonctionnel), une méthodologie de recherche et de définition des solutions constructives.

#### S2 Fonctions du produit

Ce chapitre décrit les grandes familles de solutions répondant à une fonction technique donnée. On y aborde leurs conditions d'implantation, de bon fonctionnement et leurs interfaces avec les autres fonctions du produit dans une architecture donnée. Il s'agit également de dégager, le cas échéant, les principales règles de construction, de configuration, de réalisation ou d'agencement. Dans ce cadre, on s'attachera en particulier à mettre en évidence l'adéquation entre le produit, le matériau et le ou les procédés de fabrication, en se limitant aux matériaux et procédés les plus utilisés.

La présentation proposée s'appuie sur les fonctions génériques de la “ **chaîne d'énergie** ” et de la “ **chaîne d'information** ” afin de renforcer le lien entre l'approche fonctionnelle et l'approche structurelle.

### S3 Comportement des systèmes : outils et modèles

En parallèle à l'étude des solutions constructives, ce chapitre doit permettre d'appréhender le fonctionnement des produits et systèmes. Pour cela, l'approche consiste :

- à **justifier** ou à **proposer** des modèles de traitement issus du réel technologique ;
- à **apprendre** et **appliquer** les lois et principes ;
- à **interpréter** les résultats et / ou les **vérifier** expérimentalement.

### S4 Représentation des produits pluritechniques et démarche de conception

La communication technologique, quel que soit le domaine abordé, ne peut se faire sans une maîtrise de la lecture et de la production de documents techniques sous diverses formes normalisées.

Les schémas sont associés à une modélisation durant les phases d'étude des comportements ou de définition du produit. Une approche moderne utilise des outils informatiques, elle peut aussi se présenter sous forme de croquis ou dessin à main levée en phase de recherche de solutions.

La représentation sous formes graphiques ou par diagrammes fonctionnels permet de modéliser les systèmes complexes et notamment les systèmes asservis.

Pour la **représentation 3D**, les modeleurs volumiques constituent la base de travail pour :

- la représentation du réel,
- la communication technique,
- les calculs,
- la simulation de comportement,
- la simulation de procédé d'obtention,
- la réalisation des pièces constituant le produit ou le système.

Leur facilité de prise en main et leur accessibilité justifient leur utilisation systématique.

Il faut donc amener les étudiants à utiliser les modeleurs volumiques pour en comprendre leurs concepts et en maîtriser leurs fonctionnalités.

La **démarche de conception** conduisant à la validation ou à l'expression de solutions constructives prend appui sur quelques principes simples abordés dans le programme. Les étudiants devront donc connaître quelques éléments de la **compétitivité des produits** prenant en compte les contraintes environnementales et posséder des connaissances de base sur **les matériaux et les procédés** de transformation et d'agencement. En particulier, la sensibilisation au comportement citoyen pourra être utilement complétée par des études relatives à l'utilisation et au recyclage des matériaux mis en œuvre.

## Architecture du programme

### S1 Analyse fonctionnelle

- S11 Le point de vue externe
- S12 Le point de vue interne

### S2 Fonctions du produit

- S21 Alimenter en énergie
- S22 Convertir l'énergie
  - S221 Les convertisseurs statiques d'énergie
  - S222 Les actionneurs et préactionneurs associés incluant leurs commandes
- S23 Transmettre l'énergie
  - S231 Les liaisons mécaniques
  - S232 Les composants mécaniques de transmission
- S24 Acquérir et traiter l'information
  - S241 Les capteurs
  - S242 Les capteurs intelligents
  - S243 Le traitement de l'information captée
  - S244 Les systèmes programmables
  - S245 Le transport de l'information
- S25 Communiquer l'information
  - S251 La transmission de l'information
    - S2511 *Les principaux supports de transmission et éléments caractéristiques*
    - S2512 *Les différents modes de transmission*
  - S252 Les réseaux

### S3 Comportement des systèmes : outils et modèles

- S31 La chaîne d'énergie
  - S311 Les sources d'énergie électrique
  - S312 La conversion statique d'énergie
  - S313 La conversion électromécanique d'énergie
  - S314 La détermination des lois de mouvement
  - S315 La détermination des actions mécaniques
  - S316 Le dimensionnement des éléments d'un système
- S32 La chaîne d'information
  - S321 Le conditionnement du signal
  - S322 La transmission de l'information
  - S323 Les réseaux
  - S324 Le comportement des systèmes logiques combinatoires
  - S325 Le comportement des systèmes logiques séquentiels
  - S326 Le comportement des systèmes asservis
    - S3261 *La modélisation d'un système asservi*
    - S3262 *Le contrôle et la commande d'un système asservi*

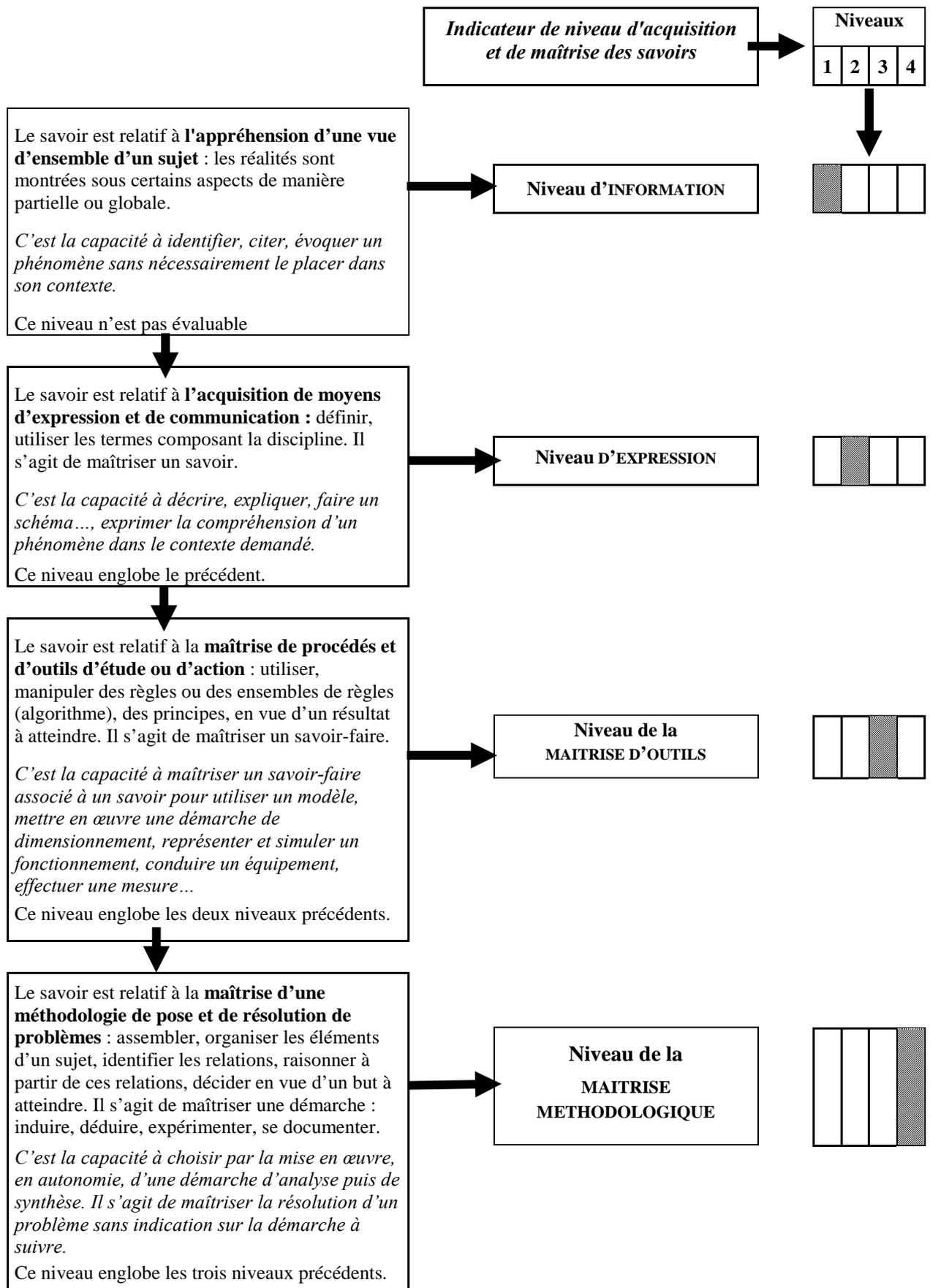
## **S4 Représentation des produits et démarche de conception**

- S41 La représentation des produits
  - S411 La représentations des signaux
  - S412 La schématisation
  - S413 La représentation géométrique du réel
- S42 La démarche de conception
  - S421 Les composantes de la compétitivité des produits
  - S422 L'adéquation Produit -Matériau -Procédé
  - S423 La définition du produit (dessin de définition du produit fini)
- S43 La démarche de réalisation et de qualification
  - S431 Les principes de réalisation intégrés dans la « chaîne numérique »
  - S432 La qualification du produit

### **IV.3 - Contenus**

Le programme est écrit en termes de compétences à atteindre auxquelles sont associés les savoirs et savoir-faire correspondants. Les niveaux de maîtrise des savoirs et savoir-faire sont spécifiés suivant la taxonomie décrite page suivante.

## Spécification des niveaux d'acquisition et de maîtrise des savoirs



S1 Analyse fonctionnelle					
Compétences attendues	Savoirs et savoir-faire associés	Enseignement abordé en 1 <sup>ère</sup> année			
		Niveaux d'acquisition			
		1	2	3	4
<p>→ Un produit ou un système étant fourni et/ou défini par un dossier ou un fichier, son environnement d'utilisation étant précisé.</p> <p>→ Le cahier des charges du produit ou du système étant fourni.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>décrire</b> la frontière de l'étude,</li> <li>- <b>énoncer</b> les fonctions de service du produit et les mettre en relation avec le besoin et des contraintes à satisfaire,</li> <li>- <b>identifier</b>, pour une fonction donnée : critères, niveaux, flexibilité,</li> <li>- <b>décoder</b> un schéma bloc décrivant l'architecture fonctionnelle d'un système,</li> <li>- <b>identifier</b> et <b>caractériser</b> les éléments transformés et <b>décrire</b> les différents flux (physique, énergétique, informationnel).</li> </ul>	<p><b>S11 Le point de vue externe (1)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Besoin à satisfaire.</li> <li>• Cycle de vie du produit.</li> <li>• Expression fonctionnelle du besoin.</li> <li>• Frontière d'une étude, diagramme des interacteurs.</li> <li>• Fonctions de service (usage, estime), contraintes.</li> <li>• Cahier des charges fonctionnel : caractéristiques des fonctions de service (critères, niveaux et flexibilité).</li> </ul>				
	<p><b>S12 Le point de vue interne (1)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Déclinaison des fonctions de service en fonctions techniques : outil FAST.</li> <li>• Autres outils de représentation fonctionnelle des systèmes et produits : diagramme d'activité, synoptique, schéma bloc.</li> <li>• Architecture fonctionnelle des produits et systèmes : chaîne d'énergie, chaîne d'information. Relations entre chaîne d'énergie et chaîne d'information.</li> <li>• Fonctions élémentaires d'une chaîne d'énergie : alimenter, distribuer, convertir, transmettre, agir.</li> <li>• Fonctions élémentaires d'une chaîne d'information : acquérir, traiter, communiquer.</li> <li>• Nature, caractéristiques et flux des éléments transformés par le produit : matière, énergie, information. Homogénéité des chaînes fonctionnelles et compatibilité des paramètres d'interface entre les différentes fonctions d'une chaîne.</li> </ul>				
<p><b>Commentaires et limitations :</b></p> <p>(1) L'analyse fonctionnelle, outil indispensable à la conception et à la réalisation de produits compétitifs, constitue un moyen de situer une problématique technique et fournit un cadre structurant des connaissances visées par le programme, quel que soit le champ technologique abordé. Son enseignement sera abordé au travers de quelques exemples pertinents et par la mise en situation systématique des fonctions techniques, objets d'études lors des TD ou des TP.</p>					

S2 Fonctions du produit						
S21 - Alimenter en énergie						
Compétences attendues	Savoirs et savoir-faire associés	Enseignement abordé en 1 <sup>ère</sup> année				↓
		Niveaux d'acquisition				
		1	2	3	4	
<p>→ Un produit ou un système étant fourni et / ou défini par un dossier ou un fichier, son environnement d'utilisation étant précisé et son cahier des charges étant fourni.</p> <p>→ La source d'énergie, les actionneurs et le schéma de puissance étant définis, les caractéristiques de fonctionnement étant précisées pour une application donnée.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre d' :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>identifier</b> les constituants du réseau d'alimentation,</li> <li>- <b>exprimer</b> leurs caractéristiques.</li> </ul>	<p>Les sources d'énergies :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grandeurs physiques disponibles.</li> <li>• Interfaces de connexion.</li> <li>• Constituants de distribution.</li> </ul> <p><i>Pour les solutions constructives électriques :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- réseaux de distribution monophasé et triphasé équilibré,</li> <li>- réseaux embarqués : piles, panneaux solaires et accumulateurs (différentes technologies et leurs principales applications).</li> </ul> <p><i>Pour les solutions constructives hydrauliques relatives au groupe de génération hydraulique.</i></p> <p><i>Pour les solutions constructives pneumatiques relatives au réseau d'air comprimé régulé.</i></p>					

S2 Fonctions du produit						
S22 - Convertir l'énergie						
Compétences attendues	Savoirs et savoir-faire associés	Enseignement abordé en 1 <sup>ère</sup> année				↓
		Niveaux d'acquisition				
		1	2	3	4	
<p>→ Un produit ou un système étant fourni et / ou défini par un dossier ou un fichier, son environnement d'utilisation étant précisé et son cahier des charges étant fourni.</p> <p>→ La source d'énergie, les actionneurs et le schéma de puissance étant définis, les caractéristiques de fonctionnement étant précisées pour une application donnée.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre d' :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>identifier</b> les convertisseurs,</li> <li>- <b>identifier</b> et <b>régler</b> les paramètres de commande liés à la conversion d'énergie.</li> </ul>	<p><b>S221 Les convertisseurs statiques d'énergie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nature et caractéristiques des grandeurs physiques d'entrée et de sortie (continu, alternatif, courant, tension).</li> <li>• Conditions d'implantation, de mise en œuvre et de compatibilité pour une application donnée.</li> </ul> <p><i>Pour les solutions électriques relatives à la variation de vitesse des machines tournantes.</i></p> <p><i>Pour les solutions hydrauliques relatives aux pompes.</i></p>					

<p>→ <i>Un produit ou un système étant fourni et / ou défini par un dossier ou un fichier, son environnement d'utilisation étant précisé et son cahier des charges étant fourni.</i></p> <p>→ <i>La source d'énergie, les actionneurs et le schéma de puissance étant définis, les caractéristiques de fonctionnement étant précisées pour une application donnée.</i></p> <p>Les compétences acquises doivent permettre d' :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>identifier</b> les actionneurs et préactionneurs, incluant leurs commandes, utilisés dans la chaîne d'énergie du système,</li> <li>- <b>identifier</b> et <b>régler</b> les paramètres de commande liés à la variation de vitesse,</li> <li>- <b>extraire</b> de la documentation fournie les valeurs numériques caractéristiques (puissance, couple...) des solutions techniques retenues,</li> <li>- <b>justifier</b> les choix au regard du cahier des charges.</li> </ul>	<p><b>S222 Les actionneurs et préactionneurs associés incluant leurs commandes (1)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caractéristiques d'entrée et de sortie.</li> <li>• Espaces de fonctionnement, réversibilité.</li> <li>• Domaines d'application (gamme de vitesse, précision) et évolutions.</li> </ul> <p><i>Pour les solutions constructives électriques :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>machine à courant continu à excitation séparée ou à aimant permanent,</i></li> <li>- <i>machine synchrone (moteur brushless),</i></li> <li>- <i>machine asynchrone triphasée à cage.</i></li> </ul> <p><i>Pour les solutions constructives hydrauliques et pneumatiques :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>distributeurs,</i></li> <li>- <i>moteurs et vérins hydrauliques.</i></li> </ul>						
<p><b>Commentaires et limitations :</b></p> <p>(1) L'étude des actionneurs, de leur commande et de la distribution d'énergie correspondante ne doit être abordée que dans le contexte d'études de cas pertinents où le cahier de charges spécifie les performances attendues et le contexte de fonctionnement du système.</p>							

S2 Fonctions du produit					
S23 - Transmettre l'énergie					
Compétences attendues	Savoirs et savoir-faire associés	Enseignement abordé en 1 <sup>ère</sup> année			
		Niveaux d'acquisition			
		1	2	3	4
<p>→ Un produit ou un système étant fourni et / ou défini par un dossier ou un fichier, son environnement d'utilisation étant précisé et son cahier des charges étant fourni.</p> <p>→ Tout ou partie du produit étant disponible et les documents techniques étant donnés sous forme de plans, schémas, croquis, modèles virtuels.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>identifier</b> les solutions constructives correspondant à une fonction technique,</li> <li>- <b>énoncer</b> les caractéristiques fonctionnelles d'une solution constructive (jeux, précision, transmission d'efforts, pertes énergétiques...),</li> <li>- <b>justifier</b> un choix constructif au regard du cahier des charges et des exigences techniques et économiques de réalisation,</li> <li>- <b>comparer</b> deux solutions constructives répondant à la même fonction technique pour une application donnée.</li> </ul>	<p><b>S231 Les liaisons mécaniques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nature des liaisons obtenues.</li> <li>• Conditions et surfaces fonctionnelles (mise en position, maintien en position, précision, tenue aux efforts, rigidité...).</li> <li>• Lubrification et étanchéité éventuelles.</li> <li>• Adéquation pièce-matériau-procédé.</li> </ul> <p><i>Pour les solutions constructives :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- assemblages démontables et permanents,</li> <li>- guidages en rotation par glissement et par éléments roulants,</li> <li>- guidages en translation par glissement et par éléments roulants.</li> </ul>				
	<p><b>S232 Les composants mécaniques de transmission</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caractérisation cinématique de la transmission : mobilité, loi d'entrée-sortie, réversibilité.</li> <li>• Puissances d'entrée et de sortie, rendement.</li> <li>• Conditions d'installation et de bon fonctionnement.</li> </ul> <p><i>Pour les solutions constructives suivantes :</i></p> <p><b>. transmissions sans transformation de mouvement :</b></p> <p><i>sans modification de la fréquence de rotation :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- accouplements d'arbres,</li> <li>- embrayages,</li> <li>- coupleurs et limiteurs de couple,</li> <li>- freins.</li> </ul> <p><i>avec modification de la vitesse angulaire :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- poulies, courroie,</li> <li>- chaînes,</li> <li>- engrenages (trains simples et épicycloïdaux, appliqués aux réducteurs et boîtes de vitesses).</li> </ul> <p><b>. transmissions avec transformation de mouvement :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- systèmes vis écrou (avec frottement et avec roulement),</li> <li>- cames, systèmes articulés plans.</li> </ul>				

<b>S2 Fonctions du produit</b>					
<b>S24 - Acquérir et traiter l'information</b>					
<b>Compétences attendues</b>	<b>Savoirs et savoir-faire associés</b>	Enseignement abordé en 1 <sup>ère</sup> année			
		Niveaux d'acquisition ↓			
		1	2	3	4
<p>→ <i>Un produit ou un système étant fourni et /ou défini par un dossier ou un fichier, son environnement d'utilisation étant précisé, les éléments du cahier des charges relatifs à l'acquisition de la grandeur physique et les documents techniques relatifs aux composants de la chaîne d'acquisition étant fournis.</i></p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>identifier</b> les capteurs utilisés dans la chaîne d'information du système,</li> <li>- <b>définir</b> la nature des informations d'entrée et de sortie du capteur,</li> <li>- <b>justifier</b> leur choix au regard du cahier des charges,</li> <li>- <b>extraire</b> de la documentation fournie les valeurs numériques caractéristiques des solutions techniques retenues.</li> </ul> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>identifier</b> les différents constituants matériels de la chaîne d'information et les fonctions techniques réalisées,</li> <li>- <b>décrire</b> et <b>représenter</b> les évolutions temporelles et fréquentielles des signaux le long de la chaîne d'information.</li> </ul>	<p><b>S241 Les capteurs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Place du capteur dans la chaîne d'information.</li> <li>• Fonctions de base et structure fonctionnelle de la chaîne d'acquisition de l'information.</li> <li>• Typologie des informations d'entrée et de sortie.</li> <li>• Caractéristiques métrologiques : étendue de mesure, sensibilité, résolution et fidélité, temps de réponse.</li> <li>• Contraintes de montage et de réglage.</li> </ul> <p><i>Pour des solutions constructives telles que capteurs de position, vitesse, effort, accélération...</i></p>				
	<p><b>S242 Les capteurs intelligents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Typologie des informations d'entrée et de sortie.</li> <li>• Caractéristiques métrologiques et intrinsèques (capacité de calcul, possibilité de communication).</li> </ul> <p><i>Pour des solutions constructives telles que capteurs de position, vitesse, effort, accélération...</i></p>				
	<p><b>S243 Le traitement de l'information captée</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtrage analogique et numérique.</li> <li>• Amplification.</li> <li>• Mise en forme à seuils.</li> <li>• Transposition de signaux en fréquence.</li> <li>• Conversions A/N (CAN / CNA).</li> </ul> <p><i>Pour les solutions constructives relatives aux mesures de position, vitesse, effort, accélération...</i></p>				

<p>→ <i>Sur un équipement réel donné, une proposition de modification du fonctionnement d'une partie du système étant formulée, le modèle de commande et les frontières de l'étude étant définis.</i></p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>modifier</b> la spécification comportementale à l'aide d'un éditeur (interface de développement rapide),</li> <li>- <b>implanter</b> le programme modifié dans le composant cible et <b>tester</b> le fonctionnement.</li> </ul> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>justifier</b> le choix d'un support au regard du cahier des charges de la transmission.</li> </ul>	<p><b>S244 Les systèmes programmables</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Structure fonctionnelle et architecture matérielle (unité centrale, entrée - sortie, mémoires, FPGA, bus d'adresses, de données).</li> <li>• Structure logicielle et mise en œuvre de la chaîne de développement (1).</li> </ul> <p><i>Pour les solutions constructives :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i> systèmes à base de microcontrôleur,</i></li> <li>- <i> automate programmable industriel.</i></li> </ul>					
	<p><b>S245 Le transport de l'information</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caractéristiques principales (bande passante, atténuation, immunité aux bruits...).</li> <li>• Mise en œuvre.</li> </ul> <p><i>Pour les solutions électriques :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i> câbles coaxiaux et plats,</i></li> <li>- <i> paires torsadées.</i></li> </ul> <p><i>Pour les solutions optiques relatives aux fibres monomode et multimode.</i></p>					
<p><b>Commentaires et limitations :</b>  (1) Le développement se fait à l'aide d'outils graphiques uniquement.</p>						

S3 Comportement des systèmes : outils et modèles					
S31 - La chaîne d'énergie					
Compétences attendues	Savoirs et savoir-faire associés	Enseignement abordé en 1 <sup>ère</sup> année			
		Niveaux d'acquisition			
		1	2	3	4
<p>→ <i>Un produit ou un système étant fourni et / ou défini par un dossier ou un fichier, son environnement d'utilisation étant précisé, son cahier des charges étant fourni.</i></p> <p>Les compétences acquises doivent permettre d' :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>effectuer</b> des <b>calculs</b> et des <b>mesures</b> de courants, tensions, puissances, facteur de puissance, contenu harmonique et taux de distorsion.</li> </ul> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>choisir</b> un convertisseur selon les transferts énergétiques de l'application,</li> <li>- <b>déterminer</b> les grandeurs énergétiques des éléments fonctionnels de la chaîne d'énergie (puissances d'entrée et de sortie, rendement, facteur de puissance),</li> <li>- <b>analyser</b> le fonctionnement d'un convertisseur (formes d'ondes des tensions et des courants),</li> <li>- <b>justifier</b> le choix des semi-conducteurs utilisés en s'appuyant sur les caractéristiques principales (réversibilité, limites en courant et tension) issues de documents techniques,</li> <li>- <b>exploiter</b> les modèles proposés pour la détermination des pertes dans les redresseurs à diodes et <b>choisir</b> un refroidisseur.</li> </ul>	<p><b>S311 Les sources d'énergie électrique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les sources alternatives distribuées : <ul style="list-style-type: none"> <li>- tension, fréquence, puissance de court-circuit,</li> <li>- stabilité, disponibilité, qualité de l'énergie.</li> </ul> </li> <li>• L'adaptation des niveaux de tension et l'isolation galvanique par transformateur monophasé (supposé parfait).</li> <li>• Les sources continues : tension, courant de court-circuit, capacité.</li> </ul>				
	<p><b>S312 La conversion statique d'énergie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les principes de la conversion statique : Règles de base : association de sources (tension ou courant), mode de commutation des interrupteurs (interrupteurs 2 ou 3 segments), conversion directe ou indirecte.</li> <li>• La commutation de puissance dans les semi-conducteurs (1) : Caractéristiques statiques et dynamiques, critères de choix.</li> <li>• Les convertisseurs (2) : <ul style="list-style-type: none"> <li><i>De l'alternatif au continu :</i> redresseur non commandé sur charge inductive (conduction continue) en : <ul style="list-style-type: none"> <li>- monophasé (PD2 uniquement),</li> <li>- triphasé (PD3 seulement).</li> </ul> </li> <li>redresseur MLI monophasé.</li> <li><i>Du continu au continu (conduction continue sur charge RLE) (3) :</i> hacheur série, hacheurs parallèle, réversible en tension, en courant et quatre quadrants.</li> <li><i>Du continu à l'alternatif :</i> onduleurs autonomes de tensions triphasées (MLI).</li> </ul> </li> <li>• La dissipation de puissance dans les redresseurs à diodes (4) : pertes en conduction, refroidissement.</li> <li>• Le filtrage de la tension et lissage du courant par composants passifs (5).</li> </ul>				

<p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>déterminer</b> la nature de l'actionneur (MCC, MS ou MAS),</li> <li>- <b>identifier</b> les régimes de fonctionnement mécanique (fonctionnement dans 1, 2 ou 4 quadrants),</li> <li>- <b>choisir</b> le convertisseur et sa commande (couple, vitesse, mixte) adaptés aux spécifications de l'application,</li> <li>- <b>établir</b> les flux d'énergie mis en jeu selon les différents modes de fonctionnement,</li> <li>- <b>déterminer</b> les grandeurs énergétiques des éléments fonctionnels de la chaîne d'énergie (puissances d'entrée et de sortie, rendement).</li> </ul>	<p><b>S313 La conversion électromécanique d'énergie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les actionneurs : <ul style="list-style-type: none"> <li>- principes de conversion électromécanique utilisés dans les actionneurs électriques,</li> <li>- schéma équivalent électrique simplifié,</li> <li>- caractéristiques mécaniques des actionneurs,</li> <li>- pertes et rendements,</li> <li>- principes de contrôle des convertisseurs associés pour la commande en couple ou en vitesse des actionneurs (6).</li> </ul> </li> </ul> <p><i>Pour les solutions constructives :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- machine à courant continu à aimant permanent ou à excitation séparée,</li> <li>- machine synchrone (moteur brushless),</li> <li>- machine asynchrone triphasée à cage.</li> </ul>	
<p>→ Un produit ou un système étant fourni et/ou défini par un dossier ou un fichier, son environnement d'utilisation étant précisé.  → Le cahier des charges du produit ou du système étant fourni.  → Une documentation si nécessaire étant donnée.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>définir</b> les frontières de l'étude et les données d'entrée,</li> <li>- <b>faire</b> les hypothèses simplificatrices nécessaires et <b>proposer</b> un modèle d'étude adapté,</li> <li>- <b>justifier</b> un modèle d'étude proposé pour une situation donnée,</li> <li>- <b>élaborer</b> un paramétrage dans des cas simples,</li> <li>- <b>identifier</b> les sollicitations appliquées,</li> <li>- <b>choisir</b> une méthode d'étude ou</li> </ul>	<p><b>S314 La détermination des lois de mouvement</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notion de solide.</li> <li>• Notion de mouvement.</li> <li>• Repère, coordonnées, paramétrage.</li> <li>• Trajectoire d'un point d'un solide.</li> <li>• Caractérisation du mouvement d'un solide par rapport à un repère.</li> <li>• Vecteur position, vitesse, accélération.</li> <li>• Composition des vecteurs vitesse.</li> <li>• Champ des vecteurs vitesse pour un solide.</li> <li>• Caractérisation des chaînes cinématiques.</li> <li>• Torseur cinématique associé à une liaison.</li> <li>• Liaison équivalente à une association de 2 liaisons en série ou en parallèle.</li> <li>• Loi d'entrée-sortie d'un mécanisme.</li> </ul> <p><b>S315 La détermination des actions mécaniques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modélisation des actions mécaniques.</li> <li>• Nature : de contact, à distance (gravité, magnétique).</li> <li>• Modèle local du contact (notion de densité surfacique de charge, modèles de répartition sur une surface de contact, valeur seuil de pression de matage, critère énergétique pV, sans frottement, avec frottement (glissement et adhérence), lois de Coulomb.</li> <li>• Modèle global des actions transmissibles par une liaison parfaite ou non (torseur associé).</li> <li>• Association des pièces et de liaisons.</li> </ul>	

un outil de calculs et **appliquer** un principe ou une loi pour déterminer les grandeurs physiques utiles,

- **comparer** les résultats obtenus au comportement réel et, éventuellement, **interpréter** les écarts,
- **dimensionner** une pièce et/ou **modifier** sa géométrie,
- **interpréter** les résultats obtenus dans le cas de sollicitations simples telles que : traction, torsion et flexion plane simples.

- Liaison équivalente à une association de 2 liaisons en série ou en parallèle.
- Comportement des mécanismes (degré de mobilité, degré d'hyperstatisme, isostaticité).

#### **Approche statique d'un problème :**

- condition d'équilibre,
- conditions d'utilisation et application du Principe Fondamental de la Statique,
- théorème des actions mutuelles,
- méthodologie : isolement, bilan des actions mécaniques extérieures, application du PFS.

#### **Approche dynamique d'un problème :**

- grandeurs inertielles (centre d'inertie, opérateur d'inertie et matrice associée, théorème de Huygens),
- grandeurs cinétiques (torseur cinétique, torseur dynamique, énergie cinétique),
- conditions d'utilisation et application du Principe Fondamental de la Dynamique par rapport à un repère galiléen,
- méthodologie : isolement, bilan des actions mécaniques extérieures, application du PFD.

#### **Approche énergétique d'un problème :**

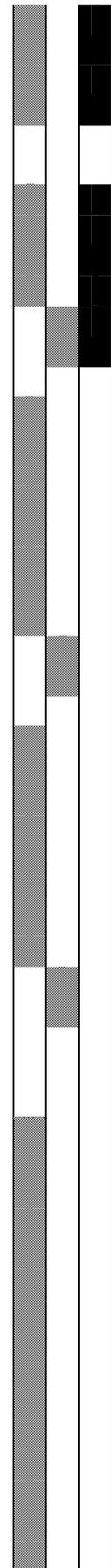
- puissance développée par les actions mécaniques extérieures au système isolé dans son mouvement par rapport à un référentiel,
- puissance échangée entre les pièces à l'intérieur du système isolé,
- utilisation du Théorème de l'Energie Cinétique Galiléenne,
- notion de pertes de puissance, rendement global,
- méthodologie : isolement, bilan des puissances, application du TEGC.

### **S316 Le dimensionnement des pièces mécaniques d'un système**

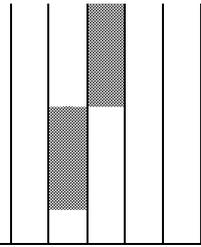
- Hypothèses de la Résistance des Matériaux : modèle « poutre », sur les matériaux, de Navier-Bernoulli et de Barré de Saint Venant.
- Contraintes, déformations, lois de comportement.
- Torseur de cohésion.
- Vecteur contrainte pour une facette de normale la ligne moyenne de la poutre, composante normale et tangentielle.
- Lois de Hooke.

#### **Sollicitations simples :**

- traction – Compression,
- torsion (cas des poutres à section droite circulaire),
- flexion simple,



- conditions de résistance (résistance pratique à l'élongation et au glissement, coefficient de sécurité, concentration de contrainte,
- notions d'élasticité plane (maillage, conditions aux limites, chargement, courbes isovaleurs, contraintes de Tresca et de Von Mises).

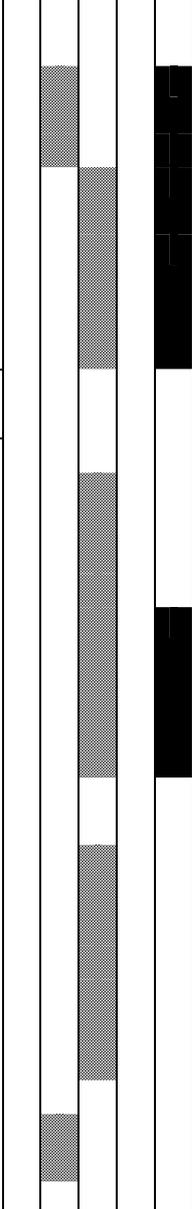


**Commentaires et limitations :**

- (1) Les études se limitent à la diode, au transistor MOS et à l'IGBT.
- (2) Les alimentations à découpage ne sont pas au programme.
- (3) On supposera que la constante de temps de la charge est très supérieure à la période du hacheur, le courant sera donc linéarisé.
- (4) On évoquera les pertes dans les autres convertisseurs mais leur détermination dépasse le cadre de ce programme.
- (5) Le redresseur à capacité en tête est exclu.
- (6) La commande vectorielle et la transformée de Park sont hors programme.

S3 Comportement des systèmes : outils et modèles					
S32 - La chaîne d'information					
Compétences attendues	Savoirs et savoir-faire associés	Enseignement abordé en 1 <sup>ère</sup> année			
		Niveaux d'acquisition			
		1	2	3	4
<p>→ <i>Un produit ou un système étant fourni et / ou défini par un dossier ou un fichier, son environnement d'utilisation étant précisé, les éléments du cahier des charges relatifs à la chaîne d'information et les documents techniques relatifs à ses composants étant fournis.</i></p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>analyser</b> et de <b>mettre en œuvre</b> à partir du cahier des charges des associations de fonctions de l'électronique réalisant un conditionnement du signal issu d'un capteur, un dispositif de mesures ou une conversion de grandeurs,</li> <li>- <b>donner</b> l'algorithme (relation de récurrence) d'un filtre numérique équivalent à un filtre analogique défini par sa fonction de transfert et <b>valider</b> son comportement (utilisation d'un logiciel de traitement numérique).</li> </ul>	<p><b>S321 Le conditionnement du signal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amplification : gains en tension, en courant, en puissance, impédances d'entrée et de sortie, bande passante, linéarité.</li> <li>• Mise en forme à seuils : comparateurs simple et à hystérésis.</li> <li>• Fonctions linéaires à base d'amplificateurs linéaires intégrés : sommation, soustraction, intégration, dérivation.</li> <li>• Filtrage analogique (1) : gabarit des filtres idéaux, réalisation de filtres passifs type passe bas (source parfaite) et de filtres actifs.</li> <li>• Conversion analogique / numérique : <ul style="list-style-type: none"> <li>- caractéristiques et réalisation de la fonction "échantillonneur - bloqueur",</li> <li>- convertisseurs à rampes multiples,</li> <li>- convertisseurs de structure Flash.</li> </ul> </li> <li>• Filtrage numérique (2) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- structures des filtres récurrents,</li> <li>- transposition du filtre analogique en filtre numérique par discrétisation de l'équation différentielle.</li> </ul> </li> </ul>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>valider</b> le type de modulation au regard du cahier des charges de la transmission en terme de bande passante, de débit ou de rapport signal sur bruit.</li> </ul>	<p><b>S322 La transmission de l'information</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modes de transmission : série, parallèle.</li> <li>• Modulation et démodulation d'amplitude analogique.</li> <li>• Modulation en largeur d'impulsion (PWM).</li> </ul>			
<p>→ <i>Un système de communication étant donné et / ou défini par un dossier, la documentation technique associée étant fournie.</i></p> <p>Les compétences acquises doivent permettre d' :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>identifier</b> dans une trame ou un paquet les différents champs,</li> <li>- <b>identifier</b> dans les champs d'une</li> </ul>	<p><b>S323 Les réseaux</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eléments de base des réseaux numériques : environnement matériel et logiciel.</li> <li>• Envoi des données sur le réseau : découpage des messages en paquets et en trames.</li> <li>• Structure d'un paquet ou d'une trame type : découpage en champs (champ de début de trame, champ d'identification, champ de données, champ de contrôle).</li> <li>• Les différents réseaux : notions de protocole (TCP/IP, CAN, Modbus, ...).</li> </ul>				

<p>trame ou d'un paquet l'émetteur de l'information,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>décoder</b> une information contenue dans le champ des données afin d'en donner sa valeur dans le système international de mesure,</li> <li>- <b>vérifier</b>, dans le champ de contrôle, si la transmission est exécutée sans erreur.</li> </ul>						
<p>→ <i>Un produit ou un système étant fourni et / ou défini par un dossier ou un fichier, son environnement d'utilisation étant précisé.</i>  → <i>Le cahier des charges du produit du système ou d'une partie combinatoire étant fourni.</i>  → <i>éventuellement, un système combinatoire dont le fonctionnement est observable ou décrit par une représentation fonctionnelle et la liste des entrées-sorties étant définies.</i></p> <p>Les compétences acquises doivent permettre à partir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>exprimer</b> le fonctionnement par un graphe d'état,</li> <li>- <b>analyser et décrire</b> le fonctionnement attendu,</li> <li>- <b>réaliser</b> les fonctions logiques ou <b>coder</b> le programme,</li> <li>- <b>tester</b> la réalisation,</li> <li>- <b>valider</b> le fonctionnement, en conformité avec le cahier des charges.</li> </ul>	<p><b>S324 Le comportement des systèmes logiques combinatoires (3)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notion de système combinatoire.</li> <li>• Opérateurs logiques de base.</li> <li>• Synthèse d'une fonction logique : réalisation matérielle à l'aide de composants intégrés ou programmables.</li> </ul> <hr/> <p><b>S325 Le comportement des systèmes logiques séquentiels (3)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notion de système séquentiel (notions d'état et de variable d'état).</li> <li>• Opérateurs séquentiels de base : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Compteur synchrone.</li> <li>○ Registres à décalage, mémoires.</li> </ul> </li> <li>• Représentation comportementale d'un système automatique (GRAFCET, logigramme...).</li> </ul>					
<p>→ <i>A partir d'un système linéaire continu et invariant défini par un schéma de structure ou par une réalisation industrielle.</i></p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>justifier</b> un modèle simple de comportement en reliant les coefficients de la fonction de</li> </ul>	<p><b>S326 Le comportement des systèmes asservis (4)</b></p> <p><b>S3261 La modélisation d'un système asservi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction - aspect généraux : <ul style="list-style-type: none"> <li>- buts et motivations, exemples,</li> <li>- définition et structure d'un système asservi (chaîne directe, de retour, ...),</li> <li>- consigne et perturbations,</li> <li>- régulation et poursuite,</li> <li>- définition des performances (rapidité, précision et stabilité).</li> </ul> </li> </ul>					

<p>transfert à certains paramètres physiques du système (notion de modélisation linéaire autour d'un point de fonctionnement),</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>vérifier</b> la cohérence du modèle choisi avec des résultats d'expérimentation,</li> <li>- <b>déterminer</b> les fonctions de transfert en boucle ouverte et en boucle fermée d'un système à partir de la connaissance des diverses fonctions de transfert le constituant,</li> <li>- <b>tracer</b> dans le plan de Bode les fonctions de transfert,</li> <li>- <b>identifier</b> un système à partir d'une courbe de réponse indicielle et <b>donner</b> un modèle de représentation,</li> <li>- <b>analyser</b> la stabilité d'un système,</li> <li>- <b>déterminer</b> la précision en régime permanent,</li> <li>- <b>analyser</b> l'influence d'un correcteur P, PI et PID sur un système sous l'aspect temporel et fréquentiel (influence sur le diagramme de Bode uniquement).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modélisation et comportement des systèmes linéaires, continus et invariants : <ul style="list-style-type: none"> <li>- notions de systèmes linéaires, continus et invariants,</li> <li>- modélisation par équations différentielles,</li> <li>- représentations par fonction de transfert (forme canonique, gain, ordre et classe),</li> <li>- systèmes du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>nd</sup> ordre : réponses temporelle (échelon, rampe et signal sinusoïdal) et fréquentielle (diagramme de Bode).</li> </ul> </li> </ul>	
<p><b>S3262 Le contrôle et la commande d'un système asservi</b></p>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes linéaires, continus et invariants : <ul style="list-style-type: none"> <li>- représentation par schémas – blocs,</li> <li>- fonctions de transfert en boucle ouverte et en boucle fermée,</li> <li>- influence des perturbations.</li> </ul> </li> <li>• Identification des systèmes linéaires continus et invariants : modélisation et identification à l'aide d'une réponse indicielle et/ou d'une réponse harmonique pour les systèmes du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>nd</sup> ordre.</li> <li>• Analyse des performances d'un système asservi : <ul style="list-style-type: none"> <li>- stabilité : en BO (marges de phase et de gain dans le plan de Bode, et dans le plan de Nyquist), en BF (étude des pôles),</li> <li>- précision : écart statique permanent,</li> <li>- effet d'une action intégrale dans la chaîne directe,</li> <li>- rapidité : temps de réponse à 5 %.</li> </ul> </li> <li>• Correction des systèmes asservis (5) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- effets sur les performances,</li> <li>- régulateurs P, PI et PID.</li> </ul> </li> </ul>	
<p><b>Commentaires et limitations :</b></p> <p>(1) On limite l'étude aux filtres du premier et du second ordre.</p> <p>(2) La transformée en z n'est pas au programme. On limite l'étude aux filtres passe - bas du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>nd</sup> ordre.</p> <p>(3) La réduction des équations logiques n'est plus au programme. Le langage VHDL n'est pas au programme. On choisira des outils de développement et de simulation disposant d'une bibliothèque de composants très étendue permettant de concevoir graphiquement le logigramme de la fonction à réaliser. Ce dernier sera compilé pour créer le fichier de programmation JEDEC en fonction du PLD.</p> <p>(4) L'outil mathématique utilisé est la transformée de LAPLACE. Sa présentation se limite à son énoncé et aux propriétés du calcul symbolique strictement nécessaire à ce cours. Les théorèmes des valeurs finale et initiale seront donnés sans démonstration. La transformée de Laplace inverse est hors programme.</p> <p>(5) La synthèse des correcteurs est hors programme. Les outils de simulation permettent le passage rapide entre l'étude temporelle et l'étude fréquentielle.</p>		

<b>S4 Représentation des produits et démarche de conception</b>					
<b>S41 – La représentation des produits</b>					
<b>Compétences attendues</b>	<b>Savoirs et savoir-faire associés</b>	Enseignement abordé en 1 <sup>ère</sup> année			
		Niveaux d'acquisition			
		1	2	3	4
<p>→ <i>Tout ou partie d'un produit ou d'un système étant fourni avec son cahier des charges et les documents techniques utiles. Les moyens de mesure électriques étant disponibles.</i></p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>interpréter</b> le spectre des amplitudes fourni par un module FFT associé à un oscilloscope numérique et <b>justifier</b> le choix de la durée d'observation,</li> <li>- <b>mettre en place</b> le mesurage des signaux (choix des appareils en fonctions des grandeurs caractéristiques à relever).</li> </ul>	<p><b>S411 La représentation des signaux</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Représentation logique (positive, négative, binaire, hexadécimale).</li> <li>• Représentations temporelle et fréquentielle, représentation dans le plan complexe.</li> <li>• Dualité temps / fréquence des signaux déterministes (signaux périodiques et signaux transitoires).</li> <li>• Représentation dans le domaine fréquentiel d'un bruit « blanc ».</li> </ul>				
	<p><b>S412 La schématisation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma cinématique.</li> <li>• Schéma technologique.</li> <li>• Schémas pneumatique et hydraulique.</li> <li>• Schéma électrique.</li> <li>• Schéma électronique.</li> <li>• Schéma informatique (description graphique).</li> <li>• Graphe fonctionnel états et transitions.</li> </ul>				
<p>→ <i>Tout ou partie d'un produit ou d'un système étant fourni et/ou défini par un dossier ou un fichier, sous forme de schéma, de dessin, les normes étant à disposition.</i></p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>décoder</b> les documents fournis et <b>identifier</b> les constituants représentés.</li> </ul>	<p><b>S413 La représentation géométrique du réel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dessin et croquis à main levée d'une solution.</li> <li>• Représentation d'une solution constructive en 3D par un modèle volumique paramétré variationnel.</li> <li>• Modes de création de pièces.</li> <li>• Relations entre paramètres géométriques et conditions fonctionnelles.</li> <li>• Assemblage sous contrainte.</li> <li>• Utilisation de bibliothèques d'éléments standard.</li> </ul>				
	<p>→ <i>Tout ou partie du cahier des charges d'un produit ou d'un système étant fourni, la frontière de l'étude étant définie.</i></p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>représenter</b> tout ou partie du produit sous forme de croquis ou de schéma et <b>exprimer</b> les</li> </ul>				

fonctionnalités attendues (mise en position, contraintes d'assemblage...), - <b>élaborer</b> la maquette numérique de la partie étudiée du produit en intégrant les contraintes fonctionnelles d'assemblage.							
---	--	--	--	--	--	--	--

<b>S4 Représentation des produits et démarche de conception</b>		Enseignement abordé en 1 <sup>ère</sup> année			
<b>Compétences attendues</b>	<b>Savoirs et savoir-faire associés</b>	Niveaux d'acquisition			
		1	2	3	4
→ <i>Le cahier des charges et tout ou partie du dossier de définition d'un produit étant fournis.</i> → <i>Les données et caractéristiques sur les matériaux et procédés étant disponibles.</i> Les compétences acquises doivent permettre de :	<b>S421 Les composantes de la compétitivité des produits</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Normalisation, standardisation.</li> <li>Traçabilité des études.</li> <li>Notion de chaîne numérique.</li> <li>Relation conception - industrialisation - production et contrôle.</li> </ul>				
Les compétences acquises doivent permettre de :	<b>S422 L'adéquation Produit - Matériau - Procédé</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Matériaux des produits et systèmes.</li> <li>Caractéristiques : structure, propriétés physico-chimiques (conductibilité, masse volumique, résistance à la corrosion), propriétés mécaniques (résistance, dureté, résilience).</li> <li>Classes de matériaux : désignation, domaine d'utilisation.</li> </ul> <i>Pour les classes de matériaux suivantes :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>matériaux métalliques,</li> <li>matériaux polymères et élastomères,</li> <li>matériaux composites.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Procédés d'obtention des produits.</li> <li>Principe du procédé.</li> <li>Paramètres influents sur le procédé : matériau, brut capable, géométrie, précision.</li> <li>Influences sur les propriétés du matériau.</li> <li>Principes des outillages associés.</li> </ul> <i>Pour les procédés suivants :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>moulage par gravité et sous pression,</li> <li>déformation : forgeage, estampage, emboutissage, pliage,</li> <li>enlèvement de matière : usinage, UGV,</li> <li>soudage,</li> <li>découpage : poinçonnage, oxycoupage, laser, jet d'eau.</li> </ul>				

<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>proposer</b>, à partir du tracé des groupes de surfaces fonctionnelles d'une pièce, un tracé et un moyen d'obtention du « brut capable » en justifiant les adaptations de tracé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Démarche de choix du couple matériau – procédé.</li> <li>• Caractérisation d'un produit à partir de son cahier des charges.</li> <li>• Contraintes techniques et économiques du couple matériau-procédé.</li> </ul>					
<b>S423 La définition du produit</b> <b>Cotation et tolérancement normalisés</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Défauts géométriques des pièces.</li> <li>• Conditions fonctionnelles des assemblages et guidages.</li> <li>• Spécification du produit selon les normes en vigueur.</li> </ul>						

<b>S4 Représentation des produits et démarche de conception</b>						
<b>S43 – La démarche de réalisation et de qualification</b>						
<b>Compétences attendues</b>	<b>Savoirs et savoir-faire associés</b>	<b>Enseignement abordé en 1<sup>ère</sup> année</b>				
		<b>Niveaux d'acquisition</b>				
		1	2	3	4	
<p>→ <i>Un dessin de définition étant fourni.</i></p> <p>→ <i>Les documents techniques des machines et appareillages additionnels étant donnés sous forme de plans, schémas, croquis, notices, modèles virtuels, animations.</i></p> <p>→ <i>Les documents d'industrialisation et le choix technique de production étant fournis.</i></p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>décrire</b> le principe d'obtention de la géométrie de la pièce considérée à l'aide d'un procédé numérisé.</li> </ul>	<p><b>S431 Les principes de réalisation intégrés dans la « chaîne numérique »</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition d'un axe numérique.</li> <li>• Repérage normalisé des différents axes numérisés.</li> <li>• Architecture fonctionnelle d'une machine à commande numérique à n axes.</li> <li>• Organisation d'une opération élémentaire de production par moyen numérique (repères, origines, vecteur déplacement, ...).</li> </ul>					
<p>→ <i>Un dessin de définition étant fourni.</i></p> <p>→ <i>Les documents techniques des appareils étant donnés sous forme de plans, schémas, croquis, notices, modèles virtuels étant donnés.</i></p> <p>→ <i>Des relevés ou feuilles de résultat étant fournis.</i></p> <p>→ <i>Les normes ISO nécessaires étant</i></p>	<p><b>S432 La qualification du produit (1)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériels de contrôle et de mesurage dits « conventionnels » et leurs techniques d'emploi.</li> <li>• Structure fonctionnelle d'une machine à mesurer tridimensionnelle.</li> <li>• Méthodologie de mesurage pour des spécifications de forme, d'orientation et de position.</li> <li>• Etats de surface (rugosité).</li> </ul>					

fournies.

Les compétences acquises doivent permettre d' :

- **interpréter** une spécification du dessin de définition du produit fini,
- **proposer** une méthode de mesurage et l'organisation d'une situation de contrôle,
- **interpréter** des résultats,
- **énoncer** une décision de qualification du produit ou pièce pour la spécification concernée.

**Commentaires et limitations :**

(1) Les études de méthode de mesurage seront limitées aux spécifications dimensionnelles, aux spécifications géométriques (planéité, circularité, perpendicularité, coaxialité, localisation, symétrie) avec un système de référence réduit à deux références (primaire et secondaire) et à l'exclusion du battement, de la référence spécifiée commune et du maxi-matière.

# Lexique

**SADT** : System Analysis Design Technic = description de systèmes complexes par les flux de matières d'œuvre, d'énergies et d'informations

**FAST** : Function Analys System Technic = description, sous forme d'un diagramme, des fonctions de service et des fonctions techniques

**CdCF** : Cahier des Charges Fonctionnel (NFX 50-151) = document dans lequel le client exprime son besoin

**PD2, PD3** : Pont à Diodes 2 alternances, Pont à Diodes Triphasé

**MLI** : Modulation de Largeur d'Impulsions

**RLE** : Résistance (**R**), Inductance (**L**), Force contre-électromotrice (**E**)

**MOS** : Metal Oxyde Semi-conducteur

**IGBT** : Insulated Gate Bipolar Transistor

**PWM** : Pulse Width Modulation = MLI

**TCP/IP** : Transmission Control Protocol / Internet Protocol

**CAN** : 1 – Convertisseur Analogique Numérique

2 – Controler Area Network

**P, PI, PID** : Proportionnel, Intégral, Dérivé

**VHDL** : VHSIC High-Level Description Language

**VHSIC** : Very High Scale Integrated Circuit

**JEDEC** : Joint Electronic Devices Engineering Council = Organisation de la normalisation en matière de circuits intégrés

**PLD** : Programmable Logic Device

**FFT** : Fast Fourier Transformer

**UGV** : Usinage à Grande Vitesse = désignation donnée aux machines dont la fréquence de rotation de la broche est supérieure à 10 000 tours/min environ.