

collection Lycée
série Accompagnement des programmes

Initiation aux sciences de l'ingénieur

Informatique et systèmes de production

classe de seconde générale et technologique

Sciences de l'ingénieur

cycle terminal de la série scientifique

Ministère de la Jeunesse, de l'Éducation nationale et de la Recherche
Direction de l'enseignement scolaire

applicable à la rentrée 2002

Centre national de documentation pédagogique

Ce document a été rédigé par le groupe d'experts sur les programmes scolaires des enseignements technologiques :

Président

Marc BONIS professeur des universités, université technologique de Compiègne

Membres

Michel AUBLIN inspecteur général de l'Éducation nationale
Christian BESSET professeur, lycée Turgot à Limoges
Francis BINET professeur, lycée polyvalent à Châtenay-Malabry
René BONCOMPAIN professeur, lycée La Martinière-Monplaisir à Lyon
François CAVAGNA professeur, lycée de la Plaine-de-l'Ain à Ambérieu
Jean-Jacques DUMERY professeur, lycée Baggio à Lille
Gérard DUVIVIER professeur, lycée Val-de-Murigny à Reims
Brigitte FERRY professeur, lycée Jules-Richard à Paris
Claude FAURE professeur, lycée Arbez-Carme à Bellignat
Bernard GILABERT professeur, lycée Louis-Rascal à Albi
Maurice GEREY professeur, lycée Parc-Chabrières à Oullins
Bernard LACAGE professeur, lycée Marie-Curie à Nogent-sur-Oise
Patrick NATAF professeur, lycée du Bâtiment à Paris
Jean NAVARRO professeur, lycée de la Plaine-de-l'Ain à Ambérieu
Christian PANETTO professeur, lycée Parc-Vilgénis à Massy
Bernard ROYANNAIS inspecteur d'académie – inspecteur pédagogique régional, académie de Toulouse
Dominique TARAUD inspecteur d'académie – inspecteur pédagogique régional, académie d'Orléans-Tours
Jean-Paul TRICHARD professeur, lycée Caraminot à Égletons

Coordination : Sylvain CHANRAUD, bureau du contenu des enseignements (direction de l'enseignement scolaire)

Suivi éditorial : Christianne Berthet

Secrétariat d'édition : Nicolas Gouny

Maquette de couverture : Catherine Villoutreix

Maquette : Fabien Biglione

Mise en pages : Jacques Zahles, HEXA Graphic

© CNDP, octobre 2002

ISBN : 2-240-000857-1

ISSN : 1624-5393

Sommaire

Avertissement.....	5
--------------------	---

Initiation aux sciences de l'ingénieur

classe de seconde générale et technologique

Orientations générales	9
Organisation de l'enseignement et aspects méthodologiques	11
Les centres d'intérêt.....	13
L'organisation et la conduite du miniprojet.....	21
La communication technique et le travail en équipe	23

Informatique et systèmes de production

classe de seconde générale et technologique

Orientations générales	27
Système de production de biens, d'ouvrages de services.....	29
Réflexions et pistes pédagogiques.....	35

Sciences de l'ingénieur

cycle terminal de la série scientifique

Orientations générales	41
Organisation de l'enseignement	43
Les travaux pratiques.....	51
L'approche système	55
Axes principaux de la formation	59
Le projet pluritechnique encadré.....	73
Annexe 1 – Horaire indicatif	75
Annexe 2	
Travaux pratiques – chaînes d'énergie.....	76
Travaux pratiques – chaînes d'information	84
Travaux pratiques – analyse fonctionnelle.....	90
Travaux pratiques – représentation du réel	92

Guide d'équipement d'un laboratoire de sciences de l'ingénieur

Objectifs du guide d'équipement	97
Définition des zones d'activité	99
Architecture et spécifications techniques des locaux	101
Équipement	104
Budget d'investissement.....	112

Avertissement

Ce livret contient tous les documents produits par le groupe d'expert en sciences et technologies industrielles. Ces travaux ont été réalisés pour accompagner la mise en œuvre des nouveaux programmes des options technologiques dans les lycées d'enseignement général et technologique. On y trouve trois documents d'accompagnement et un guide d'équipement.

Initiation aux sciences de l'ingénieur

Ce document a une double vocation : fournir, d'une part, quelques précisions sur les objectifs et les orientations du programme et, d'autre part, apporter des recommandations sur l'organisation de l'enseignement et sa mise en œuvre.

Informatique et système de production

L'approche inductive de ISP exige une bonne définition des postes de travail supports des activités des élèves et une organisation pédagogique compatible avec les contraintes de coût et de diversité des équipements. En conséquence, après un rappel des orientations générales de cet enseignement, ce document d'accompagnement s'attache à expliciter la notion de système de production et de poste de travail intégré, puis donne quelques recommandations pédagogiques et ouvre des pistes pour la mise en œuvre de l'enseignement.

Sciences de l'ingénieur

Ce document est principalement destiné aux professeurs qui sont chargés d'enseigner le contenu de ce programme. Il a donc pour objet, d'une part, de préciser les objectifs et les orientations du programme, et d'autre part, de formuler des recommandations sur l'organisation de l'enseignement et sa mise en œuvre.

Guide d'équipement pour les laboratoires de sciences de l'ingénieur

Ce guide d'équipement constitue une recommandation d'implantation et d'aménagement des locaux de la série scientifique SI pour tous les lycées, dans une démarche réfléchie et évolutive, sans volonté de figer un cadre trop rigide. Il s'adresse d'abord aux instances rectORAles et régionales, aux architectes et bureaux d'études, aux responsables de l'équipement des laboratoires de sciences de l'ingénieur de la série scientifique.

Initiation aux sciences de l'ingénieur

Classe de seconde générale et technologique

Orientations générales

Le programme de l'enseignement de détermination de seconde, initiation aux sciences de l'ingénieur (ISI), s'inscrit dans le cadre général des évolutions scientifiques et techniques et répond à un besoin social, économique et culturel de notre société.

Par la nature et les finalités des activités proposées, comme par l'actualité des supports de formation, il vise à promouvoir l'aspect novateur de la technologie, sa dimension attrayante et le potentiel d'enrichissement intellectuel de l'élève.

Il propose des contenus et des méthodes qui aident les élèves à s'intégrer dans le monde actuel et à participer à ses évolutions. Il contribue en outre, dans le respect des goûts et des talents de chacun, à l'ouverture de leur projet personnel d'orientation vers des formations et des carrières correspondant aux besoins de l'économie. Il s'appuie sur les compétences notionnelles acquises au collège.

De TSA à ISI

Ce nouveau programme correspond à une évolution de celui de technologie des systèmes automatisés (TSA) de 1992, devenu systèmes automatisés en 1999.

Dans sa première version, l'enseignement de TSA s'appuyait sur l'organisation structurée des systèmes techniques automatisés et sur une logique de commande séquentielle de leur fonctionnement. Le programme de 1992, plus structuré, a renforcé ces aspects et a cadré l'utilisation des outils d'analyse fonctionnelle avec une limitation au premier niveau pour un constituant et à la chaîne fonctionnelle élémentaire pour un système automatisé. Cette directive pédagogique a permis de multiplier les postes de travail à objectifs identiques pour une même séance et a facilité la mise en œuvre de cet enseignement.

L'acquisition des connaissances était basée sur l'analyse par l'observation, la manipulation de tout ou partie des systèmes et la représentation des composants. Toutefois, les supports des activités des élèves étaient limités à un seul type de produit : le système automatisé réel ou la maquette à caractère industriel.

Dans le programme actuel d'ISI, si ce type de support demeure largement d'actualité, l'enseignement de la technologie ne peut ignorer les produits que côtoient les élèves dans leur environnement quotidien, qui intègrent souvent les dernières évolutions technologiques (nouveaux matériaux, nouveaux procédés, capteurs et traitement de l'information, intégration et miniaturisation...) et doivent s'adapter aux exigences économiques et sociales du marché (esthétique, confort, environnement...).

En outre, les progrès permanents des outils informatiques, leur simplicité d'accès, leurs potentialités actuelles et leur niveau de diffusion mettent à disposition des ressources techniques et pédagogiques nouvelles.

La figure 1 (page suivante) propose une identification rapide des nouveautés introduites dans le programme d'ISI par rapport à celui de TSA.

Intentions du programme

Avec l'introduction des produits et systèmes « grand public », qui est une réelle évolution, le programme d'ISI a été conçu comme une introduction à la connaissance et à la compréhension des systèmes pluritechniques actuels afin de construire une culture technologique cohérente basée sur la notion de fonction, associant les solutions constructives et leur comportement, dans l'esprit d'une initiation à la conception. À ce niveau de la classe de seconde, on reste cependant dans une logique de découverte et d'analyse de

l'existant, avec une ouverture vers l'approche conceptuelle dans le miniprojet. Il s'agit en particulier d'amener l'élève à donner du sens aux expressions suivantes :

- relation besoin-fonction ;
- solution associée à une fonction technique ;
- paramètre influençant le comportement d'un produit ou d'un système ;
- représentation du réel ;
- travail en équipe et communication technique ;
- logique de projet.

Axes principaux de la formation

La formation s'organise autour de trois grands axes :

- architecture et fonctionnement des produits et systèmes ;
- composants, constituants et solutions constructives ;
- langages, représentations et modèles.

La limitation du nombre de ces axes permet un recentrage permanent de la formation sur des fondamentaux qui permettent, en fonction du projet personnel de chaque élève, de ses acquis et des difficultés rencontrées, de trouver un équilibre entre savoirs et motivation.

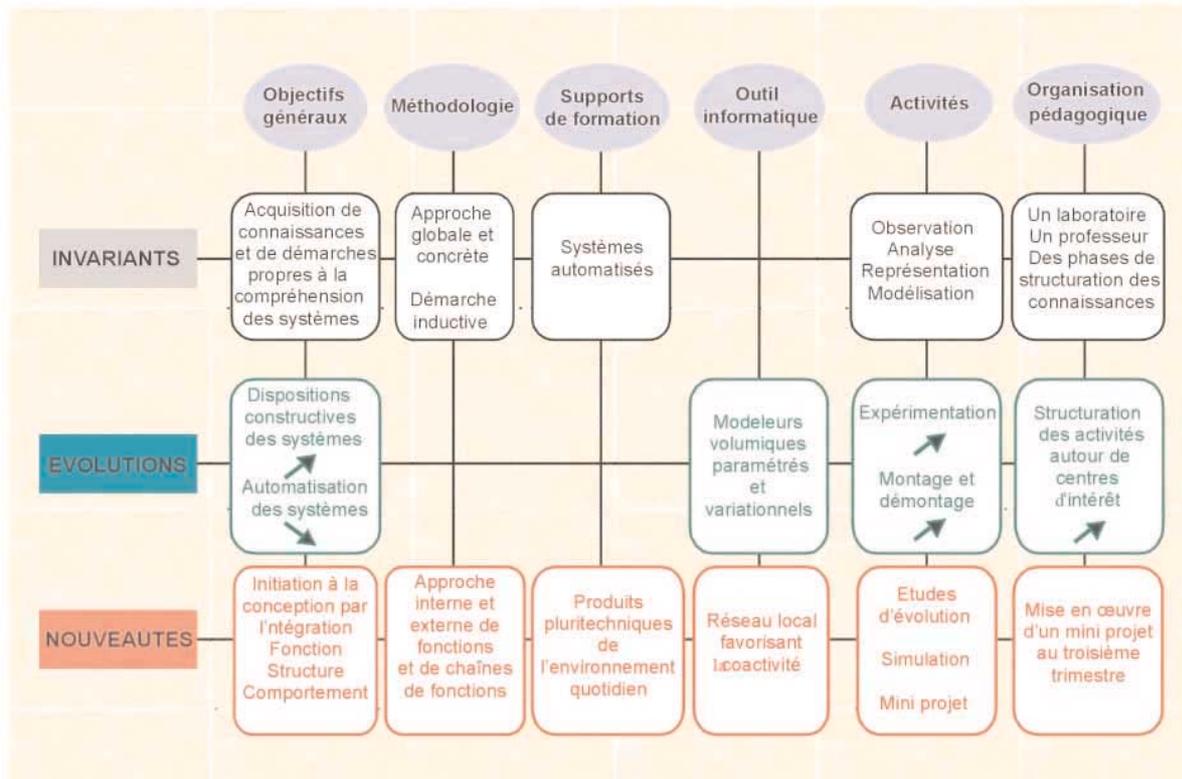


Figure 1. Les nouveautés du programme de ISI.



Organisation de l'enseignement et aspects méthodologiques

Une approche globale et concrète des systèmes techniques

L'enseignement de détermination d'ISI est conduit à partir des objets et systèmes techniques présents dans le laboratoire. Leur approche est réalisée de façon descendante, sous l'angle fonctionnel dans leur domaine d'utilisation en explorant progressivement les solutions techniques puis, lorsqu'ils sont simples, les principes associés à leur fonctionnement. L'activité se veut concrète : l'élève manipule et observe leur fonctionnement. Après avoir distingué clairement la finalité du système ou produit étudié et les fonctions que celui-ci doit remplir, il conduit des investigations à caractère pratique (démontage, réglage, câblage, configuration, mise en fonctionnement...) lui permettant de comprendre l'association des solutions aux fonctions techniques.

Cette démarche amène à un décloisonnement des connaissances traditionnellement trop disciplinaires, et permet, à partir de l'observation et de la mise en œuvre des systèmes, d'appréhender la diversité et la complexité des solutions technologiques. Elle développe progressivement chez l'élève la capacité à comprendre la logique d'une conception, à critiquer certains choix, à comparer des solutions, à appréhender les évolutions techniques et à imaginer de nouveaux agencements, dans un monde où les contraintes d'environnement et d'ergonomie donnent à ces études une dimension citoyenne.

Une organisation générale autour de centres d'intérêts

Les travaux pratiques sont organisés par cycles. Un cycle est la période au bout de laquelle tous les élèves du groupe ont réalisé les activités (parfois différentes) supportant les apprentissages dévolus au cycle. En seconde, la durée maximale d'un cycle est de trois semaines, mais il y a tout avantage à réduire cette durée afin que les leçons de synthèse associées

au cycle soient les plus proches possible des activités pratiques qui sous-tendent les savoirs visés par le cycle. Cette exigence conduit à définir pour chaque cycle de travaux pratiques un ou deux centres d'intérêt qui permettent, par leur programmation réfléchie, une progression cohérente des apprentissages tout au long de l'année.

Une pratique pédagogique qui s'inscrit dans une logique inductive

Cette pratique doit rendre l'élève acteur de sa propre formation par la forte implication qu'elle induit dans les différentes phases de l'apprentissage et plus particulièrement dans les deux situations pédagogiques à privilégier : le travail pratique et le mini-projet.

La pratique d'une démarche inductive nécessite d'avoir identifié, dans le centre d'intérêt traité, les savoirs et compétences essentiels du programme (par leur niveau de difficulté intrinsèque ou par leur poids dans le cursus de formation). L'accès des élèves aux concepts qui les sous-tendent s'effectue par l'observation, la manipulation et la mise en œuvre d'objets et de systèmes réels. Cette démarche inductive étant consommatrice de temps, la construction des cycles de travaux pratiques autour des centres d'intérêt constitue une tâche fondamentale pour l'équipe pédagogique.

Dans la phase de mise en situation, nécessairement courte, le professeur vérifie la bonne compréhension du problème posé et l'appropriation par l'élève des informations et des consignes données, puis ce dernier entre dans une phase active de travail qui doit l'amener à l'expression, à la verbalisation relative au centre d'intérêt abordé et surtout, avec l'aide de l'enseignant, la mise en relation de la solution explorée et du savoir associé.

Les leçons de synthèse, dont on sait que la programmation relève d'une bonne intégration dans les cycles de travaux pratiques, sont des moments essentiels pour la formalisation des savoirs.

En effet, une succession d'activités pratiques ne garantit ni la mise en forme, ni la structuration des connaissances, et la mémorisation ne peut s'appuyer sur le seul enchaînement d'études de cas particuliers. Il est donc important qu'à l'occasion de séances de travaux pratiques un effort de mise en forme des savoirs découverts ou appréhendés soit demandé aux élèves (verbalisation écrite) et qu'à l'occasion des leçons de synthèse, ces savoirs soient structurés et mis en perspective par le professeur.

La démarche de projet en complément

Une nouvelle situation d'apprentissage proposée en ISI est le miniprojet que l'on situera au début du troisième trimestre de l'année scolaire.

Le travail d'équipe que les élèves ont déjà expérimenté au collège trouve sa place dans les activités de travaux pratiques, mais surtout dans la réalisation du miniprojet qui constitue une occasion unique de développer des compétences et qualités spécifiques : aptitude à s'intégrer dans une démarche de projet, à produire sous contrainte de type « cahier des

charges », à partager et échanger dans le cadre de travaux effectués en équipe et de revues de projet pilotées par l'enseignant, à développer une argumentation technique. La partie « miniprojet » de ce document donne des indications pour sa mise en œuvre.

L'évaluation

Le programme précise clairement les compétences attendues et les limites des contenus associés. Les situations d'évaluation peuvent, tout comme les situations de formation, prendre plusieurs formes. En particulier, l'évaluation dans le cadre du miniprojet devra prendre en compte des acquis dans un contexte de travail en équipe.

À cet égard, il paraît utile de rappeler que l'on ne peut évaluer pour attribuer une note, que des savoirs et savoir-faire qui sont supposés avoir été acquis à l'occasion de mises en œuvre de situations d'apprentissages précédemment exploitées. Cela induit qu'il est très difficile pour l'élève de donner du sens à une note qui lui est attribuée lors d'une activité pratique visant à un primo-apprentissage.

L es centres d'intérêt

Le centre d'intérêt, qui est de nature cognitive ou méthodologique, cible la préoccupation pédagogique sur une classe de problèmes ou de solutions technologiques. Il permet de déterminer les activités proposées aux élèves et constitue un cadre de structuration des acquis. L'identification d'un centre d'intérêt résulte :

- de l'analyse du programme (compétences et savoirs) ;
- de l'expérience des enseignants et de leur maîtrise en didactique qui leur permettent d'identifier les points-clés de la formation.

Les centres d'intérêt permettent :

- une gestion temporelle du groupe d'élèves et la construction de schémas de formation avec une gestion par cycles ;
- d'exploiter des supports différents ; réciproquement, un même support technique peut contribuer aux apprentissages concernant plusieurs centres d'intérêt, ainsi tous les élèves d'un groupe n'ont pas nécessairement fait les mêmes manipulations à l'issue du cycle, mais ils ont eu la possibilité d'apprendre la même chose.

La gestion des centres d'intérêt dans les cycles successifs de travaux pratiques doit prendre en compte :

- les contraintes de durées (équilibre des parties du programme) ;
- les contraintes d'antériorité entre activités ; en particulier un même centre d'intérêt peut être présent dans des cycles successifs mais avec des compétences visées ou des degrés d'approfondissement progressivement plus importants (représentation du réel par exemple) ;
- les contraintes matérielles touchant aux objets, systèmes et environnement informatique disponibles.

Le texte ci-après propose six centres d'intérêt pour l'ensemble de la formation en ISI. Cette proposition peut parfaitement être modifiée dans la pratique. Elle se veut simplement une aide à l'organisation des apprentissages dans l'année scolaire et l'ajout d'un ou deux points par dédoublement de quelques-unes des propositions est envisageable pourvu qu'il soit formalisé. L'organisation de l'année peut, comme cela a été précisé précédemment, s'appuyer davantage sur les

centres d'intérêt (référencés de CI-1 à CI-6) décrits ci-après.

Fonction(s) d'un produit (CI-1)

Le concept d'analyse fonctionnelle, très important pour les sciences de l'ingénieur doit être abordé en classe de seconde sous forme d'une initiation. C'est pourquoi, le programme se limite volontairement à :

- la relation du produit à un besoin exprimé ;
- l'organisation fonctionnelle du produit dans les cas simples ;
- la lecture de quelques outils de description fonctionnelle :
 - diagramme d'activité, synoptique, schéma-bloc,
 - diagramme « FAST ».

Les activités de ce centre d'intérêt ont pour but de mettre en place les bases d'une méthodologie d'approche rigoureuse des produits, indépendamment des solutions techniques retenues. Le schéma de la figure 2 (voir page suivante) délimite bien le domaine d'activité de l'élève et les données mises à disposition par le professeur.

On notera en particulier que les verbes d'action « identifier », « décrire », « localiser », « configurer », « distinguer », « vérifier » du programme imposent une conduite forte assurée par le professeur. À ce stade de la formation, l'élève est capable d'observer le produit dans son ensemble, d'identifier son usage, de décrire ce qu'il voit, de le mettre en œuvre ou de vérifier une ou des caractéristiques dans une approche « utilisateur ».

Au cours de l'année, et notamment à l'occasion de travaux relatifs au miniprojet, l'objectif sera de faire constater à l'élève, par l'observation de plusieurs produits, que plusieurs solutions (pouvant faire appel à des technologies très différentes) peuvent remplir la même fonction technique et satisfaire la même fonction d'usage. L'approche inductive des éléments d'analyse fonctionnelle l'amènera ainsi progressivement à ne pas confondre fonction technique et solution technique.

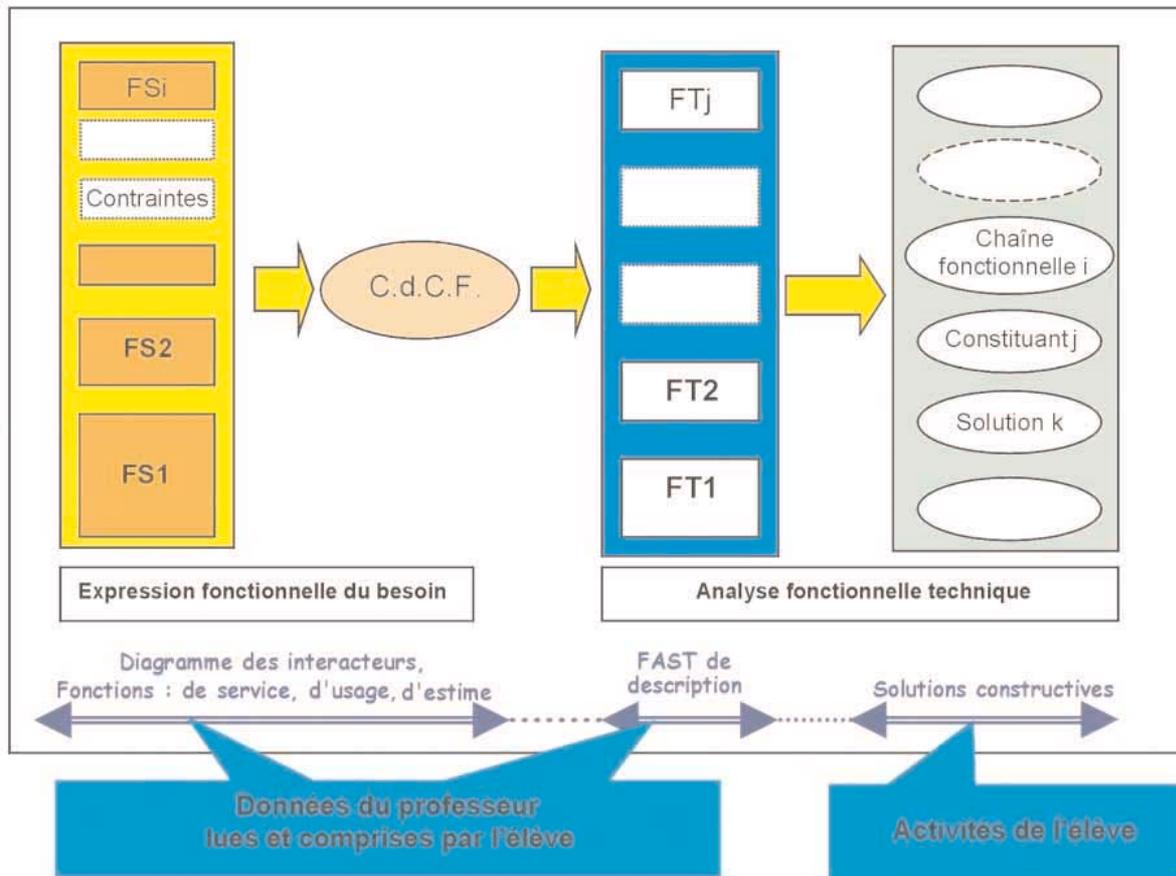


Figure 2. Le domaine d'activité de l'élève.

En observant le produit réel et en s'appuyant sur le dossier technique, les représentations éventuellement animées et les données fonctionnelles fournies par le professeur, les activités de l'élève peuvent prendre diverses formes.

Configurer le produit en situation d'utilisation et le faire fonctionner

L'élève identifie globalement les fonctions de service : fonctions d'usage et fonctions d'estime. Il évalue la correspondance entre le fonctionnement et les éléments du cahier des charges fournis par le professeur à partir de la notice technique.

La démarche peut être complétée, en appui sur des produits de l'environnement direct de l'élève, par une étude comparative de produits concurrents dont la liste et des éléments de comparaison (éléments techniques, coût, rapport qualité-prix) lui sont fournis.

Identifier la valeur ajoutée par le produit

L'élève précise la frontière du produit et les éléments extérieurs (environnement) en interaction avec le produit, il identifie l'utilisateur parmi les autres éléments en relation avec le produit, et les éléments transformés par le produit. Il repère les caractéris-

tiques des grandeurs d'entrée et de sortie des éléments transformés, et précise les conditions d'utilisation du produit.

Établir une correspondance entre les fonctions techniques internes et les fonctions et contraintes externes

En possession du produit et d'un FAST de description de ce produit, l'élève repère les chaînes d'action et d'information. Il établit la correspondance entre les fonctions techniques définies dans le diagramme FAST et les solutions mises en œuvre dans le produit.

Dans ce cadre, il peut être amené à vérifier une performance attendue dans le cahier des charges pour une solution constructive répondant à une fonction donnée.

Il semble utile d'aborder ce centre d'intérêt très tôt et de manière spécifique par un cycle court d'étude de produits ou de systèmes simples, en appui sur leur description fonctionnelle complète et leur manipulation. La construction rapide de quelques savoirs élémentaires associés aux outils de description fonctionnelle permettra leur utilisation pour les autres activités du programme.

Remarque – La terminologie utilisée doit être la plus réduite possible tout en respectant la norme NFX 50151.

Chaîne d'énergie – alimenter, distribuer, convertir, transmettre (CI-2)

Les systèmes présents dans le laboratoire mettent en œuvre plusieurs types d'énergie et, pour l'essentiel d'entre eux, les transforment (en grandeur) et/ou les convertissent (en nature). Les énergies principalement exploitées ou transformées à ce niveau sont l'énergie électrique et l'énergie mécanique sous leurs différentes formes.

La quantification de paramètres caractéristiques de ces énergies se fera par mesurage ce qui offrira l'occasion de mettre en relation les informations reçues au collège (technologie), le cours de physique de seconde et les résultats des mesures : nature du paramètre, unité, ordre de grandeur.

Au sein de ce centre d'intérêt, qui pourra s'intégrer dans plusieurs cycles de travaux pratiques, les objectifs visés sont principalement les suivants :

- donner à l'élève une démarche d'analyse lui permettant d'accéder à la compréhension du rôle et de l'évolution de l'énergie dans le système ;
- identifier les différentes formes de l'énergie et ses transformations le long de la chaîne en réponse au cahier des charges ;
- repérer la structure de la solution technique choisie par le constructeur afin d'assurer une fonction technique contribuant à la chaîne d'énergie et dégager le principe physique mis en œuvre.

Le centre d'intérêt « chaîne d'énergie » peut se caractériser par deux approches, externe et interne.

Approche externe

Celle-ci est destinée au repérage des différentes formes d'énergie et de leurs transformations sur le trajet du flux d'énergie.

Au-delà des objectifs généraux précédemment cités, cette approche doit permettre aux élèves de se familiariser, d'une part, avec l'architecture des produits présents dans le laboratoire, associant souvent une chaîne d'information à la chaîne d'énergie (figure 3) et, d'autre part, avec la terminologie technique précise qui identifie chacun des constituants et leur fonction dans la chaîne d'énergie.

En présence du produit et en liaison avec le diagramme FAST fourni à l'élève, on pourra proposer plusieurs activités pratiques (voir figure 4, page suivante) :

- découverte du chaînage des boîtes fonctionnelles génériques citées dans le programme (de 2.1.1 à 2.1.4) par l'observation, la manipulation, la mise en fonctionnement de tout ou partie du produit ;
- repérage des constituants remplissant chaque fonction technique et énoncé de leurs caractéristiques repérables (vitesse, fréquence, tension, puissance...);
- repérage des types d'énergie à l'entrée et à la sortie de chaque fonction.

Dans cette première approche préconisée en logique inductive, on retiendra comme supports des chaînes fonctionnelles simples issues de produits différents (grand public, système automatisé industriel) afin de mettre en évidence le caractère transposable de l'analyse.

Approche interne

Elle est destinée à explorer le fonctionnement des constituants.

Toujours en présence du produit réel comme support d'étude et des éléments matériels et écrits

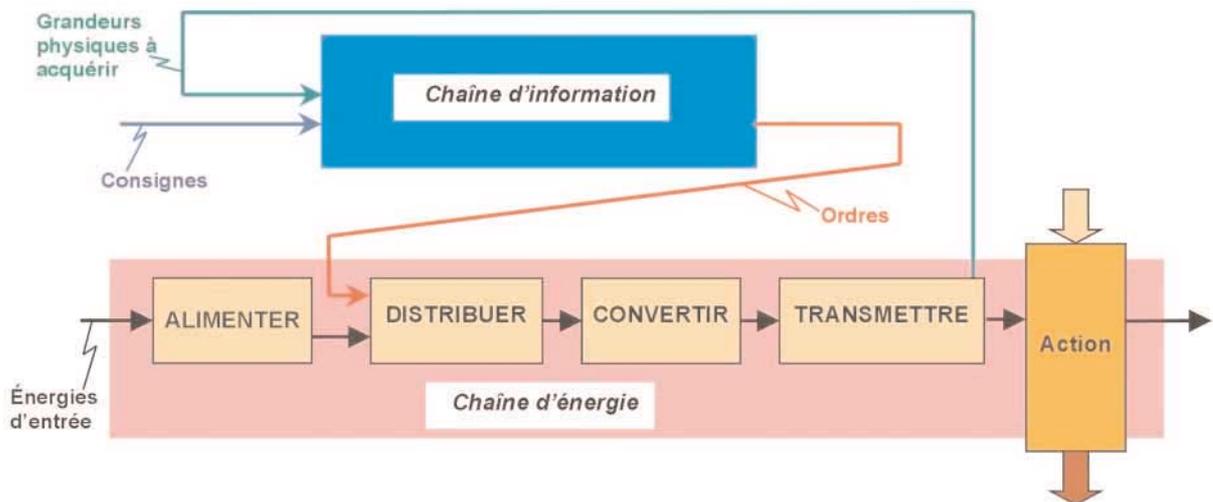


Figure 3. Chaîne d'énergie et structure fonctionnelle générale d'un système.

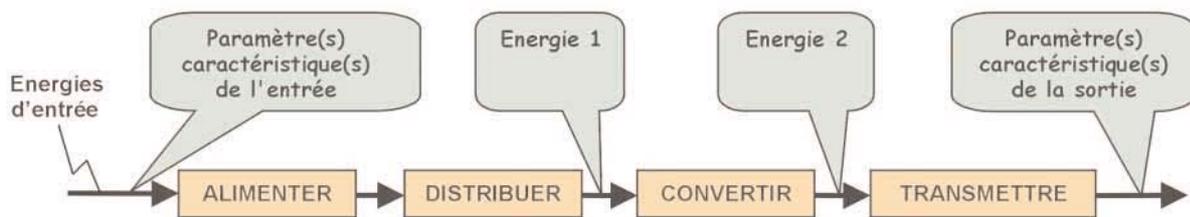


Figure 4. Boîtes fonctionnelles constitutives de la chaîne d'énergie.

nécessaires à la conduite des investigations (éléments de notice, éclatés, maquettes numériques, base de données), l'élève étudie les fonctions techniques, ce qui revient à ouvrir les boîtes fonctionnelles présentées par la figure 4.

Dans le cadre de cette approche interne, il est possible de proposer les activités suivantes :

- découverte du fonctionnement interne global, démontage, remontage ;
- câblages partiels, avec association des éléments réels et des ressources que sont les modèles virtuels et les schémas ;
- repérage et mesurage des caractéristiques d'entrée et de sortie du constituant en situation d'utilisation sur la chaîne d'énergie (tension, intensité, effort, déplacement, pression, rapport de réduction...) ;
- identification des principes physiques mis en œuvre dans la réalisation de la fonction ;
- identification des éléments d'une solution de transformation de mouvement, schématisation, symbolique associée, paramètres influents...

L'approche des composants ou constituants doit se faire à partir d'une problématique technique réelle relative au service attendu de l'objet. Les études proposées amèneront de façon pertinente et circonstanciée les symboles et la schématisation comme outils d'expression (symbolique fournie en base de données).

On pourra clore les activités touchant à ce centre d'intérêt par l'étude des fonctions « alimenter » et « distribuer », qui permettent une activité de câblage intéressante de la chaîne d'énergie (en sensibilisant l'élève aux aspects de sécurité).

Chaîne d'information – acquérir, traiter, communiquer (CI-3)

Après le développement de la mécanisation, l'émergence du concept d'information a marqué les évolutions technologiques du XX^e siècle. En particulier, l'automatisation et l'informatisation ont été développées dans tous les domaines d'activité et pour des applications très variées (commande et surveillance des procédés industriels, gestion tech-

nique des bâtiments, transports, communication, produits techniques de l'environnement quotidien, etc.).

Afin d'aborder l'analyse et l'exploitation de systèmes de traitement de l'information d'une grande diversité, la démarche proposée s'appuie sur la chaîne d'information générique définie au programme, éventuellement associée à une chaîne d'énergie pour constituer une chaîne d'action.

En veillant à ce que les systèmes présents dans le laboratoire soient représentatifs de plusieurs classes de systèmes industriels et grand public, le schéma de la figure 5 (page suivante) pourra faire l'objet d'un développement différent suivant le support d'étude : système de contrôle-commande avec une interface homme-machine, système informatique, système électronique embarqué ou encore système de communication.

En présence du produit et d'un dossier ressource (documents techniques, bases de données constructeurs, etc.), la mise en œuvre de ce centre d'intérêt peut faire appel, comme pour la chaîne d'énergie, à une approche externe puis une approche interne. L'approche externe permet, par l'observation, la manipulation (mesures, câblages, assemblages, etc.), la mise en fonctionnement et éventuellement la simulation :

- de découvrir la structure fonctionnelle d'une chaîne d'information ;
- de repérer les informations traitées et d'identifier les échanges entre les boîtes fonctionnelles, l'approche par les entrées/sorties permettant de rendre observable et de qualifier chaque fonction ;
- de localiser au sein du système les constituants matériels et logiciels assurant chaque fonction ;
- de mettre en œuvre et régler un système de traitement de l'information, afin de faire fonctionner, dans le respect d'une procédure, le système physique piloté.

La démarche adoptée étant inductive, les séances de travaux pratiques doivent permettre de mettre en évidence la nature des informations traitées (quantitative, qualitative, etc.) et les types de codage nécessaires à leur traitement (tout ou rien, analogique ou numérique). Chaque fonction générique de la chaîne d'information est assurée par un ou plusieurs supports matériels et logiciels. Dans

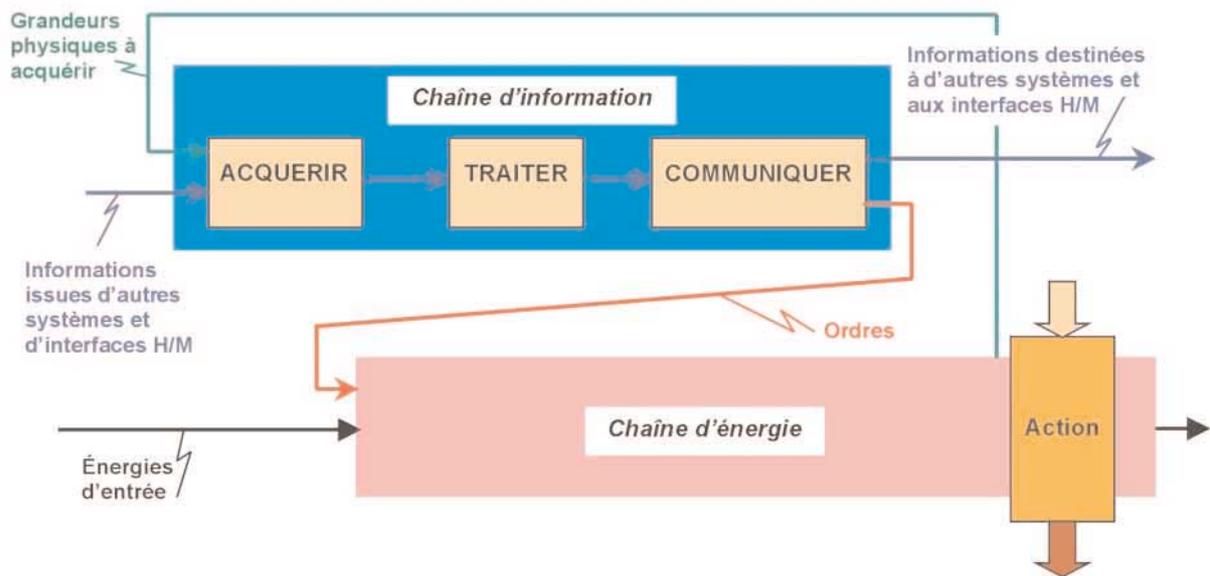


Figure 5. Chaîne d'information et structure fonctionnelle générale d'un système.

le laboratoire, l'élève pourra identifier quelques constituants parmi ceux recensés dans le schéma de la figure 6.

L'approche interne amène l'élève à une étude des fonctions techniques assurées par les constituants matériels et les modules logiciels qui leur sont éventuellement associés.

Les activités pratiques de l'élève dans le cadre de cette approche peuvent être les suivantes :

- recenser les contraintes de compatibilité matérielles et électriques (niveaux de tension) entre les constituants, les problèmes d'interfaçages étant mis en évidence au travers d'activités de mesurage, de câblage et d'assemblage ;
- câbler pour relier des constituants ;

- simuler à l'aide de logiciels d'animation pour aider à la compréhension d'un fonctionnement (toutefois, les logiciels de simulation ne doivent pas devenir eux-mêmes des objets d'étude) ;
- implanter et modifier un programme.

Les outils de représentation du comportement et l'utilisation des schémas de commande sont introduits progressivement et utilisés de façon pertinente dans un but d'analyse et de communication technique. À titre d'exemple, le Grafcet, sans maîtrise des règles d'évolution mais dans le respect de l'alternance étape-transition, peut être utilisé pour comprendre ou présenter un enchaînement séquentiel de tâches.

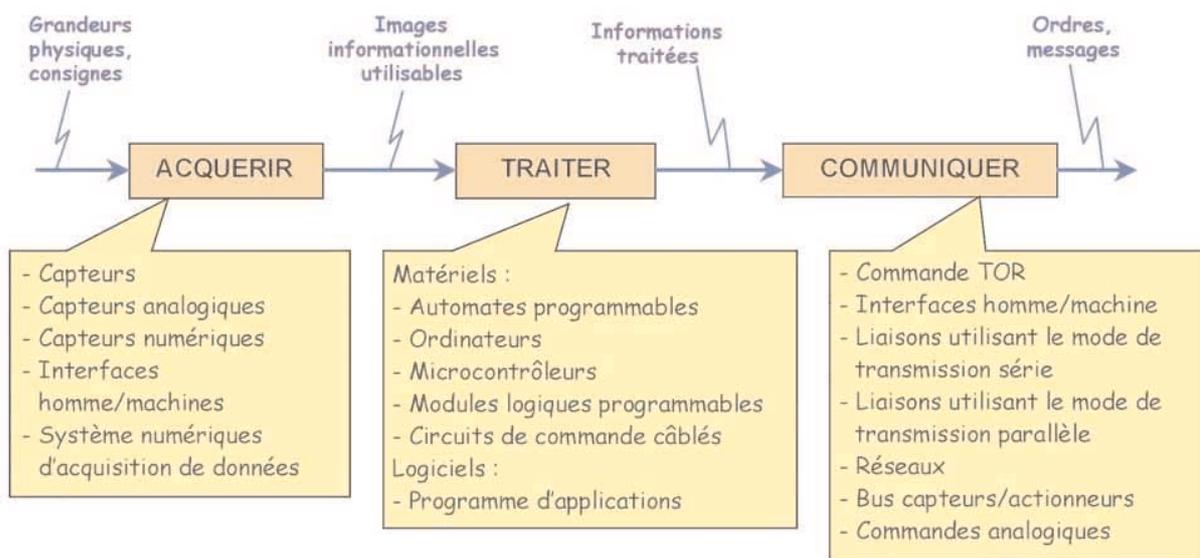


Figure 6. Fonctions génériques de la chaîne d'information et exemples de constituants identifiables.

Représentation graphique du réel (CI-4)

L'existence et la disponibilité, à des coûts compatibles avec une large diffusion, des modeleurs volumiques de dernière génération modifient sensiblement cette partie historique de l'enseignement technique. Le centre d'intérêt « Représentation graphique du réel » trouve sa place dans la quasi-totalité des cycles de travaux pratiques.

Si l'activité industrielle de décodage des dessins techniques reste importante (en production, en montage, en maintenance...), celle de codage tend progressivement à se limiter à l'élaboration de croquis ou de petits dessins à main levée pour une description succincte en recherche de solution, avant la saisie informatique si nécessaire ou pour une utilisation directe. La confusion longtemps entretenue entre codage et décodage dans l'exercice historique de « lecture de dessin » tend donc à disparaître.

Dans l'enseignement d'ISI, le dessin 2D aux instruments est à proscrire. Les plans 2D normalisés seront alors le résultat automatique d'une fonctionnalité du logiciel, avec exploitation des procédures d'habillage. Les différents cycles se caractérisent donc, sans que les élèves s'intéressent nécessairement aux mêmes systèmes, par une introduction progressive mais rapide des fonctionnalités des logiciels modeleurs volumiques, à l'occasion d'études techniques qui graduent les difficultés par le nombre et la complexité géométrique des pièces autant que par les conditions fonctionnelles qui régissent l'organisation du système technique dont elles sont issues.

En veillant attentivement à ce que cohabitent systématiquement dans le laboratoire le réel et le virtuel, l'enseignement d'ISI doit permettre pour ce qui concerne la représentation graphique du réel :

- la prise en main et la maîtrise des fonctionnalités de base d'un logiciel de CAO-3D pour la construction de la maquette virtuelle d'une pièce issue d'un des équipements techniques disponibles dans le laboratoire. Cette maîtrise attendue induit des apprentissages et une verbalisation relatifs aux formes des pièces et aux situations relatives des surfaces et des volumes qui la composent. On notera que le travail en « mode plan » induit la compréhension du concept de section et ne peut être introduit que progressivement ;
- la compréhension des paramètres définissant un élément géométrique (cylindre, prisme, par exemple) ;
- une pratique informatique des assemblages sous contraintes, ce qui suppose, pour les rares cas abordés, une maîtrise suffisante de quelques

notions fondamentales : parallélisme, coïncidence, coaxialité. Pour ces notions, la consignation de définitions claires et bien illustrées est indispensable ;

– l'édition et la réalisation de documents techniques selon un point de vue imposé, en exploitant les potentialités du rendu réaliste, des textures, des éclairages, des éclatés et de toutes les formes de dessins techniques (plans, perspectives, notices de montage, maintenance, etc.).

La compétence attendue de décodage s'appuiera donc sur le potentiel pédagogique des modeleurs volumiques (limité à la faible complexité des pièces utilisables à ce niveau de la classe de seconde). L'aspect « variationnel » de ces logiciels en particulier et l'interactivité entre la maquette numérique et les différentes représentations qui en sont potentiellement issues offrent un gisement important d'innovations pour la didactique de la représentation du réel. On peut en particulier construire quelques scénarios d'apprentissage s'appuyant sur :

- l'adéquation entre la terminologie utilisée dans l'arbre de construction ou d'assemblage et le vocabulaire du métier ;
- la liaison entre l'arbre de construction et la géométrie des pièces ;
- la liaison entre la représentation volumique et le système européen de projection.

Comme le précise le programme, l'élaboration des schémas, qu'ils soient électriques, pneumatiques ou cinématiques, n'est pas une compétence attendue des élèves. Les activités qui mobilisent ces types de représentation ne peuvent donc conduire qu'à des identifications de composants (ou constituants) à partir de bases de données normatives ou à des mises en relation de liaisons entre pièces (approche par les mobilités résiduelles et les géométries de contact) et des symboles qui les représentent.

Environnement, esthétique, ergonomie et prévention (CI-5)

Ce centre d'intérêt regroupe beaucoup de préoccupations qui sont souvent des contraintes fortes lors de la conception d'un produit :

- l'esthétique pour la satisfaction des fonctions d'estime, un des éléments-clés d'une démarche commerciale ;
- l'environnement pour l'ensemble des contraintes de recyclage ou de destruction ;
- l'ergonomie par son approche de l'homme en situation de travail ;

– la prévention et la sécurité par les exigences d'intégrité des personnes et des biens.

Si ces fonctions techniques « protéger » et « sécuriser » peuvent être approchées de façon concrète, à l'occasion du CI-2, par l'analyse des dispositions ou des règles de mise en œuvre et du CI-3 notamment par l'étude des arrêts en vue d'assurer la sécurité, les trois premiers points de ce centre d'intérêt peuvent être abordés sur de nombreux supports.

Un cycle court spécifique peut donc être organisé, même si à l'occasion d'autres manipulations et dans le cadre du miniprojet ces préoccupations vont naturellement apparaître.

Les produits techniques de l'environnement quotidien, par leur forte diffusion, par la nécessité de leur impact commercial et par leur facilité d'utilisation sans risque de pénibilité ou de danger pour l'utilisateur, sont de très bons supports pour ce centre d'intérêt.

Démarche de projet (CI-6)

Ce centre d'intérêt trouve sa mise en situation et les conditions de son organisation dans le chapitre consacré au miniprojet.

L'organisation et la conduite du miniprojet

Finalités du miniprojet

Le miniprojet proposé aux élèves s'inscrit dans une pédagogie de projet, ce qui lui confère deux finalités distinctes et complémentaires qu'il conviendra d'associer au regard des situations d'élèves et des réussites observées en termes d'apprentissages :

– la démarche de projet organise et structure une formation synthétique et globale caractérisée par une dynamique de l'action ;
– le but du projet participe au dispositif d'aide et de motivation par le goût de la réussite qu'il peut donner à l'élève.

Dans le premier cas, la démarche est l'enjeu majeur par l'obtention d'une synergie entre comportements, méthodes, connaissances et savoir-faire. Dans le second terme de l'alternative, la fin (c'est-à-dire la réussite) l'emporte sur les moyens, ce qui signifie que le support du projet doit avoir un sens pour l'élève et que l'enseignant peut s'autoriser des accommodements dans la démarche (suppression de certaines parties de l'étude par exemple).

On perçoit aisément que le miniprojet en ISI doit, selon la constitution du groupe d'élèves, trouver un équilibre différent entre les deux propositions. La réussite du miniprojet impose une démarche structurée, même si certaines étapes peuvent être totalement ou partiellement prises en charge par le professeur. La structuration se fait autour de quatre étapes principales :

– la spécification, qui permet l'engagement contractuel entre le « client » et le « concepteur » ;
– la recherche de solutions, qui est une construction intellectuelle itérative et anticipatrice ;
– la réalisation, qui permet une validation progressive tout en autorisant le droit à l'erreur et la gestion des aléas ;
– la validation finale et la mise en œuvre, au regard du respect des spécifications.

Dans le cadre du miniprojet, la production attendue en ISI fait principalement appel à des savoirs et savoir-faire déjà abordés dans les différents cycles de travaux pratiques, pour leur donner du

sens et éventuellement les renforcer et les consolider. L'organisation et le déroulement des activités privilégient la créativité, l'initiative et le travail de groupe avec ses contraintes de répartition des tâches, de communication et de synchronisation. Lors du miniprojet, les élèves mènent leurs activités à partir :

- du dossier technique et de tout ou partie des fichiers relatifs à un produit existant dans le laboratoire ou présentant avec celui-ci des similitudes fonctionnelles fortes ;
- de bases de données internes et externes accessibles (catalogues, normes, cédéroms, bases documentaires informatisées, bibliothèques de composants, sites Internet...)
- de tout ou partie du ou des produits réels objets de l'étude ;
- de postes informatiques en réseau ;
- d'une éventuelle visite d'entreprise.

Problématiques et choix des sujets

En ayant toujours le souci de la présence et de la mise à disposition des élèves des objets réels, les problématiques caractérisant les résultats attendus dans l'activité de miniprojet peuvent être les suivantes :

– réaliser un document technique et son environnement de présentation (images, dessins techniques, perspectives, animations, présentations assistées par informatique, etc.) selon un point de vue imposé :

- point de vue « utilisateur » : notice d'utilisation et/ou d'entretien d'un produit ou système,
- point de vue « mainteneur » : notice de démontage ou de maintenance d'un produit ou système,
- point de vue « technico-commercial » : notice de présentation d'un produit déjà étudié dans l'année pour un acheteur éventuel,
- point de vue « intégrateur » : notice de montage, de câblage, de configuration dans plusieurs phases d'utilisation, de mise en service de tout ou partie d'un système,
- autres points de vue... ;

- dans une logique d’analyse concurrentielle, réaliser une présentation comparative de deux produits répondant au même besoin ;
- pour une évolution du cahier des charges, proposer, décrire et justifier les modifications nécessaires des paramètres et/ou du comportement d’un produit ou système existant pour répondre à l’évolution du besoin. Réaliser les modifications techniques (réglages et/ou programmes) valider et consigner la modification ;
- présenter les similitudes entre un équipement présent dans le laboratoire et une installation industrielle observée dans le tissu économique voisin ;
- pour un système comportant un nombre limité de pièces ou de constituants, proposer une évolution de produit en réponse à une évolution modeste du besoin et la traduire par un document technique adapté ;
- pour un système de conception modulaire, choisir et agencer des constituants en réponse à un cahier des charges imposé ;
- rechercher, proposer et discuter des alternatives de principes de solutions pour réaliser une fonction technique simple donnée, définie par son cahier des charges.

Ces différentes problématiques ouvrent un éventail de choix relativement conséquent, quant aux sujets possibles de miniprojets. Un des éléments qui préside à ce choix, outre la faisabilité, doit être la motivation première des élèves qui contribuera beaucoup, à ce niveau, à la dynamique de l’action et à la réussite.

Les équipes de projet doivent être de taille limitée (trois ou quatre élèves) et il semble préférable d’avoir des équipes travaillant sur des projets voisins (voire identiques) plutôt que d’augmenter leur taille. La recherche d’une émulation entre groupes est souvent un élément positif favorisant les coopérations.

En pratique

Lors de la phase de « conception », et cela quelle que soit la nature du projet, le professeur qui joue le rôle de chef de projet pilote les réunions des équipes qui fonctionnent comme de petites revues de projet. À cette occasion, il convient d’être attentif à la construction des argumentaires par les élèves, à la rigueur du vocabulaire et aux capacités d’écoute au sein du groupe de travail. Les qualités alors développées participent à l’évidence au renforcement des apprentissages linguistiques et à l’éducation citoyenne du jeune.

À l’issue de la période de l’année dévolue au projet, une présentation orale courte et structurée, s’appuyant au besoin sur une présentation audiovisuelle, doit être organisée devant l’ensemble du groupe ou de la division. Elle doit être l’occasion d’échanges entre tous les élèves de la division, valorisant ainsi le travail réalisé. Pour l’enseignant, cette période est l’occasion de détecter les points du programme sur lesquels, jusqu’à la fin de l’année, il conviendra de faire porter l’effort de formation.

L a communication technique et le travail en équipe

La nécessité d'échanger des informations fiables et les conditions requises pour en assurer une transmission sans défaut constituent le point déterminant du travail de collaboration entre élèves en travaux pratiques ou en miniprojet.

La communication technique devient alors une préoccupation permanente de l'enseignant dans l'ensemble des activités proposées tout au long de l'année. De nombreuses séances de travaux pratiques intègrent la représentation graphique du réel qui constitue un aspect dominant du sujet.

L'activité de projet en groupe est le terrain privilégié pour faire émerger le besoin d'échanges techniques exprimés et compris par les différents acteurs d'une même production. De ce fait, les activités liées au projet sont l'occasion de faire travailler les élèves sur les points-clés de la communication et de la communication technique en particulier.

Les moyens de la communication

Le destinataire et la nature des informations qui doivent lui parvenir imposent un tri et un contrôle de ces informations ainsi qu'un choix du moyen (et éventuellement du canal technique) de transmission. Un technicien ou un ingénieur dispose d'une panoplie importante de moyens d'expression : la parole, l'écriture, l'expression graphique (dessin 3D, 2D, schéma, croquis à main levée...), la photo, le film, l'animation, la couleur, etc., associés à des supports matériels divers : papier, tableau, rétroprojecteur, TIC, téléviseur, téléphone, télécopieur...

La mobilisation de ces moyens n'a de sens que si certaines des conditions de la transmission des informations sont bien remplies, à savoir :

- l'exactitude de l'information à émettre ;
- une expression ou un codage clair et précis par le rédacteur qui émet l'information ;
- la synchronisation, l'écoute, le décodage et la bonne compréhension de ceux qui reçoivent l'information.

Ainsi, tout au long de l'année, et plus particulièrement dans le cadre du projet dont la production s'accompagne d'une communication, l'enseignant doit exiger de la part des élèves la précision du vocabulaire, la construction de phrases, l'élaboration de raisonnements logiques et le respect des normes pour décrire et justifier une solution technique ou un comportement.

La répartition en sous-tâches du projet et l'organisation de revues de projet sont de bonnes occasions pour mettre l'accent sur la synchronisation des communications techniques, sur l'utilisation de langages rigoureux et communs entre les acteurs du miniprojet.

Le projet est également l'occasion de développer chez l'élève les compétences relatives à la recherche documentaire, à l'utilisation des bases de données techniques disponibles dans l'établissement et sur Internet.

Conseils d'équipement

La principale évolution concernant les équipements du laboratoire est l'introduction de produits ou systèmes modernes, pluri ou monotecniques, représentatifs des technologies actuelles et proches de l'environnement de vie des élèves, à côté des systèmes et sous-systèmes existants. Il peut ainsi être proposé dans le laboratoire de nouveaux produits adaptés et complémentaires pour atteindre les objectifs du référentiel, répondant mieux aux motivations et aux représentations des élèves, et accessibles en termes d'activités et de manipulations.

Cette ouverture est sans doute l'occasion de compléter le parc d'équipement actuel des systèmes automatisés par des objets plus proches des élèves, plus conformes à leurs représentations de la technologie et répondant à des besoins simples de la vie quotidienne.

Quelques champs privilégiés pourront être utilement explorés, comme les sports, les loisirs, les transports, la domotique...

Contrairement aux systèmes automatisés parfois complexes et toujours représentatifs de solutions techniques industrielles, ces nouveaux supports d'enseignement peuvent être dédiés à une activité précise (en fonction de leur coût d'achat, de leur pertinence, de leur accessibilité) et présenter des solutions techniques intégrées et optimisées selon des critères technico-économiques. Cette illustration des évolutions techniques actuelles est importante et doit permettre de justifier, uniquement qualitativement, les futurs enseignements relatifs à :

- l'adaptation des matériaux et procédés aux produits ;
- l'intégration partie commande/partie opérative ;
- les évolutions des besoins, des normes, des contraintes environnementales ;

– l'ensemble des relations entre compétitivité, esthétique et solutions techniques de base utilisées...

Annexe

Adresses Internet utiles pour trouver :

– les dernières mises à jour du document d'accompagnement : www.eduscol.education.fr ;

– des exemples, des expériences, des ressources documentaires :

• des sites nationaux :

<http://cnr-cmao.ens-cachan.fr>, et de nombreux sites académiques qu'il faut explorer,

• des revues : *Technologies et formation*, *Technologie*, etc.

Informatique et systèmes de production

Classe de seconde générale et technologique

Orientations générales

Introduction et intentions du programme

Le programme de l'enseignement de détermination de seconde informatique et systèmes de production (ISP) s'inscrit dans la logique actuelle de l'organisation de la production des biens, ouvrages ou services :

- maîtrise de la qualité, des délais, des coûts ;
- mise en œuvre ordonnée de procédés avec respect des contraintes de sécurité des personnes et de protection de l'environnement ;
- intégration des technologies de l'information et de la communication à tous les niveaux (organisation, production, contrôle, suivi...).

Suivant les établissements, en accord avec son projet personnel, l'élève est placé en situation d'action dans un site de production de biens, d'ouvrages ou de services. Dans un espace de formation spécifique dédié aux classes de seconde, il y découvre les techniques et l'organisation des productions actuelles en réalisant tout ou partie d'un bien, d'un ouvrage ou d'un service, à l'aide des équipements et des moyens informatiques mis en œuvre.

Le programme vise à privilégier les activités coordonnées des élèves qui, dans un dispositif de production organisé, réalisent des produits (biens, ouvrages ou services) répondant à des contraintes de qualité.

Le type de système de production mis en place par les équipes pédagogiques, comme les procédés utilisés, doit permettre à l'élève de découvrir les champs technologiques significatifs des voies de formation présentes dans l'établissement ou dans le bassin de formation pour l'aider à construire son projet d'orientation.

Afin d'élargir les perspectives des élèves ayant choisi cet enseignement, les établissements pourront avantageusement mettre en place, à terme, deux types de systèmes de production : biens plus services, ou biens plus ouvrages, ou ouvrages plus services. On peut donc imaginer des parcours d'élèves dans un ou plusieurs systèmes de production selon les projets des établissements (prise en compte des flux, spécialités proposées en classe de première...).

L'écriture des différentes compétences, toutes liées à des actes de production, traduit l'intention d'une approche des savoirs par les activités elles-mêmes, leur coordination et leur chronologie.

Contexte historique

Pour l'enseignement des sciences et technologies industrielles, l'année 1986 marque une étape importante avec l'apparition de la seconde indifférenciée et de deux enseignements disjoints : TSA et productique. L'un, proposé dans les enseignements communs ou en option, est orienté vers l'analyse et la représentation des systèmes techniques automatisés, l'autre, seulement proposé en option, s'attache à la découverte de plusieurs techniques de production et de contrôle touchant au génie mécanique, au génie électrique, au génie civil, avec un enseignement spécifique d'informatique industrielle. Cette étape est caractérisée par l'arrivée de petites machines à commande numérique, par la diversification des procédés abordés et par l'apparition des îlots de production.

Toutefois, la mise en œuvre de cet enseignement ne permet pas toujours de s'éloigner des apprentissages professionnels relatifs aux divers équipements présents dans l'atelier ou le laboratoire, et l'élève ne perçoit pas la cohérence globale d'un contenu qui lui est souvent dispensé par trois professeurs différents.

Le programme de 1994 de cette option productique intègre l'informatique industrielle comme un outil et non plus comme une fin en soi. Elle propose une approche de la formation par les seules compétences visées ; c'est aux équipes pédagogiques d'orienter la formation en fonction du projet de l'établissement et de développer les connaissances associées aux champs technologiques retenus.

La rédaction du programme d'ISP, dans la continuité de la dernière version de celui de productique, intègre la part prépondérante des technologies de l'information et de la communication dans les systèmes de production actuels. Elle propose de plus un élargissement à différents types de production, biens, ouvrages et services ; enfin, elle présente les compétences à atteindre ordonnées en référence aux grandes fonctions des systèmes de production : organiser, piloter un dispositif de production, préparer la production, configurer et conduire un équipement, contrôler la conformité. Le souci de structuration de la formation est renforcé par l'énumération de quelques savoirs transversaux que les enseignants devront adapter aux champs technologiques retenus.

Système de production de biens, d'ouvrages, de services

Définition générale

C'est l'ensemble des informations et moyens techniques et humains permettant la réalisation complète d'un produit (biens, ouvrages ou services) :

- informations relatives au produit à réaliser : définition, spécifications, conformité à un CdCF ou à une norme, caractéristiques de fonctionnement, d'utilisation, de conformité aux règles d'hygiène et de sécurité, etc. ;
- contraintes de fabrication : matières, composants, procédés, tolérances, etc. ;
- contraintes de production : quantité, délais, exigences d'environnement, coût, etc. ;
- éléments d'organisation et de gestion : processus global, cotraitances ou sous-traitances éventuelles, approvisionnements, planification, moyens humains, logistique, procédures diverses, etc. ;
- équipements de production : machines et engins, outillages divers, moyens associés au procédé, interfaces d'entrée et de sortie des informations, etc. ;
- énergies ;
- équipements de sécurité ;
- moyens pour le contrôle de la qualité et de la conformité ;
- moyens de collecte et de traitement des déchets et effluents ;
- moyens de conditionnement ;
- équipe d'intervention.

Système de production de biens

Il s'agit d'un dispositif flexible qui permet la réalisation de produits par lots en quantités plus ou moins importantes, renouvelables ou non, et nécessitant une organisation spécifique. La figure 1 (voir page suivante) montre un exemple d'organisation d'une production stabilisée de biens avec :

- une ou des lignes de production constituées de :
 - postes de production automatisés ou non, numérisés pour les procédés d'enlèvement de matière,
 - postes d'assemblage,
 - postes de qualification du produit ;

- une circulation des constituants du produit poste à poste ;

- une coordination et un pilotage informatique global du processus.

On peut aisément imaginer dans un tel système plusieurs procédés mis en œuvre selon la nature du ou des produits fabriqués : pièces métalliques usinées, pièces plastiques moulées ou thermoformées, usinage d'éléments modulaires en bois, etc.

Système de production d'ouvrages – chantier

Dans ce cas le produit, qui est un ouvrage, est généralement unique et est fortement tributaire de l'environnement. Il nécessite la mise en œuvre de postes de travail sur le chantier de l'ouvrage et dans son environnement. Certaines tâches sont nécessairement successives et imposent une coordination et des conditions d'interface entre elles, d'autres peuvent être simultanées comme le montre la figure 2 (voir page 31).

La cotraitance est souvent nécessaire compte tenu de la diversité des techniques mises en œuvre et la coordination du chantier est un élément-clé. Pour cela, le pilotage et la gestion des activités doivent être assurés par des échanges continus de données, de plus en plus informatisées. De plus, l'obligation de traçabilité du chantier exige un suivi informatisé de la qualité et de la mutualisation des données entre les différents intervenants.

Ce type de production est significatif des domaines du bâtiment, des travaux publics, des ouvrages chaudronnés industriels.

Système de production de services

Le dispositif de production est destiné à réaliser des services à des particuliers ou à des entreprises. Il s'agit souvent de l'implantation, du montage, du câblage, de l'adaptation, de la configuration dans une situation donnée d'utilisation (réglage, programmation...) d'un équipement, d'un bien de consommation. L'activité peut également consister

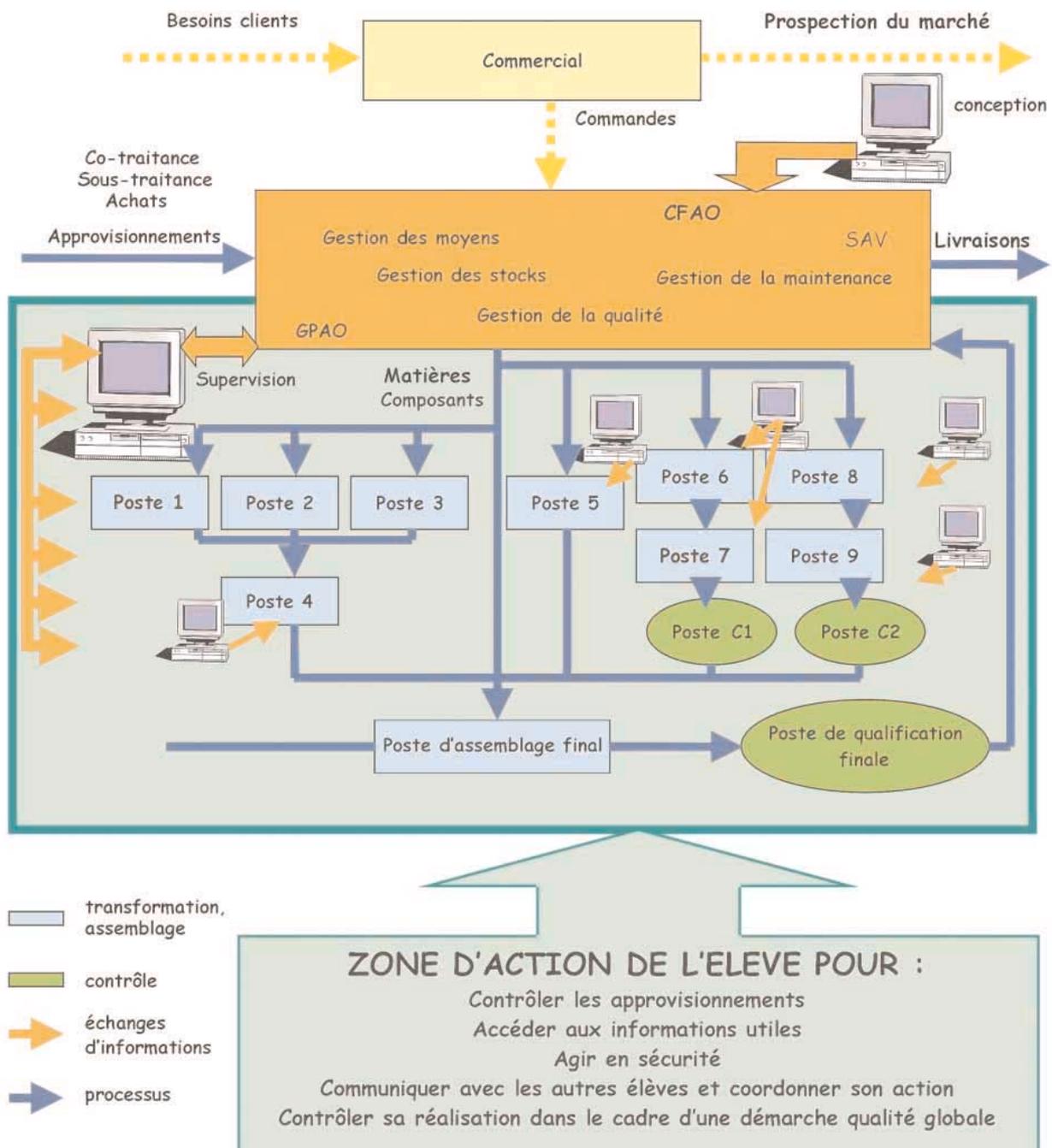


Figure 1. Exemple de système de production de biens.

en sa remise en état de bon fonctionnement lorsque, dérégulé ou défaillant, il nécessite un entretien ou une mise à niveau pour répondre aux performances, aux critères de qualité et de conformité aux normes et règles en vigueur. Cela concerne des systèmes techniques présentant un bon niveau d'intégration de plusieurs technologies et trouve son champ d'application dans les secteurs des équipements techniques, de l'énergie, de la domotique, de la maintenance.

Cette activité peut comporter en amont, comme dans la production de biens et d'ouvrages, une conception (architecture du système, composants, processus...) qui n'est pas dans le champ du programme d'ISP, mais qui sera située par rapport à l'activité de l'élève. Le produit ou le système technique est donc systématiquement évalué à l'entrée du système de production afin de définir le processus de la réalisation du service et la mobilisation des postes de travail et des moyens nécessaires.

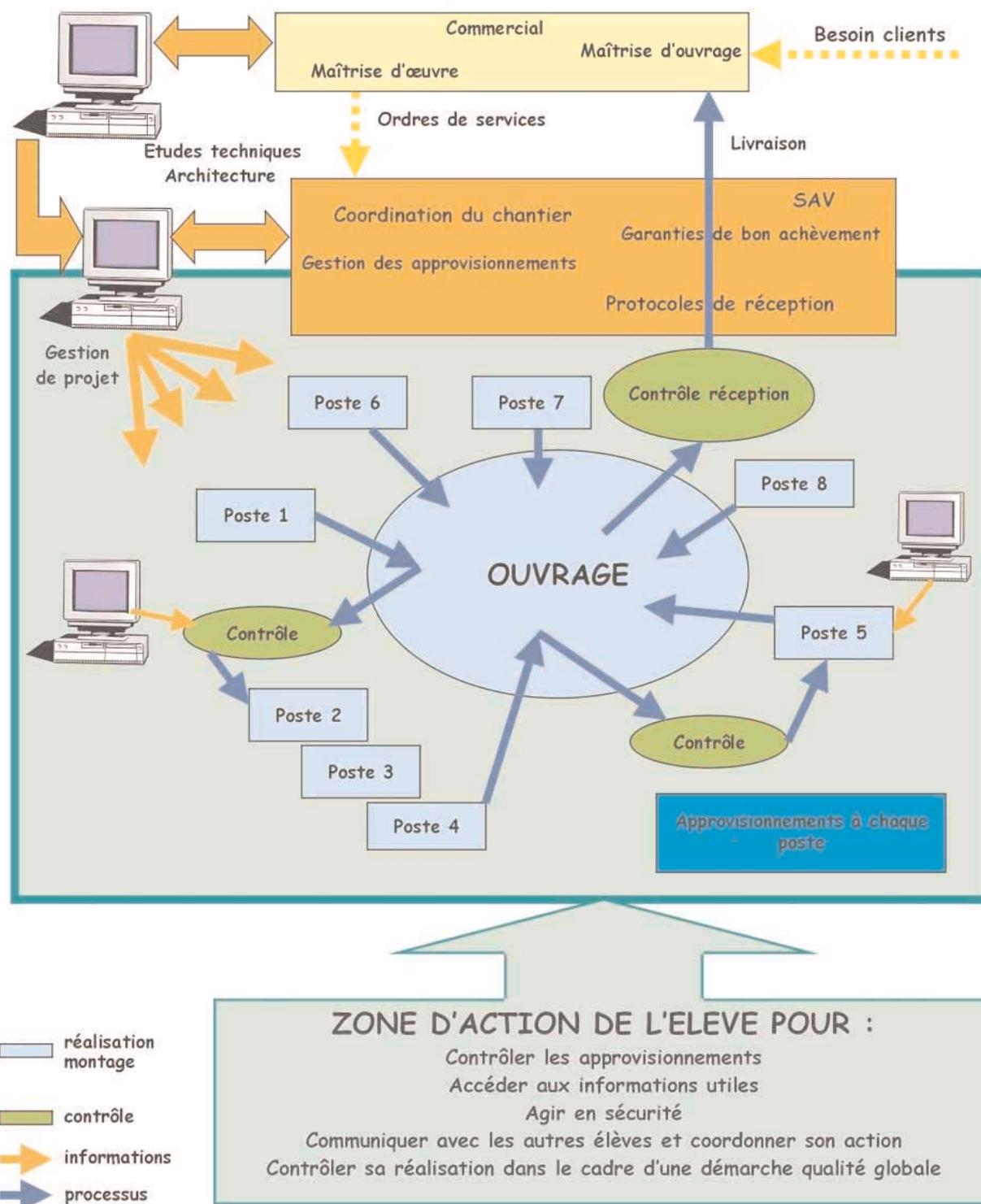


Figure 2. Exemple de système de production d'ouvrages.

La figure 3 (page suivante), qui illustre ce type de système de production, montre que l'on peut y conduire des activités de production qui, après la première étape de définition du besoin avec le client et sa traduction en spécifications techniques, peuvent être de plusieurs natures :

- travaux en atelier spécialisé dans l'entreprise ;
- travaux sur chantier ;
- travaux conjugués sur chantier et en atelier spécialisé.

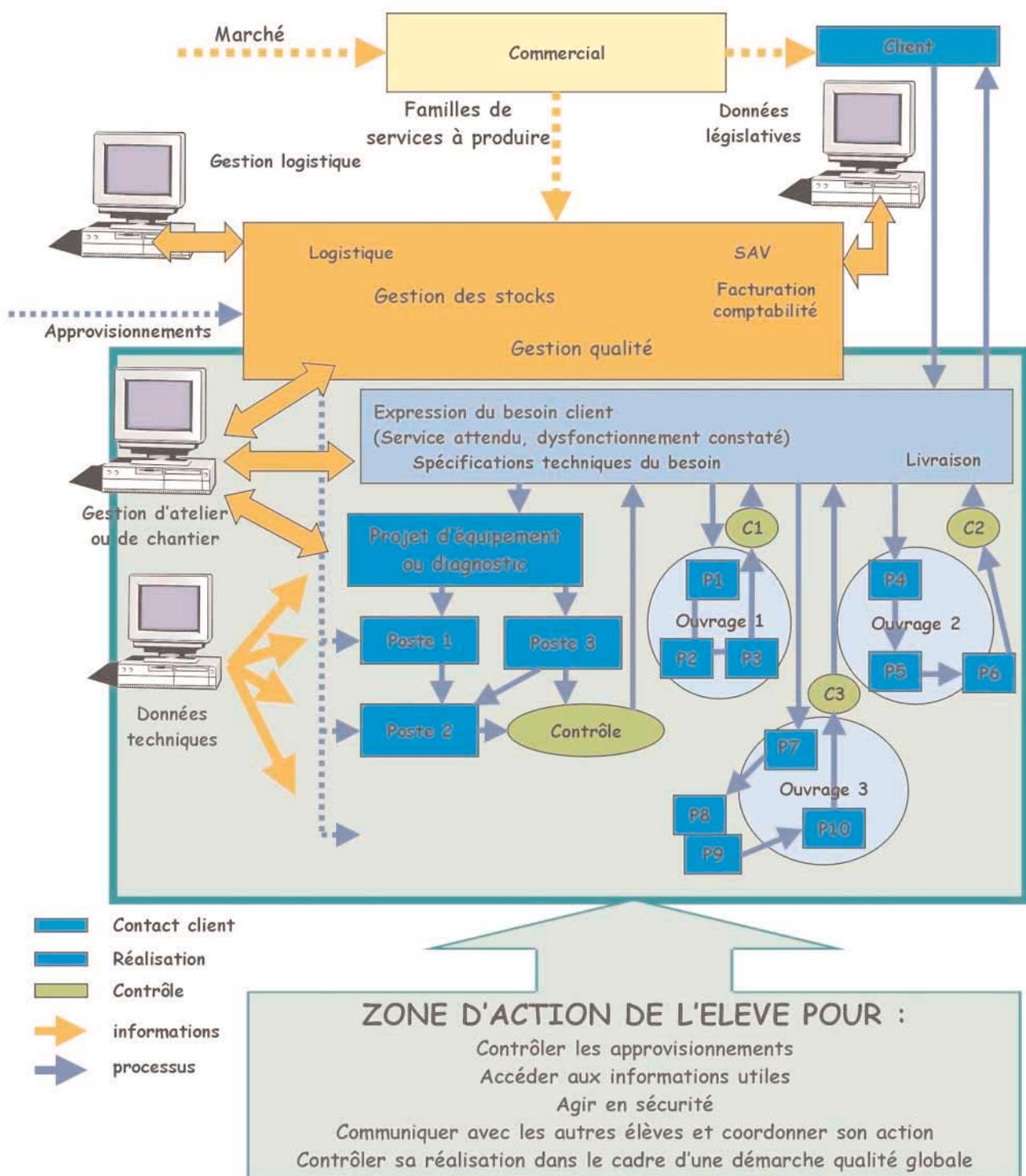


Figure 3. Exemple de système de production de services.

Les points communs à tous les systèmes

Dans chaque type de système de production (biens, ouvrages ou services) on retrouve les éléments clés de la production actuelle :

- les spécifications du produit à réaliser, à installer ou à maintenir ;

- une organisation et un processus logique de réalisation du produit, de l'ouvrage ou du service ;
- des postes de travail organisés où les procédés sont mis en œuvre pour transformer, régler, assembler, contrôler, conditionner et livrer le produit ;
- un pilotage de la production par l'information, laquelle peut concerner les données du produit, le

pilotage des procédés, la supervision du processus global, l'organisation ou la gestion centralisée.

Lieu privilégié des acquisitions de l'élève, le poste de production permet de mettre en évidence tel ou tel centre d'intérêt du programme au cours d'une séance ou d'un cycle donné. En effet, il est facile d'y repérer des éléments du programme :

- le circuit des matières ou composants et la valeur technique ajoutée ;
- le procédé et ses conditions de mise en œuvre pour le produit à réaliser ;
- les énergies et les conditions de leur circulation au sein du poste de travail ;
- les points d'entrée et de sortie des informations et leurs relations au produit, au(x) procédé(s) présent(s) sur le poste, au processus de réalisation ou à l'organisation générale du système de production.

Les postes de travail des élèves

Quels que soient le ou les systèmes de production retenus par les établissements (biens, ouvrages ou services) l'élève acquiert ses compétences sur quatre types de postes de travail :

- les postes de mise en œuvre, les plus nombreux, éventuellement associés à une informatique (développés ci-après) ;
- un ou des postes informatiques gérant l'organisation ou/et le pilotage global du système de production ;
- un ou des postes informatiques permettant l'accès à diverses ressources ;
- des postes de contrôle de la conformité de tout ou partie de la réalisation, avec éventuellement une informatique associée.

Ce dispositif pédagogique prend tout son sens grâce :

- à la mise en relation des différents postes de travail où opèrent les élèves ;
- au pilotage des postes et des actes de production par le dispositif de gestion, d'organisation ou de pilotage centralisé ;
- à la possibilité d'accéder aux ressources et aux informations liées aux différents postes.

Poste de production de biens

Ce type de poste peut correspondre à divers types d'équipements permettant de fabriquer et d'assembler les lots de pièces, composants et

ensembles constituant les biens de consommation ou d'équipement à produire :

- machine d'injection ;
- machine de thermoformage ;
- machine de découpe ;
- tour ou centre d'usinage à commande numérique de faible capacité ;
- machine de perçage de circuits imprimés ;
- machine de dépose ou de soudage de composants électroniques ;
- poste d'assemblage de pièces ;
- etc.

Poste de travail dans la production d'ouvrages

Ce type de poste de travail, destiné à la réalisation d'une partie de l'ouvrage, constitue un des éléments du chantier, pour :

- réaliser ou assembler une structure (béton armé, métallique, bois lamellé collé, mixte...) ;
- poser et régler des éléments de gros œuvre (poteau, poutre, linteau...) ;
- poser et régler des composants de second œuvre (éléments de menuiserie, cloisons, complexes isolants...) ;
- etc.

Poste de travail pour la production de services

Ce type de poste correspond à différentes interventions effectuées par les unités de services aux particuliers ou aux entreprises.

Sur un chantier, il peut s'agir :

- de l'installation, du câblage et de la programmation d'un système anti-intrusion, de contrôle d'accès, de protection contre l'incendie... ;
- du réglage, de la configuration, de la programmation d'une installation de chauffage, de climatisation... ;
- etc.

Dans une organisation d'atelier, cela peut être :

- un poste de test de conformité aux normes ;
- un banc de diagnostic spécifique ;
- un poste de démontage, remontage, réglage, réparation, programmation ;
- des postes de mesure avec les appareils associés ;
- etc.

Réflexions et pistes pédagogiques

Les centres d'intérêt du programme

En liaison directe avec les postes de travail, lieu privilégié des apprentissages, on peut distinguer :

- l'organisation et le pilotage de la production : flux physiques, processus et flux d'informations associés ;
 - la préparation de la production : recherche et décodage d'informations sur le produit, sur le (ou les) procédé(s) mis en œuvre, sur la relation de ce produit ou d'un de ses éléments avec un poste de travail donné ;
 - la configuration et la conduite d'un équipement : installation, réglage et réalisation d'opérations de production ;
 - la sécurité au poste : énergies, protections, procédures ;
 - le contrôle de conformité : grandeurs à contrôler, seuil acceptable, mesure, interprétation.
- Préoccupations permanentes, l'hygiène et l'environnement (déchets, effluents, stockage, traitement) sont mis en évidence sur chaque poste de travail.

Recommandations pédagogiques

Recommandations générales

Cet enseignement doit être mis en œuvre en s'appuyant sur un ou plusieurs systèmes de production authentiques mobilisant des ressources informatiques pour que l'élève, acteur des différentes fonctions de la production, accède progressivement aux compétences visées.

Le choix des produits et l'organisation du (ou des) système(s) de production retenu(s) sont des tâches pédagogiques déterminantes pour atteindre les objectifs du programme.

L'apprentissage relatif à l'organisation du site de production et la logique de déroulement des opérations doivent être privilégiés au détriment des savoir-faire professionnels qui ne constituent pas un objectif premier de cet enseignement. Il faut

toutefois préserver l'intérêt des élèves qui dans cet enseignement souhaitent pratiquer et finalement apprendre « en faisant ».

La pédagogie, centrée sur l'activité des élèves affectés à des postes de travail différents, peut faire l'objet pour une période donnée d'une planification en relation avec les centres d'intérêt. Les points-clés mis en évidence dans les activités et les éléments consignés dans les rapports doivent permettre au professeur de construire des synthèses courtes pour l'ensemble du groupe.

Une activité proposée à l'élève est souvent représentative de compétences relatives à plusieurs fonctions de la production. Cela induit une approche non linéaire du programme et impose un suivi rigoureux de l'acquisition des compétences des élèves. En revanche, cette approche pédagogique permet des retours multiples sur des concepts plus difficiles à appréhender et facilite l'acquisition progressive de l'autonomie.

La recherche d'informations ainsi que la rédaction par les élèves de courts rapports sur les activités de production réalisées contribuent à l'acquisition des savoirs associés aux compétences visées. Ces activités concourant au développement de compétences méthodologiques feront l'objet de structurations spécifiques.

Une mise en relation de cet enseignement avec la réalité industrielle par l'exploitation pédagogique d'une visite d'entreprise ou d'une information audiovisuelle peut compléter efficacement le dispositif.

Recommandations relatives à chaque partie du programme

Organisation et pilotage d'un dispositif de production intégré

Cet enseignement est abordé par la mise en situation systématique des activités proposées aux élèves tout au long de l'année, afin qu'ils perçoivent bien l'importance de la structure de production dont ils sont les acteurs, et qui permet la maîtrise simultanée des flux d'information et des flux physiques.

Les logiciels utilisés dans le système de production ne font pas l'objet d'une étude spécifique, l'élève doit connaître leur fonction dans le système et être largement assisté au cours des manipulations par des recours à des modes opératoires fournis.

Pour fixer les éléments à retenir sur cette partie du programme, une courte synthèse relative à un système de production présent dans l'atelier du lycée et sa mise en parallèle avec celui d'une entreprise voisine visitée doivent compléter les informations que les élèves ont repérées durant leurs activités.

Préparation de la réalisation : produit à réaliser

Les contenus concernent seulement la recherche et le décodage des caractéristiques attendues du produit à réaliser. Ils visent à dégager une méthode et une approche rigoureuses plus qu'un savoir encyclopédique sur les normes qui seront toujours disponibles.

La formalisation des savoirs est essentiellement constituée par les courts rapports rédigés par les élèves et validés par le professeur, par une sélection de documents ressources fournis et par les courtes leçons de synthèse conduisant à la consignation écrite des contenus fondamentaux.

La définition de deux ou trois spécifications judicieusement choisies et contrôlées à la fin de l'opération ou à l'occasion d'une autre activité de contrôle de conformité est à conseiller pour que l'élève fasse la relation entre ce qui est spécifié et le contrôle de conformité correspondant.

Préparation de la réalisation : processus et procédés mis en œuvre

Cette partie du programme est abordée à partir de l'observation effectuée par l'élève d'un ou des postes de travail sur lesquels il intervient. Ses propres constats, consignés par écrit et validés par l'enseignant, doivent lui permettre de repérer la logique de réalisation du produit (bien, ouvrage ou service) et sont l'essentiel de ce qu'il doit retenir. Les concepts dégagés (spécifications techniques du produit, procédés mis en œuvre, organisation de la réalisation) peuvent être complétés par une brève synthèse sur le processus considéré, éventuellement illustrée par un exemple industriel.

Un ou deux procédés peuvent également faire l'objet d'un travail de synthèse et une ou deux illustrations pourront être directement extraites du monde industriel sous la forme d'une visite d'entreprise ou d'une présentation audiovisuelle. Le professeur profite de l'occasion pour évoquer les évolutions historiques du procédé considéré.

Configuration d'un équipement, production, sécurité au poste

Les compétences de cette partie du programme sont directement en relation avec l'activité de mise en œuvre de la production.

Les constats et comptes rendus consignés par les élèves et validés par le professeur, complétés par quelques notes de synthèse en groupe entier, en appui sur les postes de travail les plus pertinents et les plus significatifs doivent mettre en exergue les compétences visées et constituer l'essentiel de ce qui est à retenir.

À propos de l'hygiène et de l'environnement, l'élève doit être amené à se préoccuper systématiquement de la nature, du stockage et du mode de collecte des effluents et déchets pour les procédés qu'il aborde au cours de l'année scolaire.

L'enseignement relatif à la prévention des risques fait partie intégrante des activités de configuration et de réalisation d'opérations de production pour lesquelles les préoccupations liées à la sécurité des personnes et des biens font l'objet d'informations et de mise en place de procédures.

L'objectif principal est surtout de donner aux élèves une éducation transversale sur l'analyse et la prévention des risques, sur le respect des consignes et procédures et sur les comportements à tenir face à des situations à risques.

Il faut noter en outre que ces activités de configuration et de production offrent pour le professeur des occasions d'aborder d'autres parties du programme : organisation, flux d'informations, etc. À cette fin, l'enseignant oriente la réflexion de l'élève qui, tout en produisant, repère et consigne les éléments relatifs à l'objectif visé.

Contrôle de la conformité

Le concept de qualité est abordé par l'approche de la conformité attendue d'un produit (biens, ouvrages ou services) aux conditions d'assemblage et de bon fonctionnement, mais aussi à la législation en vigueur.

L'enseignement relatif au contrôle des spécifications doit mettre en évidence l'importance du mesurage en technologie, avec en particulier la place du résultat par rapport à la valeur spécifiée et l'écart acceptable. Il peut être intéressant d'évoquer l'aspect pluridisciplinaire de la formation par la liaison avec les notions de mesure abordées en sciences physiques (choix d'un appareil, calibre, incertitudes) et par la relation avec des notions mathématiques (surfaces et solides géométriques élémentaires, intervalles, échantillonnage) dont certaines sont déjà acquises au collège.

Recherche d'informations

L'enseignant profite de ces situations pour aborder ou compléter quelques méthodes de recherche

documentaire, utiles pour de nombreuses tâches proposées aux élèves. Les bases de données présentes dans l'établissement organisées en réseau Intranet aideront à la construction des démarches structurées d'accès à la documentation technique. Dans le même but, les accès à Internet seront préparés par le professeur qui fera des recherches et/ou qui effectuera des saisies préalables afin de mettre l'accent sur les moteurs et les procédures logicielles sans perte de temps pour les élèves.

Rédaction de rapports d'activité

Nécessairement courts et orientés par le questionnement du professeur, ils sont l'occasion, à l'issue de la séance, d'un exercice de rédaction en français correct. À cette fin, il est préférable d'éviter la formule du document à compléter par quelques mots. L'écrit est un moyen d'acquisition et de consolidation du vocabulaire technique à privilégier. Il constituera, après validation par le professeur, une première consignation des savoirs visés par l'activité.

Mise en œuvre pédagogique

La diversité des postes de travail constitue une grande richesse mais aussi la principale difficulté de la mise en œuvre de cet enseignement. Il est en effet basé essentiellement sur la réalisation du produit (biens, ouvrages ou services) sous contrainte de qualité et il est impossible d'avoir sept ou huit postes de travail totalement identiques afin que le groupe avance de manière parfaitement homogène. Il faut donc mettre en place une organisa-

tion, des méthodes et une planification des activités compatibles avec le rythme et le contenu des synthèses.

Par contre, si les postes de production possèdent des structures similaires, comme cela est précisé ci-dessus, il n'est pas toujours nécessaire que les élèves soient passés sur chaque poste de travail avant d'aborder une synthèse. Une rotation sur trois, voire quatre semaines maximum, sur des postes de travail judicieusement choisis doit permettre au professeur de structurer des acquis associés aux centres d'intérêt visés pour tous les élèves du groupe. C'est aussi l'occasion d'organiser un véritable travail d'équipe entre les élèves, de leur donner une responsabilité mutuelle et collective et de leur faire prendre conscience de sa nécessité et de son efficacité.

La richesse pédagogique des postes de travail ou le choix particulier de l'un d'entre eux peut aussi être un moyen pertinent de remédiation ou d'aide individualisée pour un élève en difficulté, par l'offre d'activités plus élémentaires et l'accès plus progressif à la compétence attendue.

Le choix des produits à réaliser peut constituer un atout pour la construction du parcours de formation. Ils peuvent en effet être simples, achevés dans un délai très court en début d'année et permettre aux élèves de se familiariser avec le système de production. En devenant plus complexes ou pluritechniques en cours d'année, ils constituent le moyen d'aborder ou d'approfondir l'ensemble des compétences du programme et de donner du sens aux champs technologiques abordés.

Sciences de l'ingénieur

Cycle terminal de la série scientifique

Orientations générales

Introduction

Les sciences de l'ingénieur (SI) contribuent à répondre aux besoins en compétences scientifiques et techniques pour concevoir, produire et maintenir les produits de notre société. Ces derniers intègrent de multiples fonctions faisant appel à différentes technologies. Pour répondre aux exigences des utilisateurs en termes de qualité, coût, délai, l'activité industrielle de conception et de production s'est organisée en ingénierie simultanée et concurrente, qui requiert de chacun des acteurs d'appréhender l'ensemble des fonctions qui coopèrent au sein du produit. Dans ce cadre, la capacité à concevoir un produit nécessite la compréhension des principes qui régissent son fonctionnement, une culture pluritechnique des solutions constructives et une capacité à comprendre et expliciter leur comportement réel.

Les sciences de l'ingénieur en classe de première et de terminale scientifique poursuivent trois ambitions :

- construire des savoirs dans des grands domaines de technologie actuels ;
- apprendre à conjuguer ces savoirs et savoir-faire dans des démarches structurées d'analyse et de conception ;
- intégrer la dimension sociale et humaine de la technologie lors de travaux organisés en groupes de projet.

La stratégie pédagogique à mettre en œuvre, pour construire petit à petit chez l'élève la démarche de conception, procède d'une approche progressive de la complexité des produits et systèmes supports d'études, par l'alternance d'activités d'analyse de solutions existantes et d'activités de synthèse pour comprendre, faire évoluer, modifier ou créer et représenter tout ou partie d'un produit.

L'organisation de la formation s'appuie sur des approches pluridisciplinaires de problèmes techniques bien délimités et sur le travail en équipe des élèves. La réalisation d'un projet pluritechnique en fin de cycle de formation contribue à développer chez eux le goût du travail en équipe, les capacités d'écoute et d'argumentation, le sens créatif et l'esprit d'innovation. La formation en SI les prépare ainsi à la poursuite d'études dans les formations d'ingénieur ou de technicien supérieur.

Intentions du programme

La formation prend appui sur les grandes fonctions des produits actuels, qu'ils soient issus des milieux industriels ou de l'environnement quotidien des élèves.

Outre la connaissance de solutions constructives, l'étude des produits et des systèmes pluritechniques vise à développer une capacité essentielle pour un technicien supérieur et un ingénieur, qui est la perception de la relation « modèle-réel », aller et retour permanent reliant étroitement le concret à sa représentation.

La formation doit ainsi progressivement permettre à l'élève d'associer la solution constructive (existante ou imaginée et représentée) à son comportement, à l'aide des modèles scientifiques du niveau d'un élève de première ou de terminale.

L'approche proposée dans le programme s'appuie sur le concept de chaîne de fonctions, décliné en chaîne d'énergie et en chaîne d'information, qui constituent, avec l'analyse fonctionnelle et la représentation, les axes principaux de la formation. Cette structuration permet d'appréhender le maillage des différentes fonctions et l'homogénéité des solutions constructives retenues.

Ainsi, les grands champs technologiques actuels : la mécanique, l'automatique, l'électrotechnique, l'électronique, le traitement de l'information et les réseaux de communication, sont abordés dans une même logique de chaîne fonctionnelle, en dégagant les points fondamentaux de la formation, à savoir :

- les fonctions techniques et les solutions constructives satisfaisant un besoin spécifié dans un cahier des charges ;
- les modèles associés et leur utilisation pour l'étude scientifique des comportements ;
- les langages et les techniques de représentation des solutions réelles ;
- les outils et démarches de conception des produits.



rganisation de l'enseignement

Principes fondateurs

Le dispositif de formation proposé fait une large place aux travaux pratiques, tout en ménageant une plage de deux heures hebdomadaires de cours en classe entière. Selon le choix du professeur, ces heures de cours visent :

- à la découverte des concepts et à l'acquisition des connaissances qui en relèvent, dans le cadre d'une préparation aux travaux pratiques ;
- à des phases de synthèse des connaissances, menées dans le cadre d'un centre d'intérêt à l'issue des activités de travaux pratiques ;
- à des exercices d'application destinés à conforter une connaissance ciblée ;
- à des évaluations collectives dans la logique de l'épreuve écrite de l'examen.

Les travaux pratiques constituent le cœur du dispositif de formation.

- Qualitativement, ils permettent de privilégier des activités concrètes de découverte, de compréhension, de constatation, de manipulation et d'alternance entre réel et modèles.

- Quantitativement, le temps qui leur est consacré est important et permet de proposer un nombre significatif de plages d'activités pratiques : environ 80 plages de deux heures sur l'ensemble des deux années de formation, en décomptant des heures d'évaluation et de projet pluritechnique encadré (PPE). Il est donc indispensable que les équipes pédagogiques s'investissent dans leur définition et leur organisation.

Pour aider à la préparation et à la mise en œuvre des TP, des cours et du projet, il est important de répondre aux questions suivantes :

- Quels sont, parmi les savoirs et les savoir-faire cognitifs identifiés dans le référentiel, ceux qui relèvent le plus de situations de TP et ceux qui peuvent être abordés et transmis efficacement en cours ? Cette identification relève de la responsabilité de l'équipe enseignante qui intègre dans ses choix des contraintes éducatives, didactiques, techniques, matérielles, temporelles...
- Quels sont les supports de TP les plus adaptés ou les plus pertinents pour atteindre avec efficacité les

objectifs visés par l'activité pratique (type de support, instrumentation...) ?

- Comment articuler les activités (cours, TP, projets) durant l'année scolaire, avec quels centres d'intérêt ? Comment enchaîner les centres d'intérêt et choisir les répétitions et redondances utiles ?

L'annexe 2 de ce document présente, pour chaque axe de formation et pour chacun des centres d'intérêt proposés, des thèmes d'étude qui méritent d'être abordés par le biais de TP.

Cette approche permet aux équipes pédagogiques de bâtir des parcours d'apprentissages efficaces et motivants. Parallèlement aux activités d'analyse, l'approche progressive de la synthèse conduit à la réalisation d'un projet pluritechnique au cours du deuxième semestre de l'année de terminale.

Ce type d'activité s'inscrit dans la même logique que le mini-projet introduit dans le nouveau programme ISI en classe de seconde. Cette évolution importante par rapport à l'ancien programme concrétise la volonté de mettre en place une première esquisse de la démarche de conception. Il s'agit en particulier d'amener l'élève à :

- expliciter la relation besoin-fonction ;
- définir ou modifier une solution constructive répondant à un cahier des charges ;
- représenter une solution ;
- quantifier des paramètres influents du comportement ;
- réaliser et/ou mettre en œuvre tout ou partie d'une solution constructive ;
- travailler en équipe et communiquer.

C'est dans ce type d'activité que les sciences de l'ingénieur prennent tout leur sens et induisent, par une démarche créative, le goût de la réussite.

Axes principaux de la formation

La formation en SI repose sur quatre axes qui structurent les acquis. Les axes retenus, relatifs aux produits pluritechniques, sont les suivants :

- la chaîne d'information (I) ;
- la chaîne d'énergie (E) ;
- l'analyse fonctionnelle (AF) ;
- la représentation et la schématisation (R).

Les deux premiers axes sont abordés selon les points de vue suivants :

- structures fonctionnelles, architectures matérielles et logicielles ;
- connaissance des solutions constructives ;
- comportements attendus ;
- principes, règles et lois qui les régissent.

Les deux derniers axes s'intègrent de façon naturelle dans toute analyse d'un système pluritechnique. Ils permettent de le justifier par une approche technico-économique structurée et de s'approprier les différents outils nécessaires à la représentation et à la définition technique des solutions.

Ces quatre axes correspondent à des connaissances identifiées dans le chapitre C du référentiel.

Centres d'intérêt et thématiques à aborder en travaux pratiques

Les activités pratiques s'articulent autour de douze centres d'intérêt (CI) particuliers qui sont associées aux axes principaux de la formation. Le centre d'intérêt, qui est de nature cognitive ou méthodologique, cible la préoccupation pédagogique sur une classe de problèmes ou de solutions technologiques. Il permet de déterminer les activités proposées aux élèves et constitue un cadre de structuration des acquis. L'identification d'un centre d'intérêt résulte de l'analyse du programme (compétences et savoirs) et de l'identification de points-clés de la formation. Les centres d'intérêt permettent :

- une gestion temporelle du groupe d'élèves et la construction de schémas de formation avec une gestion par cycle ;
- d'exploiter des supports différents ; réciproquement, un même support technique peut contribuer aux apprentissages concernant plusieurs centres d'intérêt ; ainsi, tous les élèves d'un groupe n'ont pas nécessairement fait les mêmes manipulations à l'issue du cycle, mais ils ont eu la possibilité d'apprendre la même chose ;
- de limiter le risque de parcellisation des connaissances dans le temps, éloignant les phases de découverte et d'action des moments de synthèse et de consignation des connaissances (défaut accentué lorsque le nombre de TP différents est élevé et lorsqu'ils traitent de thèmes d'étude différents) ; lorsque le professeur arrive à proposer dans une même séquence de travaux pratiques des activités centrées autour d'un nombre de thèmes limités, cela réduit la durée d'un cycle de TP, limite les phases de présen-

tation et de synthèse et rapproche les phases d'action de celles de formalisation.

La gestion des centres d'intérêt dans les cycles successifs de travaux pratiques doit prendre en compte :

- les contraintes de durée (une proposition de répartition des durées d'enseignement est donnée dans l'annexe 1) ;
- les contraintes d'antériorité entre activités ; en particulier un même centre d'intérêt peut être présent dans des cycles successifs mais avec des compétences visées ou des degrés d'approfondissement progressivement plus importants ;
- les contraintes matérielles touchant aux objets, systèmes, appareillages divers et environnement informatique disponibles.

En identifiant quelques centres d'intérêt choisis pour leur pertinence et leur opérationnalité, l'équipe pédagogique pourra choisir de bâtir des parcours de formation structurés et dynamiques fondés à la fois sur une alternance et une association des centres d'intérêt traités, et sur une progressivité des apprentissages proposés dans chaque CI.

Pour aider les professeurs dans cette tâche, chaque centre d'intérêt est accompagné d'une liste de thèmes fondamentaux à traiter lors de travaux pratiques, de manière isolée ou en association avec d'autres.

Le document d'accompagnement propose douze centres d'intérêt présentés dans le tableau récapitulatif ci-après et associés aux thématiques d'activité. Les thématiques qui doivent faire l'objet de travaux pratiques spécifiques d'approfondissement plus importants que la moyenne sont repérés par un astérisque (*).

Cette proposition ne préjuge pas de l'évaluation et peut parfaitement être modifiée dans la pratique. Elle se veut simplement une aide à l'organisation des apprentissages durant les deux années et l'ajout d'un ou deux points par dédoublement de quelques-unes des propositions est envisageable pourvu qu'il soit formalisé et qu'il résulte d'une réflexion de l'ensemble de l'équipe pédagogique.

En effet, si un TP doit viser un ou plusieurs objectifs d'apprentissage, il doit aussi s'intégrer dans un dispositif technologique plus large qui le justifie et lui donne du sens. Certains thèmes feront appel à plusieurs TP pour atteindre l'ensemble des objectifs et il sera souvent nécessaire, sur l'initiative de l'équipe pédagogique, et pour une même thématique, de renouveler certains TP avec des supports différents pour asseoir progressivement les acquis des élèves.

La liste ne préjuge en rien de l'ordre dans lequel ils seront effectués.

Tableau 1 : Thématiques de TP à réaliser

<i>Axe</i>	<i>Thématique</i>	<i>Contenu global associé</i>
------------	-------------------	-------------------------------

CI-1 : Fonctionnalité, architecture et structure d'un système pluritechnique

AF 1	Approche externe de l'analyse fonctionnelle : le CdCF	L'identification du besoin d'un produit, de ses fonctions de service et de son cahier des charges fonctionnel
AF 2	Approche interne de l'analyse fonctionnelle : le FAST	L'architecture fonctionnelle d'un produit, ses fonctions techniques, et les flux (physique, énergie, information) qui conditionnent son fonctionnement
AF 3	Architecture fonctionnelle des chaînes d'information et d'énergie, frontières et flux	La notion de frontière de description et la typologie des entrées et des sorties

CI-2 : Représentation et schématisation

R 1	Élaboration des schémas de principe	La traduction par un schéma non normalisé d'un principe, d'une solution constructive observée
R 2*	Élaboration des schémas cinématiques, architectural ou technologique	Le codage normalisé de tout ou partie d'un système pour analyser ses mouvements, son architecture, ses composants
R 3	Élaboration des schémas électriques	L'observation et le décodage d'un circuit de puissance électrique et sa représentation normalisée symbolique
R 4	Élaboration des schémas pneumatiques	L'observation et le décodage d'un circuit pneumatique et sa représentation normalisée symbolique
R 5*	Représentation d'une pièce et arbre de construction	L'observation et l'identification de contraintes fonctionnelles d'un sous-ensemble réel et leur influence sur l'arbre de construction d'une pièce
R 6*	Représentation d'un mécanisme et arbre d'assemblage	L'observation et l'identification de contraintes fonctionnelles d'un sous-ensemble réel et leur influence sur les contraintes d'assemblage et l'arbre d'assemblage
R 7*	L'investigation sur une maquette numérique	L'exploitation des fonctionnalités basiques du logiciel pour : – extraire des pièces ou sous-ensembles en fonction d'un besoin spécifique – rechercher des limitations de fonctionnement – expliquer le fonctionnement d'un système
R 8	Le croquis plan et perspectif à main levée	L'intérêt et une maîtrise relative des croquis à main levée non normés pour exprimer une idée, un principe, préparer une construction
R 9	Le décodage de dessins 2D	Les principes du codage 2D normalisé ; décoder de manière univoque un plan 2D d'ensemble et de définition, interpréter correctement une cotation ISO simple

CI-3 : Motorisation, conversion d'énergie

E 1	Structure et fonctionnement d'un moteur à courant continu à vitesse variable	Le principe de fonctionnement, de construction et de pilotage d'un moteur à courant continu devant fournir une vitesse variable
E 2	Structure et fonctionnement d'un moteur asynchrone	Le principe de fonctionnement, de construction, de commande, de protection d'un moteur asynchrone
E 3	Structure et fonctionnement d'un actionneur linéaire	Le principe de fonctionnement, de construction et de pilotage d'un actionneur linéaire devant fournir un effort donné

CI-4 : Guidages et assemblages

E 8	Étude de la fonction : assemblage	Les principales solutions constructives de liaisons complètes, démontables et permanentes, standardisées et spécifiques
E 9 *	Étude de la fonction : guidage en translation	Les principales solutions constructives de guidage en translation, standardisées et spécifiques
E 10 *	Étude de la fonction : guidage en rotation	Les principales solutions constructives de guidage en rotation, standardisées et spécifiques
E 14	Modélisation des assemblages mécaniques	Le principe du passage du réel au modèle cinématique d'un assemblage, comportement local et mobilité d'une liaison

CI-5 : Transmission de puissance, transformation de mouvement

E 11	Étude de la fonction transmission de puissance entre arbres parallèles	Le principe de transmission de puissance (géométrie, couple, vitesse, pertes) sur le cas particulier d'un mécanisme intégrant des arbres parallèles
E 12 *	Étude de la fonction transformation de mouvement	Le principe de transformation de mouvement (géométrie, trajectoires, vitesse, accélérations) sur le cas particulier d'un mécanisme intégrant un mouvement plan
E 15 *	Mouvements de solides plan sur plan	Les concepts de trajectoire, de vitesse et d'accélération, de modélisation vectorielle pour un mouvement particulier plan sur plan
E 17 *	Simulation du comportement mécanique (cinématique) d'un système	Le fonctionnement et le dimensionnement d'un mécanisme par simulation informatique à partir d'un modèle

CI-6 : Comportement statique et élastique des solides

E 13 *	Principe de l'isolement et étude de l'équilibre statique d'un solide	La modélisation vectorielle des efforts, la notion d'isolement d'un solide dans un mécanisme et le principe d'un solide en équilibre statique
E 18	Sollicitations et déformations élastiques d'un solide	Les concepts de sollicitations simples, des déformations associées et des exemples d'utilisation techniques classiques (ressorts)

E 19	Simulation du comportement mécanique sous charge d'une pièce	Les rôles des formes, des dimensions, du matériau d'une pièce simple par simulation informatique du comportement sous charge à partir de sa maquette numérique
------	--	--

CI-7 : Comportement dynamique et énergétique des systèmes

E 4 *	Architecture, puissance et rendement d'une chaîne d'énergie	L'existence et la transformation de différentes formes d'énergie, leur dégradation et la relation entre énergie et puissance
E 7	Chaîne d'énergie directe et inverse : réversibilité	Le principe de la réversibilité mécanique étudié sur un mécanisme intégrant un système ou un composant approprié et le principe de la dissipation de l'énergie en chaîne inverse
E 16	Étude dynamique d'un solide (translation et rotation)	Comportement dynamique d'un solide isolé en rotation autour d'un axe fixe ou en translation

CI-8 : Pilotage, contrôle et comportement d'un système pluritechnique

E 5	Liaison entre la chaîne d'énergie et la chaîne d'information	Les relations et connexions entre chaînes d'information et d'énergie, d'un point de vue interface de puissance
E 6 *	La modulation de l'énergie (liaison avec la chaîne d'information)	Les relations et connexions entre chaînes d'information et d'énergie d'un point de vue commande de la modulation de l'énergie
I 5 *	La commande de la chaîne d'énergie	Les relations entre chaînes d'information et d'énergie d'un point de vue interface de commande avec la puissance
I 13 *	Comportement réel d'un système pluritechnique	Les écarts entre le comportement spécifié d'une commande et un comportement réel observé

CI-9 : Acquisition et conditionnement des informations

I 3	Transformation d'une grandeur physique à mesurer en une grandeur mesurable par détecteur TOR	Les principales solutions de transformation d'une grandeur physique à mesurer en une grandeur mesurable par détecteur TOR Les contraintes de compatibilité d'une chaîne d'acquisition avec une chaîne d'information
I 4	Transformation d'une grandeur physique à mesurer en une grandeur mesurable par capteur à sortie analogique ou numérique	Le conditionnement du signal Le traitement des signaux numériques en sortie du capteur

CI-10 : Traitement de l'information

I 1	Structure et principe de fonctionnement d'un automate programmable industriel	Les structures matérielles et les spécificités de fonctionnement des API dans le contexte du contrôle de processus industriels
-----	---	--

I 2	Structure et principe de fonctionnement d'un système à base de carte à microprocesseur	La structure matérielle et les spécificités des systèmes à base de microcontrôleur
I 11	Les systèmes numériques : mise en œuvre d'un micro-contrôleur	La notion de réutilisation. Composants logiciels réutilisables dans un langage de haut niveau La lecture de la traduction d'une partie d'un algorithme en langage de haut niveau

CI-11 : Systèmes logiques (traitement combinatoire et séquentiel) et numériques

I 6 *	Les systèmes logiques combinatoires	La commande combinatoire de systèmes simples ainsi que les représentations associées
I 7 *	Systèmes logiques séquentiels : la fonction mémoire	La fonction mémoire et les technologies associées : réalisations logicielles et matérielles
I 8 *	Systèmes logiques séquentiels : les fonctions comptage et retard	Les boîtes fonctionnelles comptage et retard ainsi que les caractéristiques d'évolution temporelle des entrées/sorties de ces opérateurs
I 9 *	Systèmes logiques séquentiels : Grafcet	La description de comportements séquentiels par l'outil Grafcet. Son utilisation et sa mise en œuvre
I 10	Systèmes numériques : implantation d'un algorithme en langage littéral structuré	Les bases de l'algorithmique appliquées à des systèmes ainsi que la mise en œuvre de programmes de commande de processus simples

CI-12 : Communication et réseaux

I 12 *	La communication de l'information	L'architecture d'un réseau de communication ainsi que sa configuration (adressage) Les contraintes de compatibilité des constituants interconnectés
--------	-----------------------------------	--

Utilisation des niveaux taxonomiques

S'il n'était pas limité par des niveaux taxonomiques, le programme de SI aurait une dimension telle qu'il pourrait convenir à des formations supérieures. La prise en compte de ces niveaux d'acquisition et de maîtrise est donc un élément déterminant pour la construction de la formation en sciences de l'ingénieur.

La difficulté, pour l'élaboration des séquences d'enseignement, est relative au degré d'approfondissement qu'il y a lieu d'effectuer par rapport à un savoir ou un savoir-faire. Dans le cadre du baccalauréat S-SI, quatre niveaux ont été retenus :

Niveau 1 : niveau de l'information

L'élève sait de quoi il parle. Il peut donc par exemple identifier, reconnaître, citer, éventuelle-

ment désigner un élément, un composant sur une représentation ou au sein d'un système. À ce niveau, l'élève n'est pas capable d'expliquer, ni d'associer un réel à une de ses représentations.

Niveau 2 : niveau de l'expression

Ce niveau est relatif à l'acquisition de moyens d'expression et de communication en utilisant le registre langagier de la discipline. Il s'agit à ce niveau de maîtriser un savoir. L'élève doit « parler » de l'objet de l'étude en expliquant par exemple un fonctionnement, une structure, etc.

Niveau 3 : niveau de la maîtrise d'outils

Cette maîtrise porte sur la mise en œuvre de techniques, de règles et de principes en vue d'un résultat à atteindre. C'est le niveau d'acquisition de savoir-faire cognitifs (méthode, stratégie...). Ce niveau permet donc de simuler, de mettre en œuvre

un équipement, de réaliser des représentations, de faire un choix argumenté, etc.

Niveau 4 : niveau de la maîtrise méthodologique

Il vise à poser puis à résoudre les problèmes. Il correspond à une maîtrise totale de démarche en vue d'un but à atteindre.

Le programme de SI n'a pas, en terme de savoirs, d'objectifs de niveau 4.

Il est clair que si chacun des niveaux contient le précédent, il faut être attentif à ne pas dépasser les exigences attendues. Les évaluations à conduire ne se réfèrent, pour cette formation, qu'aux niveaux 2 et 3 pour lesquels elles sont aisées à concevoir.

Les niveaux taxonomiques précisés dans le programme officiel, rapprochés du tableau de l'annexe 1, permettent de construire les TP et les cours et d'organiser la progressivité des apprentissages.

En effet, ils sont un indicateur précieux pour :

- déterminer la durée de chaque apprentissage (plus le niveau est élevé, plus il faut y consacrer de temps) ;
- choisir et organiser les redondances utiles (plus le niveau est élevé et plus il faudra revenir sur la connaissance ou le savoir-faire visé).

Le niveau détermine aussi, pour partie, le choix des supports et systèmes : en effet, plus il est élevé et plus la variété des situations proposées aux élèves, et donc souvent celle des systèmes supports, devra être importante si l'on veut soutenir l'intérêt des élèves et limiter la lassitude qui peut s'installer lors d'une utilisation par trop répétée d'un même système technique.

Planification des activités

L'approche pluritechnique d'un système exige la mobilisation simultanée de savoirs et de savoir-faire relatifs à plusieurs domaines de technologie. Il est donc important que les élèves puissent trouver un professeur capable de répondre à leurs attentes quelles que soient les tâches qu'ils mènent. Lorsque l'enseignement est assuré par deux enseignants de sciences de l'ingénieur, il est conseillé d'accueillir une classe entière dans un site unique en présence des deux enseignants, sur une plage de quatre heures consécutives de travaux pratiques. Dans tous les cas, l'évaluation sera unique et ne fera l'objet que d'une seule note et d'une seule appréciation sur le bulletin scolaire de l'élève.

Les activités de travaux pratiques sont à privilégier sur des durées de 2 heures (soit deux TP courts par plage de 4 heures). Cette durée, relativement courte, induit la création de TP conçus pour une mise en œuvre rapide des équipements et pour atteindre directement un objectif d'apprentissage. Ce choix présente les avantages suivants :

- l'objectif de formation est ciblé et souvent unique ;
- l'estimation du niveau d'acquisition de cet objectif est simplifiée ;
- l'élève identifie son apprentissage et évalue sa performance ;
- l'activité proposée est courte, précise et dynamique.

Par contre, dans certaines activités pratiques (interventions physiques sur le système, configuration matérielle, tests de programme, etc.), la durée de 2 heures est trop courte et le professeur doit pouvoir proposer des plages de 3 heures.

Afin de disposer de plages de durées variables de 2 à 3 heures consécutives pour la mise en œuvre de certains travaux pratiques, tout en conservant la possibilité d'activités pratiques de deux heures et pour faciliter l'organisation des activités de TPE (travaux personnels encadrés) et de PPE (projet pluritechnique encadré), il est proposé de planifier les 8 heures d'enseignement de SI sur deux plages non consécutives de 4 heures, permettant de prévoir :

- 2 heures de cours en classe entière (un professeur) ;
- 6 heures d'activités pratiques de SI en classe entière (deux professeurs) respectant une moyenne annuelle de 4 heures de travaux pratiques sur une plage, soit de 4 heures consécutives, soit de 2 heures de TPE ou de PPE, selon le cas.

Le tableau 2 illustre des configurations possibles de planification des activités (associant les TPE en première et le PPE en terminale) selon les besoins pédagogiques du moment. Ce mode de fonctionnement souple et variable impose d'informer les professeurs des enseignements généraux associés aux TPE et éventuellement au PPE des plages horaires de travail des élèves et du rythme des alternances.

Tableau 2 : Exemples d'organisations des séances d'activités pratiques

Cours de SI : 2 h	TPE ou PPE : 2h	TP : 2h	TP : 2h
Cours de SI : 2 h	TPE ou PPE : 2h	TP : 3h	Syn : 1h
Cours de SI : 2 h	TPE ou PPE : 2h	TPE ou PPE : 3h	Syn : 1h
Cours de SI : 2 h	TPE ou PPE : 2h	TPE ou PPE : 2h	

L es travaux pratiques

Ce document traite de deux aspects importants et complémentaires des travaux pratiques à mettre en œuvre dans la formation en SI :

- leur pertinence d'un point de vue pédagogique, en proposant une typologie des activités pratiques selon des objectifs pédagogiques identifiés ;
- les supports techniques sur lesquels ils s'appuient, qui constituent l'équipement des laboratoires et qui doivent être choisis avec attention pour répondre aux objectifs précédents.

Typologie des travaux pratiques

Les activités de travaux pratiques ont, dans les enseignements de SI, une quadruple vocation :

- la découverte et la construction d'une représentation d'un savoir nouveau ;
- l'application et la mise en œuvre de savoirs et savoir-faire à des situations variées dans une logique de consolidation des connaissances qui impose redondance et récurrence des apprentissages ;
- la recherche et la validation des solutions techniques dans le cadre du projet pluritechnique encadré ;
- l'évaluation de compétences attachées aux activités pratiques.

Cette classification montre que le terme « travaux pratiques » recouvre une grande variété de situations pédagogiques, qui peuvent toutes être pertinentes à un instant donné, mais qui doivent être adaptées à la situation de formation envisagée.

Dans cette formation les TP sont systématiquement associés à :

- un support technique réel, représentatif de l'état actuel des techniques, donc porteur de sens pour les élèves et qui participe à l'augmentation de leur culture des solutions constructives ;
- une problématique technique réaliste, donnant du sens aux apprentissages ;
- un aller et retour systématique entre le fonctionnement réel et les modèles scientifiques et techniques utilisés pour l'expliquer et justifier son comportement et ses performances.

Appréhender un savoir nouveau

Dans ce cas, l'élève est en situation de découverte. Il ne connaît pas le concept proposé, n'en a pas de représentation mentale juste ou en a une représentation incomplète. La ou les activités proposées vont lui permettre de découvrir une connaissance attachée à :

- une loi, une règle, un principe ;
- une méthodologie, une procédure ;
- une architecture, une solution constructive.

Cette mise en situation concrète et motivante permet au professeur d'engager ultérieurement des approfondissements scientifiques et technologiques fondés sur une réalité observée. Il est évident que cette première rencontre avec un concept ou une solution est fondamentale et qu'elle doit installer dans la pensée de l'élève des notions pouvant être limitées mais justes.

Le rôle de ce type de travail pratique est fondamental pour la présentation de concepts relevant de procédures de fonctionnement, de constatation des effets d'une loi, d'une règle, d'une démarche. De plus, il installe les bonnes représentations mentales des phénomènes, ce qui est indispensable à la compréhension fine et à la mémorisation des lois et des principes qui sont associés aux problèmes techniques abordés.

Mettre en œuvre savoirs et savoir-faire

Après avoir découvert et approché un concept, le professeur propose à l'élève d'approfondir sa connaissance et sa maîtrise opératoire au travers d'une activité concrète menée en autonomie complète ou partielle (travail seul, en binôme, en équipe...). L'action proposée s'appuie sur des savoirs formalisés antérieurement et permet, dans un cadre souvent convivial et propice au dialogue entre élèves et avec le professeur, de lever des ambiguïtés, de corriger des incompréhensions, de compléter et d'approfondir des connaissances dans un contexte technologique fort qui donne du sens à cette activité.

Pour être efficace, ce type de travail pratique doit :

- s'appuyer sur un produit réel, sur la résolution d'une problématique technique pertinente et intégrer l'alternance entre réel et modèle ; cette approche donne du sens aux apprentissages et évite des comportements d'élèves qui viseraient d'abord à « répondre à des questions », sans percevoir les tenants et aboutissants technologiques de leur travail et sans dégager ni consigner des connaissances particulières ;

- favoriser l'autonomie de réflexion des élèves et leurs capacités de propositions ; il ne suffit pas de proposer un document de guidance fort, de décomposer à l'extrême le problème posé, de se satisfaire que le TP soit terminé dans le temps imparti et avec le maximum d'autonomie des élèves, pour affirmer qu'il aura été formateur.

Il apparaît donc indispensable de trouver dans ce type de travail pratique son objectif premier qui est :

- pour le professeur, de dégager les points de blocage et d'apporter en temps réel des propositions de remédiation en mobilisant les savoirs et savoir-faire dans des situations différentes, dans une logique de redondance aidant à la consolidation ;
- pour l'élève, de travailler dans un contexte technique réel qui lui donne envie de comprendre et de réussir.

Rechercher et valider des solutions techniques

Cette activité particulière est proposée dans le cadre du projet pluritechnique encadré.

Dans les démarches industrielles de conception, il s'agit de répondre à une demande technique exprimée et formalisée (spécification du besoin, cahier des charges), en mettant en œuvre une démarche à caractère professionnel, garantissant la qualité de la prestation et de sa production.

Dans le cadre du projet pluritechnique encadré, les activités attendues peuvent correspondre en partie à cette approche lorsqu'un certain nombre de conditions sont réunies, comme :

- l'assistance technique et organisationnelle du professeur, qui doit être ici importante ;
- le niveau de technicité attendu, qui doit rester limité et réaliste ;
- la résolution d'un problème concret et motivant, qui amène les élèves à se dépasser collectivement et à atteindre ponctuellement des niveaux de performance élevés.

Ces travaux pratiques particuliers permettent de mettre en œuvre tous les outils techniques appréhendés en cours de formation (analyses, simulation des comportements, programmation, agencement de composants, câblages, outils de représentation, etc.)

dans une logique de conception et de travail en équipe.

Évaluer

La formation en SI faisant une large place aux savoir-faire cognitifs, il est indispensable de les évaluer dans des phases spécifiques, dans la logique de l'épreuve d'examen. Cette prise en compte particulière présente également l'avantage de ne pas mélanger dans une même phase des activités de formation (durant lesquelles les élèves ont un droit à l'erreur qui doit être utile à la consolidation des savoirs) et des activités d'évaluation sommative fondées sur un contrat explicite passé entre élève et professeur.

Il revient donc à l'équipe enseignante d'identifier les savoir-faire cognitifs relevant de ces évaluations et de proposer des activités d'évaluation courtes (2 heures), ciblées et supportées par des produits du laboratoire de sciences de l'ingénieur.

Typologie des supports de travaux pratiques

Les applications et expérimentations nécessaires à l'appropriation des connaissances sont conduites au laboratoire sur des équipements retenus pour leur représentativité, leur modernité et leur pertinence pédagogique.

Le programme de SI ouvre largement l'éventail des supports d'étude possibles.

En complément des systèmes de production automatisés (généralement de conditionnement et de manutention), déjà largement présents dans les laboratoires, il intègre maintenant les objets pluritechniques de l'environnement quotidien de l'élève, représentatifs des techniques actuelles, qu'ils soient ou non automatisés.

Les supports de travaux pratiques peuvent être classés selon deux approches complémentaires :

- en fonction de leur utilisation initiale, ce qui permet aux équipes enseignantes d'essayer de respecter un équilibre entre les différentes familles de produits représentées dans les laboratoires ;
- en fonction des aménagements didactiques, qui peuvent être inexistantes, limités ou conséquents et complexes.

Classification des systèmes supports de travaux pratiques

Le tableau 3 propose une classification possible des familles de supports disponibles sur le marché des produits pédagogiques et les caractérise selon des critères techniques et pédagogiques.

Adaptation des supports aux activités de travaux pratiques

À partir de leur état commercial, les supports sont mis à disposition des élèves dans des configurations adaptées aux objectifs pédagogiques.

Les systèmes sans adaptation particulière

Il s'agit alors de systèmes simples, accessibles, non dangereux, qui fonctionnent manuellement (pas d'énergies dangereuses ou à très basse énergie et à dynamique lente), dont on peut mesurer les performances très simplement à l'aide d'instruments classiques portables (ampèremètre, voltmètre, oscilloscope, dynamomètre, tachymètre, règle graduée, comparateur, manomètre...).

Ces supports sont intéressants car ils sont en général peu coûteux et peuvent participer activement au

développement de la culture technique des élèves en :

- permettant d'augmenter le nombre de systèmes découverts et étudiés sur un cycle de formation ;
- illustrant simplement des solutions constructives industrialisées et compétitives, par le montage et le démontage si cela est possible, l'identification des composants ;
- facilitant la découverte concrète de base sur les matériaux, les composants, les procédés... par le toucher, la manipulation directe ;
- privilégiant les activités laissant une large initiative aux élèves, exigeant des manipulations de mesures simples mais indispensables.

Parfois, cette configuration vient en complément du même système instrumenté plus important, qui, pour des raisons de sécurité, n'autorise pas un accès direct au produit en situation.

Tableau 3 : Classification des supports de travaux pratiques

Familles de systèmes		Exemples (liste non exhaustive)	Caractéristiques
Produits industriels	Systèmes de production de bien ou de service	<i>Générateur, transformateur d'énergie</i> <i>Pompe solaire</i> <i>Systèmes de contrôle d'accès</i>	Avantages : – partie opérative à structure simple – chaînes d'énergie et de commandes identifiables et ouvertes – intégration des fonctions limitées – programmation accessible et adaptée à une variété de tâches – interface homme-machine explicite Inconvénients : – image peu représentative de la technologie quotidienne des jeunes
	Systèmes d'assemblage et de conditionnement	<i>Systèmes de remplissage</i> <i>Appareils portatifs, outillages</i> <i>Systèmes de positionnement</i>	
	Systèmes de manutention	<i>Systèmes de convoyage</i> <i>Systèmes de tri de pièces</i> <i>Systèmes d'assemblage</i> <i>Systèmes de contrôle</i> <i>Commande d'axe</i>	
Produits grand public	Systèmes « fermés » pré-programmés	<i>Périphériques de micro-informatique</i> <i>Systèmes embarqués</i> <i>Systèmes de transports</i> <i>Systèmes immotiques</i> <i>Appareils électroménagers</i>	Avantages : – image très représentative des technologies actuelles – programmation accessible et adaptée à des tâches spécifiques Inconvénients : – partie opérative à structure parfois complexe – intégration élevée des fonctions – chaînes d'énergie et de commandes peu lisibles – interface homme/machine limitée
	Systèmes programmables	<i>Robots domestiques</i> <i>Systèmes de loisirs et de sports</i> <i>Appareils associés à la micro-informatique, l'audiovisuel</i> <i>Jouets scientifiques</i>	
Produits didactiques	Études des comportements d'un actionneur	<i>Banc d'étude d'un vérin pneumatique</i> <i>Banc d'étude d'une motorisation électrique</i>	Produits dédiés à un apprentissage précis, permettant des activités pratiques de découverte, d'analyse et de formalisation des connaissances

<i>Familles de systèmes</i>		<i>Exemples (liste non exhaustive)</i>	<i>Caractéristiques</i>
	Platines de tests d'une famille de composants Étude d'un concept, d'une loi	<i>Platine de câblage de commande d'un actionneur Platine de tests de capteurs Appareil permettant la matérialisation des efforts dans une liaison Pince photo élastique Banc de traction-flexion</i>	

Les systèmes didactisés

Il s'agit de rendre possible l'utilisation et l'investigation des élèves dans un système technique, un sous-système, un composant. Certains systèmes sont dangereux (risques de coupure, de coincements, de chocs électriques) et sont conçus pour protéger leurs utilisateurs... ce qui empêche généralement les élèves d'accéder à l'observation, la mesure, l'analyse du fonctionnement, etc. Pour être utilisés dans le laboratoire ces systèmes sont donc aménagés (protections particulières, sorties de mesures déportées, pièces transparentes, assemblages coupés, pièces usinées à de nouvelles dimensions...).

Dans d'autres cas, la didactisation permet de privilégier l'étude d'un sous-système particulier qu'il faut replacer dans son contexte. Le produit peut alors être simplifié, maqueté de façon à justifier le rôle et l'étude du support de formation. Lorsqu'il faut étudier un composant ou une famille de composants, il est parfois intéressant de mettre ce dernier dans une ou plusieurs situations de fonctionnement pour expliciter certaines de ses caractéristiques, en lien avec la documentation industrielle.

Les systèmes instrumentés

Il s'agit de systèmes dont l'étude nécessite une mise en situation précise, pour investiguer des lois d'entrée-sortie particulières, exigeant une instrumentation fixe et préréglée. Cette instrumentation est parfois lourde et conduit à des systèmes fermés, peu flexibles, conçus pour répondre à des activités identifiées. Ces systèmes intègrent souvent un interfaçage vers un micro-ordinateur pour permettre la saisie des informations de mesure, leur traitement et leur présentation. Ils doivent également être complétés par la mise à disposition de sous-systèmes d'étude complémentaires facilitant la découverte et la compréhension des constituants.

Globalement, dans un laboratoire de sciences de l'ingénieur, aucune configuration de système n'est prépondérante sur les autres ; elles sont complémentaires, associables et doivent répondre à des objectifs pédagogiques de formation scientifique et technologique.

Il sera possible de trouver des mécanismes simples, non didactisés et non instrumentés à côté de systèmes plus importants, didactisés ou instrumentés qui, à cause de leur capacité à réaliser un maximum d'activités pertinentes, pourront être en nombre significatif (il restera à vérifier que ces systèmes onéreux et complexes offrent un nombre suffisant d'exploitations pour justifier leur coût).

L'approche système

Dans la continuité de l'ancien programme de technologie industrielle, afin d'aider nos élèves à aborder en analyse et en conception des produits et systèmes pluritechniques souvent complexes, l'approche globale et structurée a été privilégiée. L'approche système donne en effet les outils conceptuels utiles en SI à toute démarche d'analyse et de conception, qui se doit d'être rigoureuse et qui nécessite de structurer sa pensée.

La fonction principale de tout système pluritechnique étudié en SI est d'apporter une valeur ajoutée à un flux de matière, de données et/ou d'énergie. Pour chacun de ces trois types de flux, un ensemble de procédés élémentaires de stockage, de transport et/ou de traitement est mis en œuvre pour apporter la valeur ajoutée au(x) flux entrant(s).

On peut distinguer au sein des systèmes pluritechniques deux parties, l'une agissant sur les flux de données, appelée chaîne d'information, l'autre agissant sur les flux de matières et d'énergies, appelée chaîne d'énergie.

Les évolutions les plus notables, ces dernières années, portent sur le développement de la chaîne d'information, son élargissement et son intégration dans les réseaux mondiaux. Cette évolution irréversible est intégrée dans les enseignements de SI. Par ailleurs, elle permet d'illustrer la variété des niveaux de hiérarchies décisionnelles utilisés dans le pilotage des systèmes (du pilotage temps réel automatique au plus près des actionneurs, au pilotage à distance sur décision humaine).

L'approche par fonctions – analyse et synthèse

L'approche pluritechnique de la technologie par les fonctions techniques des produits a le double avantage d'induire simultanément les démarches d'analyse (apprentissage) et de synthèse (conception), en

fournissant un cadre cognitif systématique (voir figure 2 page suivante).

Lors de l'apprentissage, l'élève « transforme le produit en connaissance ». Il mémorise l'architecture et les flux (information, énergie et matières) avec une compréhension globale du fonctionnement géré par la succession des fonctions. Puis, par l'étude des fonctions techniques, il assimile simultanément dans un cadre cohérent les solutions constructives qui les réalisent et les principes de comportement qui gèrent leur fonctionnement réel.

En projet de conception, partant du concept de produit, traduit par exemple par le diagramme FAST, il devient ainsi capable de mobiliser ses acquis structurés pour la recherche de la solution adaptée à chacune des fonctions techniques, et l'étude de son fonctionnement avec son dimensionnement.

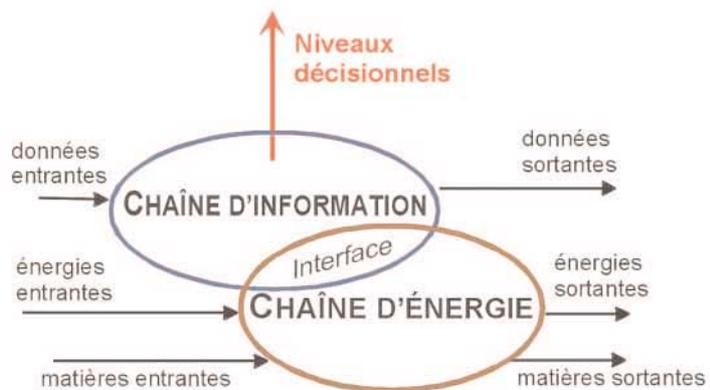


Figure 1. Modèle général d'un système pluritechnique.

L'approche globale des systèmes, en vue de leur analyse ou de leur conception, conduit à distinguer deux entités génériques :

- la chaîne d'information (qui transfère, stocke, transforme l'information) ;
 - la chaîne d'énergie (qui transforme l'énergie et permet d'agir sur le système physique),
- chacune décomposée en un nombre limité de fonctions techniques principales, qui fournissent le cadre des apprentissages de la formation et de la pensée en système. Cette structure type est représentée sur la figure 3 (page suivante).

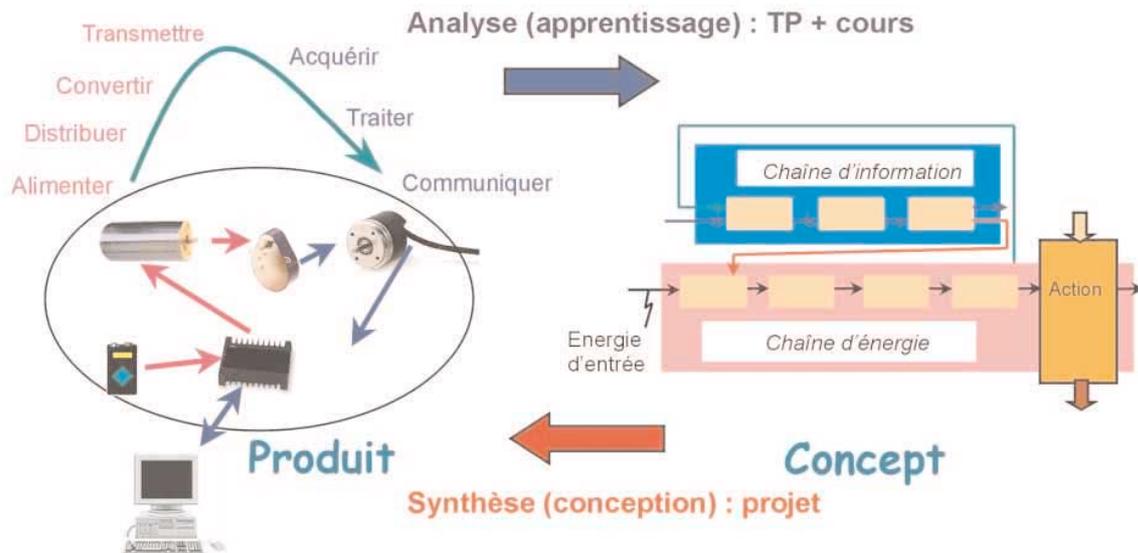


Figure 2. L'approche par fonctions dans les démarches d'analyse et de synthèse.

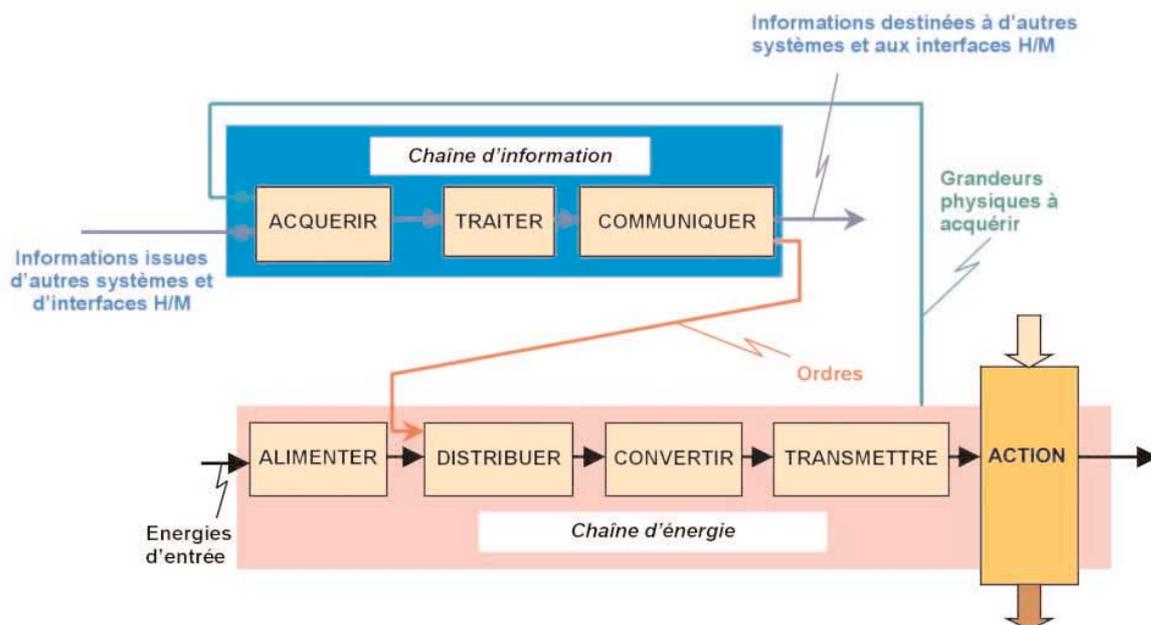


Figure 3. Les fonctions génériques présentes dans les chaînes d'énergie et d'information d'un système pluritechnique.

Approches externe et interne des fonctions techniques

Pour compléter cette logique d'analyse, chacun de ces deux axes principaux de la formation est proposé à l'étude des élèves selon deux niveaux.

Une approche externe

Elle permet de comprendre les architectures et d'explicitier le fonctionnement global en :

- identifiant, définissant, justifiant chaque fonction d'une chaîne, sa solution constructive, ses solutions d'adaptation ;
- quantifiant les relations entre les grandeurs physiques d'entrée et de sortie et les interactions entre les fonctions successives par des mesures, des documents techniques, des modèles, des simulations ;
- identifiant et quantifiant les flux et les transformations d'énergie (puissance) et d'information (nature, protocole...).

Cette démarche est essentielle à la compréhension globale des systèmes et à l'acquisition progressive de

la culture technique des élèves. Elle ne doit pas être sous-estimée et doit représenter une partie non négligeable de leurs activités.

Une approche interne

Elle permet la compréhension du fonctionnement et le rapprochement du comportement réel avec les principes, lois et modèles par des approfondissements locaux en :

- identifiant, définissant et justifiant la structure matérielle d'une solution constructive réalisant une fonction donnée ;
- intervenant finement sur l'analyse et la vérification d'une performance donnée, son adaptation et sa modification.

Cette approche interne ne concernant généralement que des constituants internes mécaniques, électriques, électroniques et informatiques, le référentiel limite de fait le niveau d'approfondissement attendu (il est évident que les objectifs de formation visés, le temps imparti et le niveau d'étude ne permettent pas un traitement exhaustif de chaque centre d'intérêt...).

Une analyse des compétences attendues et des connaissances associées du référentiel montre que l'analyse mécanique des constituants reste globale, les comportements locaux ne sont pas approfondis et servent à justifier qualitativement une solution constructive.

D'autre part, il est à noter que le référentiel préconise une approche de l'électronique plus fonctionnelle, privilégiant les aspects logiciels et matériels. L'électronique du signal analogique, autour des composants ou constituants élémentaires, n'est plus traitée, alors qu'elle tenait une place importante dans l'ancien référentiel.

Ce choix est dicté par le haut niveau d'intégration entre les fonctions techniques globales présentes dans une structure électronique et les composants de plus en plus intégrés qui la composent physiquement. Cette évolution repousse l'analyse et la conception de tels produits à des niveaux de formation plus élevés et rend quasi-impossibles des investigations physiques sur des fonctions élémentaires, ainsi que les simulations du comportement analogique d'une carte, qui ne sont plus d'actualité.

Axes principaux de la formation

La chaîne d'énergie

Le concept de la chaîne d'énergie

La chaîne d'énergie, associée à sa commande, assure la réalisation d'une fonction de service dont les caractéristiques sont spécifiées dans le cahier des charges. Repérable sur la plupart des produits et systèmes de notre environnement et des milieux industriels, elle est constituée des fonctions génériques : alimenter, distribuer, convertir, transmettre qui contribuent à la réalisation d'une action (voir figure 4). L'action à réaliser impose un flux d'énergie (sens et niveau) que le système doit transmettre et gérer par sa commande. Les performances dépendent des caractéristiques des divers constituants.

Dans ce contexte, le programme précise les contenus détaillés dans deux parties intimement liées : les chapitres B1 et B2 pour les solutions constructives et le chapitre C1 pour les principes physiques et les lois de comportement qui leur sont associés. L'étude par les élèves d'une chaîne d'énergie intègrera donc simultanément des contenus appartenant à ces différents chapitres.

Cette partie du programme est à mettre en relation avec le cours de physique de première scientifique. Le programme appelle en particulier les savoirs acquis sur l'énergie potentielle ou interne de pesanteur, élastique ou thermique ; l'équivalence

entre travail (ou puissance) et variation d'énergie cinétique (par unité de temps) ; les transformations d'énergie potentielle en énergie cinétique ; le couplage électro-mécanique et sa réversibilité ; les notions de conservation d'énergie (ou de puissance), de dissipation, de rendement et de bilan. De même, la vibration d'un système masse-ressort, vue en terminale, pourra être rapprochée de l'observation des vibrations induites dans un système, les éléments ressorts pouvant être l'élasticité d'un élément de structure ou d'un contact.

Il est donc souhaitable qu'une coordination étroite s'établisse entre l'enseignant de sciences de l'ingénieur et l'enseignant de physique. En particulier, il est très important que l'élève distingue bien comment les lois fondamentales abordées en sciences physiques autour de la mécanique du point dans des situations idéales, se traduisent dans les comportements des solides, déformables ou non, à l'intérieur des solutions constructives qu'il découvre dans les sciences de l'ingénieur.

Les approches externe et interne de la chaîne d'énergie

L'étude des chaînes d'énergie sera conduite selon les deux approches : externe et interne, en s'appuyant systématiquement sur le réel et sur ses représentations.

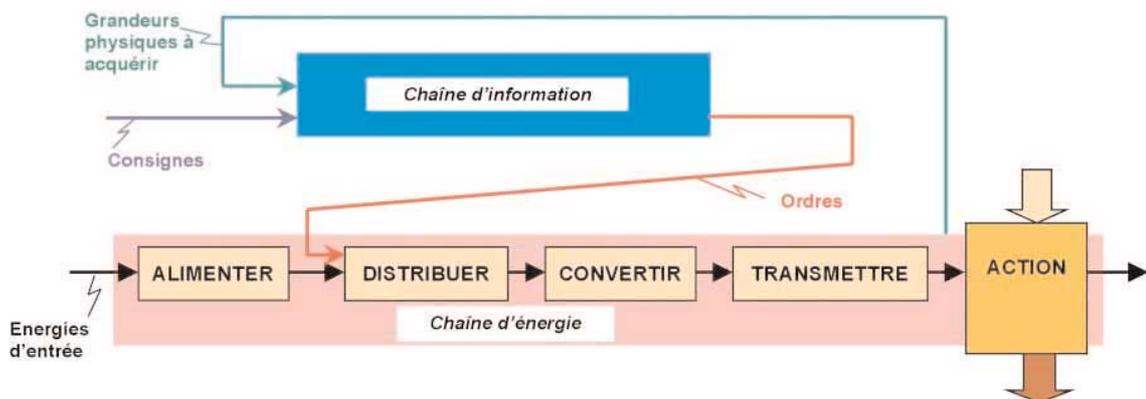


Figure 4. Chaîne d'énergie et structure fonctionnelle globale d'un système.

L'approche externe

L'approche externe de la chaîne d'énergie et de ses composants conduit à définir la nature et les formes d'énergies utilisées ainsi que leur évolution (niveau de puissance) sur le trajet du flux d'énergie. Les notions d'élément moteur, d'élément récepteur, d'échanges avec le milieu extérieur, de puissances transmises et dissipées, et donc de rendement, peuvent ainsi être introduites.

Cela doit conduire, par des observations et des mesures, à l'identification et, lorsque cela est possible, à la quantification des paramètres d'entrée et de sortie de chacun des constituants de la chaîne. Il est essentiel d'aborder concrètement les ordres de grandeur des énergies, de la puissance, les notions de point de fonctionnement, de rendement d'un composant et de rendement global d'une chaîne d'énergie.

La prise en compte des contraintes d'implantation, de liaison ou de connexion et de mise en œuvre des composants de la chaîne vise à faire émerger les notions de compatibilité entre les constituants et d'homogénéité d'une chaîne d'énergie dans son ensemble, qui contribuent à construire les bases d'une bonne démarche de conception.

L'approche interne

Cette approche s'intéresse aux solutions constructives réalisant les fonctions techniques qui cohabitent au sein du système étudié. Elle conduit à associer à ces solutions constructives les principes physiques mis en jeu et les modèles de comportement permettant : en démarche d'analyse, la détection, la compréhension et l'évaluation des phénomènes ; en phase de projet, la recherche d'une solution, sa validation et son dimensionnement.

Il est donc nécessaire de développer chez l'élève, à côté d'une indispensable et essentielle culture des solutions constructives, une capacité à passer de la solution réelle ou de sa représentation, à un modèle auquel on peut associer les lois et les principes qui régissent son comportement.

À cet effet, le chapitre C1 précise les savoirs et savoir-faire fondamentaux relatifs aux modèles, aux comportements mécaniques et aux comportements énergétiques pour constituer, en association avec les solutions constructives correspondantes, les bases des sciences de l'ingénieur.

Le comportement mécanique

Le contenu du programme relatif au comportement mécanique s'appuie majoritairement sur le concept de solide (statique, cinématique, dynamique). Une nécessaire sensibilisation à la déformation des matériaux est introduite afin d'aider l'élève à comprendre certains phénomènes observés liés à la réalité du comportement des structures (déformations, vibra-

tions) et le sensibiliser aux modèles de comportement plus élaborés qu'il abordera lors de sa poursuite d'études.

L'outil torseur n'est pas inscrit au programme. Afin de construire chez l'élève le sens mécanique du passage d'un représentant local à un représentant global, la modélisation des actions mécaniques doit se faire progressivement, à partir d'hypothèses simplificatrices sur la nature et le comportement des contacts suivant chacune des directions du repère choisi. Cela doit conduire au modèle global de résultante générale et de moment résultant en un point précis pour lesquels la représentation par deux vecteurs colonnes peut être utilisée. Le concept de torseur est ainsi approché sans masquer la réalité des contacts entre solides. Les résolutions de problèmes de statique se limitent à des méthodes graphiques pour les solides soumis à deux ou trois forces et à une méthode analytique dans le cas de forces parallèles. Cela afin de renforcer la réflexion de l'élève sur l'interprétation des résultats. Les cas plus complexes pour la détermination des actions mécaniques se font de manière logicielle ce qui, en particulier, n'exige plus chez l'élève l'acquisition du concept abstrait de changement de centre de moment, qui sera abordé à d'autres niveaux de formation, à partir des bases mécaniques construites ici.

Le comportement énergétique

L'approche du comportement énergétique, définie dans le chapitre C12, propose une introduction aux notions de chaîne directe et de chaîne inverse de l'énergie. Plusieurs exemples pertinents accessibles aux élèves peuvent illustrer ces concepts, tels que la réversibilité d'un système vis-écrou à billes, le pilotage d'un moto-variateur soumis à une charge entraînante...

Les solutions constructives

Pour les approches externes et internes, la figure 5 résume les constituants qui feront l'objet d'une étude concrète au travers d'un cas typique de la famille de solutions qu'il représente.

Les objectifs et la forme des activités

Les activités proposées s'appuient sur des problématiques techniques authentiques donnant du sens aux apprentissages visés.

Elles doivent mettre l'accent sur les points suivants :

– les transformations (en grandeur), les conversions (en nature) de l'énergie dans le système en relation avec le cahier des charges ;

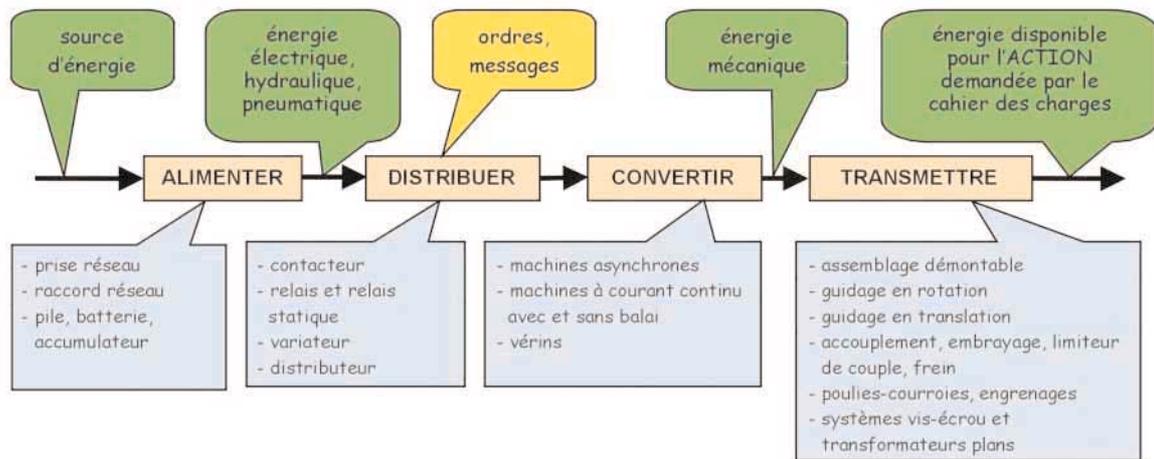


Figure 5. Constituants faisant l'objet d'une étude concrète.

- les interactions (points et grandeurs physiques d'interfaçage) de la chaîne d'énergie avec la chaîne d'information pour la commande et le contrôle du système ;
- le fonctionnement (principes et grandeurs influentes) de constituants de la chaîne d'énergie représentatifs des solutions actuelles, dont l'étude génère l'acquisition de savoirs et savoir-faire transférables ;
- l'appréhension de solutions constructives associées aux fonctions techniques qui coopèrent au sein du système ;
- l'identification d'un comportement physique réel, des paramètres qui l'influencent, et l'association d'un modèle justifié, dont les limites sont comprises et connues de l'élève.

Les produits et systèmes présents dans le laboratoire, issus de l'environnement quotidien ou des milieux industriels, doivent être représentatifs des principales énergies évoquées dans le programme. Les travaux pratiques et les cours s'appuient essentiellement sur tout ou partie de ces produits et systèmes réels et/ou sur leurs représentations informatisées sans préjudice des aides multimédias qu'il convient désormais d'utiliser. Les activités pourront prendre diverses formes :

- décrire d'un point de vue utilisateur la structure fonctionnelle de la chaîne d'énergie ;
- repérer et caractériser les grandeurs d'entrée et sortie de chaque élément fonctionnel pour justifier du choix du sous-système ou du constituant correspondant ;
- identifier les échanges entre la chaîne d'énergie et la chaîne d'information pour garantir un fonctionnement donné, câbler et mettre en œuvre le système ;
- comparer, en les testant selon des critères fournis, plusieurs solutions constructives afin de justifier un choix ;

- tester, régler un constituant de la chaîne, l'implanter, puis mettre en œuvre le système dans des conditions spécifiées par le cahier des charges pour en vérifier le bon fonctionnement ;
- assembler, câbler et interconnecter les constituants d'une chaîne d'énergie, procéder aux réglages nécessaires à sa mise en œuvre ;
- observer, identifier un phénomène, lui associer un modèle, simuler informatiquement le fonctionnement de tout ou partie d'un constituant à l'aide d'un modèle fourni pour valider le fonctionnement réel de la solution constructive ;
- modifier tout ou partie d'une solution constructive d'un constituant de la chaîne d'énergie en réponse à une évolution du cahier des charges.

La chaîne d'information

Évolution actuelle

Depuis les années 1980, l'informatique (au sens du traitement automatique de l'information), grâce à sa flexibilité et à la variété de ses applications, a profondément modifié notre société. Traditionnellement réservée au calcul scientifique et à la gestion, elle couvre aujourd'hui de très nombreux domaines :

- production de documents ;
- téléphonie et audiovisuel ;
- automatisation pour l'exploitation des procédés industriels et des transports ;
- aide à la conception et au travail en équipe ;
- échange et partage de données et d'applications logicielles ;
- etc.

L'informatisation de la commande et de la gestion des processus industriels génère des mutations

technologiques dans les entreprises, où l'accès à l'information devient essentiel : accélération du rythme de renouvellement des produits, adaptation permanente des gammes à la demande, coordination des activités de différents sites industriels, implication forte des fournisseurs et des clients, amélioration des délais de production et de livraison, et de la qualité. Les architectures des automatismes ont aussi très fortement évolué depuis quelques années. L'intégration dans les produits et systèmes des nouvelles technologies de l'information et de la communication se concrétise par l'apparition de nouvelles générations d'équipements. De plus en plus de traitements sont inclus au niveau des capteurs et des actionneurs et la décentralisation des entrées/sorties et des périphériques de dialogue homme/machine se développe avec l'avènement des bus de terrain. Les standards mondiaux Ethernet et TCP-IP permettent une meilleure intégration entre les automatismes et l'informatique de pilotage et de gestion, les automates programmables deviennent accessibles depuis Internet pour faciliter certaines opérations de surveillance, maintenance, pilotage à distance. Les objets de l'environnement quotidien s'informatisent et deviennent communicants : automobiles, appareils électroménagers, appareils audiovisuels, agendas, téléphones mobiles, etc. Ces divers objets informatisés, dont la conception s'appuie sur les sciences fondamentales, sont constitués de composants matériels et logiciels dont l'architecture et le fonctionnement interne ne sont plus directement et facilement accessibles (intérieur de circuits intégrés, programmes qui les mettent en œuvre, etc.). Le programme de SI prend en compte cette évolution en renforçant l'approche par fonctions techniques, qui fait référence aux caractéristiques globales et aux interfaces des composants.

Le concept de chaîne d'information

Afin d'aborder l'analyse, l'exploitation et la conception de systèmes de traitement de l'information d'une grande diversité, la démarche proposée en SI s'appuie sur la notion générique de chaîne d'information définie au programme, éventuellement associée à une chaîne d'énergie pour constituer une chaîne d'action.

La chaîne d'information permet :

- d'acquérir des informations :
 - sur l'état d'un produit ou de l'un de ses éléments (en particulier de la chaîne d'énergie),
 - issues d'interfaces homme/machine ou élaborées par d'autres chaînes d'information,
 - sur un processus géré par d'autres systèmes (consultation de bases de données, partage de ressources...);
- de traiter ces informations ;
- de communiquer les informations générées par le système de traitement pour réaliser l'assignation des ordres destinés à la chaîne d'énergie et/ou pour élaborer des messages destinés aux interfaces homme/machine (ou à d'autres chaînes d'information).

En veillant à ce que les systèmes présents dans le laboratoire soient représentatifs de plusieurs classes de systèmes industriels et grand public, le schéma de la figure 6 pourra faire l'objet d'un développement différent suivant le support d'étude : système de contrôle-commande à base d'automate programmable avec une interface homme/machine, système équipé d'un microcontrôleur ou système de communication.

Cette représentation topo-fonctionnelle met en valeur la structure d'une chaîne d'information et les flux d'information entrant et sortant, ainsi que

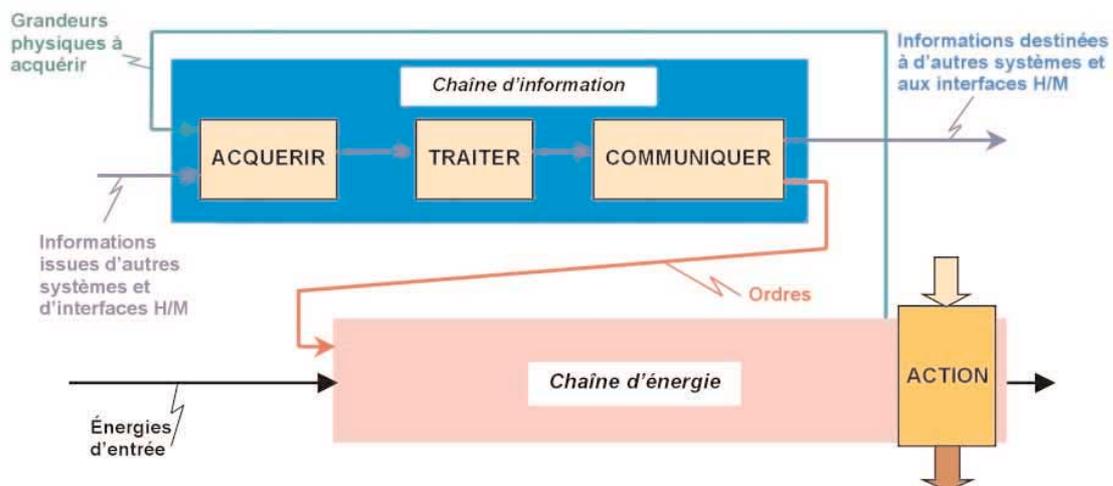


Figure 6. Chaîne d'information dans la structure fonctionnelle générale d'un système pluritechnique.

les flux d'information échangés entre les fonctions techniques acquérir, traiter et communiquer.

Les approches externe et interne de la chaîne d'information

En présence du produit et d'un dossier ressources (documents techniques, bases de données constructeurs, etc.), les approches externe et interne de la chaîne d'information permettent, pour chacune des trois fonctions techniques acquérir, traiter et communiquer, l'étude des solutions constructives associées et de leur comportement.

Les solutions constructives

Chaque fonction générique de la chaîne d'information est assurée par un ou plusieurs constituants matériels et logiciels. Pour les approches externes et internes, le schéma de la figure 7 recense, pour chaque fonction technique, les constituants qui feront l'objet d'une analyse ou d'une mise en œuvre dans le cadre des travaux pratiques.

L'approche externe

L'approche externe de la chaîne d'information permet, par l'observation, l'analyse, la manipulation (mesures, câblages, assemblages, etc.), la mise en fonctionnement et éventuellement la simulation, de mettre l'accent sur les points suivants :

- les frontières entre les systèmes opérants, de décision et d'information ;

- la structure fonctionnelle d'une chaîne d'information et l'identification des solutions constructives associées aux fonctions techniques ;

- la typologie des informations traitées et l'identification des échanges entre les éléments réalisant les fonctions techniques, l'approche par les entrées/sorties permettant de rendre observable (notion de frontière de description) et de qualifier chaque fonction ;

- les échanges entre la chaîne d'information et la chaîne d'énergie ; la mise en œuvre d'un système de traitement de l'information, afin de le faire fonctionner, dans le respect d'une procédure et du cahier des charges.

L'approche interne

L'approche interne s'attache à l'étude des fonctions techniques acquérir, traiter et communiquer l'information, assurées par les constituants matériels et les modules logiciels qui leur sont éventuellement associés. Cette approche interne doit prendre en compte l'intégration de la fonction technique concernée dans la chaîne d'information.

Approche interne de la fonction : acquérir l'information

Effectuer une mesure, c'est déterminer quantitativement, par un moyen adéquat, la valeur d'une grandeur de nature quelconque (mesurande) et l'exprimer dans une unité appropriée. Le plus souvent, la grandeur à mesurer est traduite en une autre grandeur, de nature électrique, pouvant ensuite être adaptée pour être transmise par un réseau à un système de traitement de l'information.

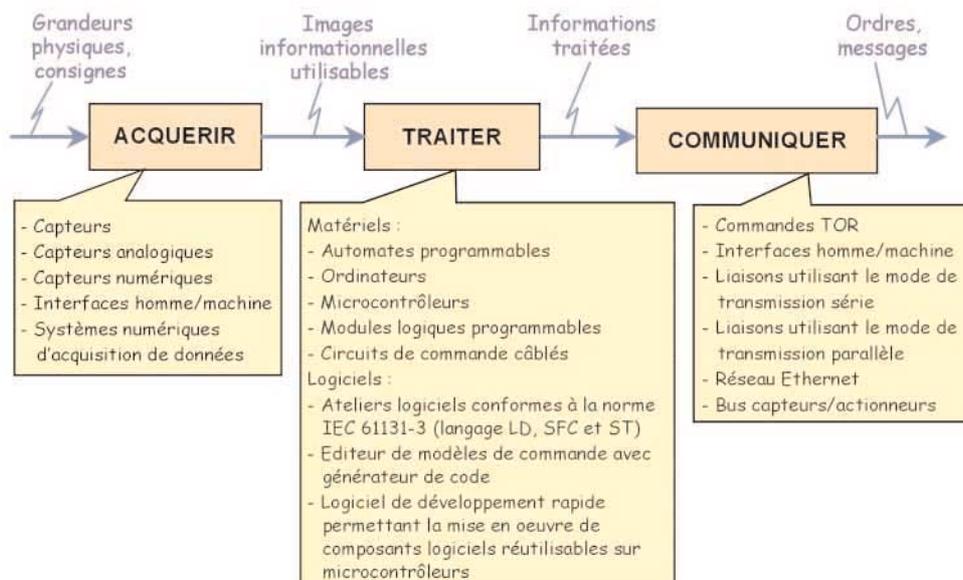


Figure 7. Fonctions génériques de la chaîne d'information et solutions constructives.

Une telle opération met en œuvre une série d'éléments, chacun assurant une fonction (figure 8). Selon la technologie du capteur et le type d'application, une ou plusieurs de ces fonctions peuvent être intégrées au capteur.

Quel que soit le niveau d'intégration, on se limitera essentiellement en SI à une caractérisation des entrées/sorties (par la mesure ou à l'aide d'une documentation technique) de chacun des éléments constitutifs de la partie acquisition. Les principes les plus courants de transformation d'un mesurande en une grandeur mesurable peuvent être illustrés lors des travaux pratiques. Les quelques types de capteurs retenus pour leur pertinence seront replacés dans leurs contextes d'utilisation respectifs pour atteindre l'ensemble des compétences visées par le programme. En présence des constituants d'un système d'acquisition, intégré ou à intégrer à une chaîne d'information, d'un dossier ressource (documents techniques, bases de données constructeurs, cahier des charges de l'application, etc.), cette approche interne permet, par l'observation, l'analyse et la manipulation (mesures, câblages, réglages, intégration dans une chaîne d'information, etc.) de mettre en valeur :

- la structure fonctionnelle d'un système d'acquisition et les solutions constructives associées aux fonctions techniques ;
- les caractéristiques des signaux échangés entre les éléments ;
- les contraintes de compatibilité électriques (niveaux de tension) et de signal (fréquence) entre le système d'acquisition et le système de traitement de l'information associé ;
- le câblage, le réglage et l'interconnexion des constituants d'un système d'acquisition nécessaires à sa mise en œuvre ;
- les contraintes liées à l'intégration d'un système d'acquisition dans une chaîne d'information (type

de fonctionnement, adressage dans le cas d'une liaison à un réseau, etc.) ;

- la mise en évidence de l'effet de certaines grandeurs d'influence ;
- les critères de choix d'un capteur.

Approche interne de la fonction : traiter l'information
L'analyse d'un système de traitement de l'information, l'identification de ses propriétés, la modification de sa structure et du programme nécessaire au fonctionnement de l'application, nécessitent l'utilisation de schémas mais aussi de modèles permettant la spécification de son comportement. Cette modélisation passe obligatoirement par une phase d'isolement nécessaire pour identifier les frontières de ce que l'on s'attache à décrire.

Par ailleurs, les modèles de spécification utilisés pour décrire un comportement dépendent de la nature (logique, analogique, numérique) des entrées/sorties identifiées pendant cette phase d'isolement. Les élèves doivent être sensibilisés à l'adéquation entre la nature des entrées/sorties et le modèle de spécification comportementale retenu. Cette typologie qui apparaît dans la partie C2 du programme est illustrée figure 9 (page suivante).

Les systèmes de traitement de l'information présents dans le laboratoire sont des systèmes représentatifs de l'environnement quotidien des élèves (ordinateurs, systèmes à base de microcontrôleur) et des systèmes représentatifs de la commande de procédés industriels (automates programmables). Les ordinateurs serviront essentiellement de supports aux ateliers logiciels d'édition des modèles de spécification, aux ateliers logiciels conformes à la norme IEC 61131-3 pour la programmation des automates programmables et aux logiciels associés aux microcontrôleurs. L'étude des constituants de base tels que microprocesseurs, bus, mémoires, cartes d'E/S et coupleurs, se

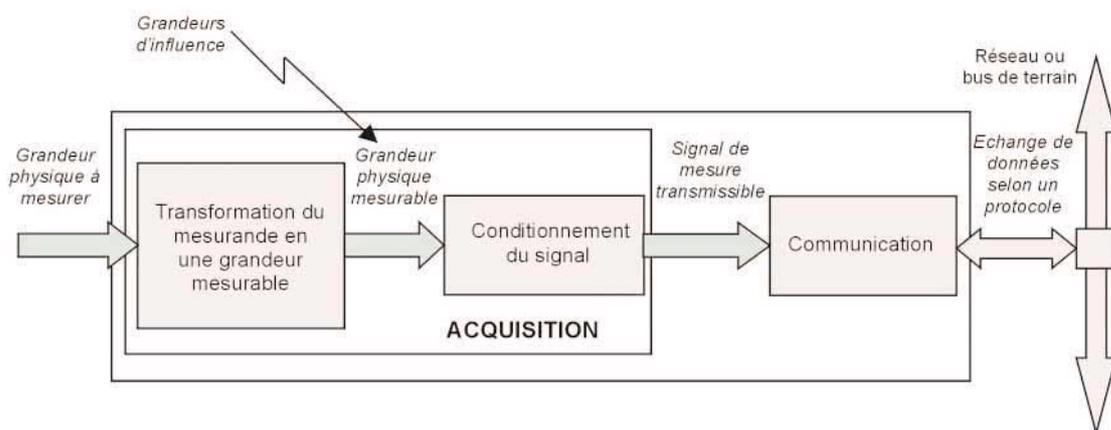


Figure 8. Acquisition – Niveaux d'intégration des fonctions.

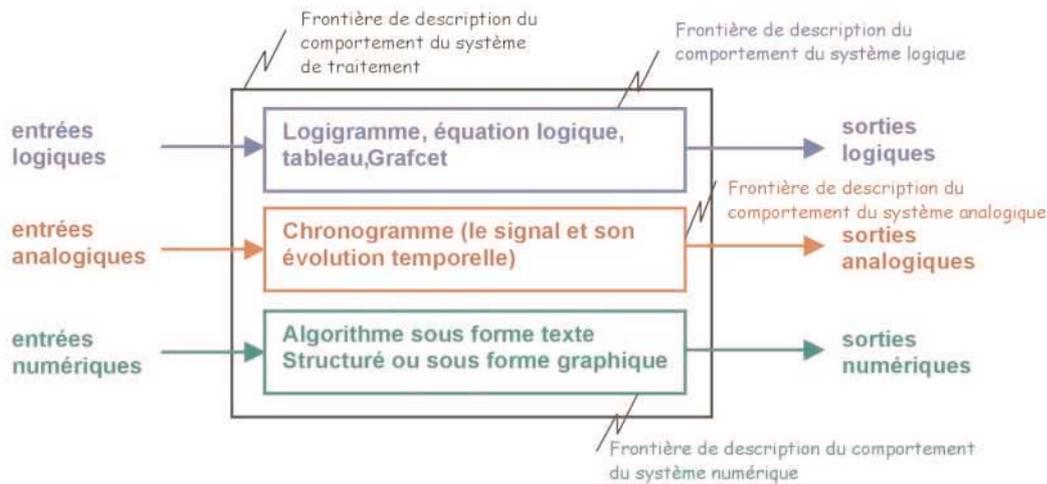


Figure 9. Adéquation du modèle de comportement utilisé en SI avec la nature des entrées/sorties.

limitera strictement aux aspects fonctionnels de traitement. Dans le cas des systèmes commandés par des microcontrôleurs, les langages assembleurs ne seront pas traités. De même, l'apprentissage d'un langage de haut niveau orienté objet n'est pas au programme. Il faut privilégier l'utilisation de langages graphiques permettant un passage direct et automatique de la spécification au programme compilé, ainsi que l'emploi de bibliothèques de composants logiciels fournis avec certains microcontrôleurs pour valoriser le concept important de réutilisation.

En présence des constituants d'un système de traitement de l'information intégré à une chaîne d'information, d'un dossier ressource (documents techniques, bases de données constructeurs, cahier des charges de l'application, etc.), cette approche interne permet, par l'observation, l'analyse et la manipulation (câblages, assemblages, paramétrages, implantation et modification de programmes, etc.) de mettre l'accent sur les points ci-dessous :

- la structure fonctionnelle d'un système de traitement de l'information et les solutions constructives associées aux fonctions techniques ;
- l'assemblage, le câblage, le paramétrage des constituants d'un système de traitement de l'information ;
- la mise en œuvre d'un atelier logiciel permettant la programmation d'un système de traitement de l'information ;
- la structure logicielle d'une application (niveaux décisionnels, blocs fonctionnels, fonctions, données, etc.) ;
- la notion de réutilisation de composants logiciels ;
- les différents niveaux de langages ;
- le codage de l'information nécessaire à son traitement ;
- la notion de variable, sa lecture et son affectation ;
- les structures algorithmiques de choix, d'itération ;
- la conformité d'un comportement observé avec la spécification comportementale.

La mise en valeur de différents niveaux décisionnels peut se faire dans le cadre de cette approche interne des systèmes de traitement de l'information.

Les différents décisions peuvent être classifiées en plusieurs niveaux selon la portée ou l'importance de l'action déclenchée (par exemple : commande d'une action, commande d'un enchaînement d'action, commande de l'inhibition de l'ensemble des actions, etc.). Le programme de SI privilégie les deux niveaux décisionnels : commande des actions et contrôle et coordination (figure 10, page suivante).

Chaque niveau décisionnel fait appel à un ensemble d'informations mémorisées, élaborées par d'autres niveaux décisionnels ou issues de la chaîne d'énergie (système opérant). Cette mise à disposition peut nécessiter un transfert des informations localement et/ou à longue distance.

Approche interne de la fonction : communiquer l'information

Un réseau est un ensemble de systèmes informatiques (ordinateurs, automates programmables, constituants informatisés, etc.) interconnectés qui communiquent pour pouvoir partager des données, des applications logicielles et des équipements. Parmi les caractéristiques générales des réseaux :

- type d'information transmise (voix, données, images) ;
- type de média de communication (fil, sans fil) ;
- type de réseau (longue distance, local) ;
- type de commutation (à commutation de circuits en téléphonie, par paquets pour les données).

Le programme de SI se limite à l'échange de données.

L'étude des réseaux est conduite essentiellement sous forme de travaux pratiques selon un point de vue utilisateur, car une approche théorique des

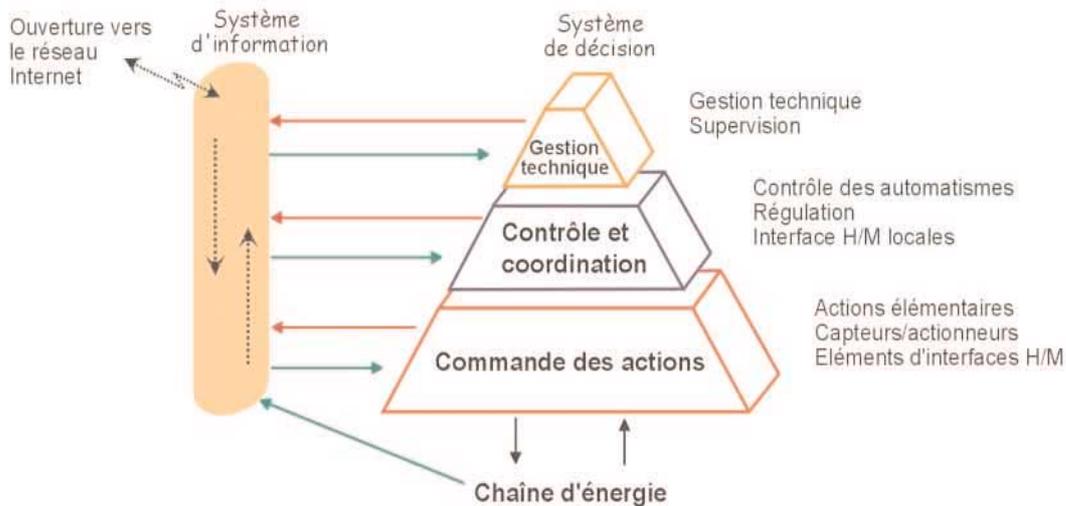


Figure 10. Processus décisionnel et informationnel au sein de la chaîne d'information.

réseaux s'avère rapidement très conceptuelle et difficile. Le concept de couches développé dans le modèle de référence OSI (*Open Systems Interconnection*) n'est pas au programme. L'approche inductive (travaux pratiques suivis de synthèses) doit donc être privilégiée, ce qui n'interdit pas un cours d'introduction (vocabulaire, notions de base).

Compte tenu de la diversité des réseaux et des évolutions en cours, il est important de choisir des supports issus du monde industriel et de l'environnement quotidien des élèves, en évitant les réseaux propriétaires et en ayant la préoccupation d'illustrer l'adéquation entre les propriétés de ces réseaux et l'utilisation qui en est faite (contraintes temps réel dans les systèmes industriels, contraintes de débit dans un réseau d'ordinateurs, etc.). Les architectures les plus simples ne sont pas à négliger, la connexion directe par câble entre deux ordinateurs permet d'aborder simplement le partage de ressources et l'échange de fichiers. Les figures 11 et 12 (page suivante) montrent quelques exemples d'architectures pouvant être exploitées dans le laboratoire de SI.

Lorsqu'un système travaille en réseau, ses applications doivent dialoguer avec les applications d'autres systèmes reliés au réseau par l'intermédiaire d'une suite de protocoles. Cette suite de protocoles est un ensemble de règles reconnues par tous les systèmes interconnectés pour effectuer les différentes opérations nécessaires à la communication. Il existe de nombreux protocoles, mais on peut constater que la suite de protocoles TCP/IP se généralise dans

les applications classiques liées à l'informatique pour la communication ainsi que dans les applications industrielles pour la commande et le pilotage des procédés. Devenu un standard, le rôle de TCP/IP est d'assurer la compatibilité entre tous les logiciels supportant ces protocoles, quels que soient les fournisseurs, les logiciels ou les matériels (interopérabilité). Parmi les caractéristiques essentielles de TCP/IP, seul l'adressage logique (IP) sera traité au cours de travaux pratiques. Le routage, la résolution d'adresses, le contrôle des erreurs seront évoqués uniquement pour apporter une information sur leurs rôles respectifs.

En présence des constituants d'une chaîne de communication, intégrée ou à intégrer à une chaîne d'information, d'un dossier ressource (documents techniques, bases de données constructeurs, cahier des charges de l'application, etc.), l'approche interne de la fonction communiquer permet de mettre l'accent sur les points suivants :

- la structure fonctionnelle d'une chaîne de communication et les solutions constructives associées ;
- les contraintes de compatibilité matérielles et électriques (niveaux de tension) entre les constituants, les problèmes d'interfaçage étant mis en évidence au travers d'activités de mesurage, de câblage et d'assemblage ;
- le câblage et l'interconnexion des constituants d'une chaîne de communication, les paramétrages nécessaires à sa mise en œuvre ;
- les tests de bon fonctionnement d'une liaison.

Le développement de cette partie dans le livret est justifié par sa nouveauté. Le temps consacré à celle-ci doit rester compatible avec l'ensemble des activités à mener en SI.

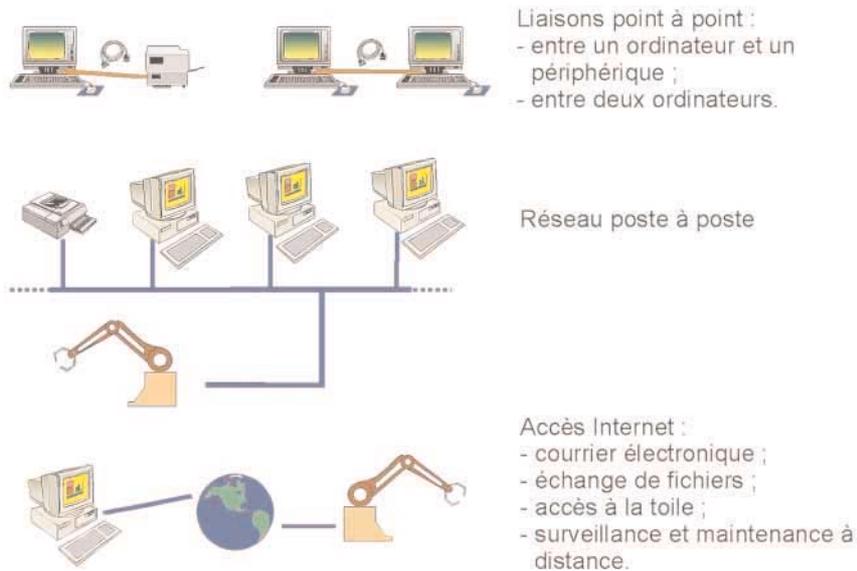


Figure 11. Exemples d'architectures issues de l'environnement quotidien des élèves.

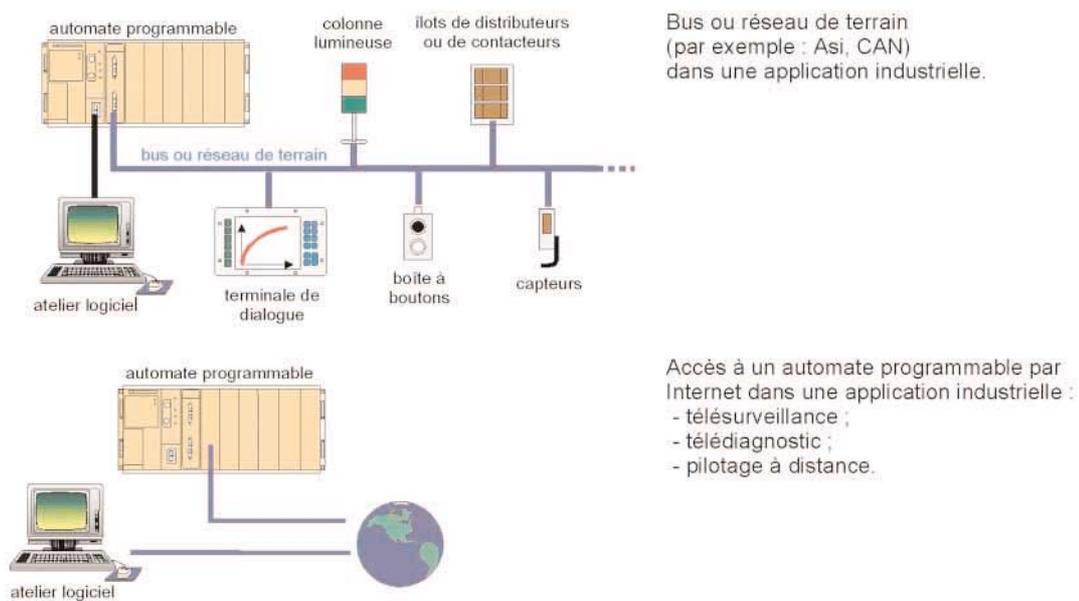


Figure 12. Exemples d'architectures issues du monde industriel.

Recommandations pour la mise en œuvre de travaux pratiques relatifs à la chaîne d'information

Les activités menées en travaux pratiques pourront prendre diverses formes :

- décrire d'un point de vue utilisateur la structure fonctionnelle d'une chaîne d'information ;
- repérer et caractériser les grandeurs d'entrée et sortie de chaque élément fonctionnel pour le qualifier

et pour justifier du choix du sous-système ou du constituant correspondant ;

- identifier les échanges entre la chaîne d'information et la chaîne d'énergie, câbler les interfaces en respectant les contraintes de sécurité et de fonctionnement ;
- comparer, en les testant selon des critères fournis, plusieurs solutions matérielles et/ou logicielles afin de justifier un choix ;
- tester, régler ou configurer un constituant de la

chaîne, l'implanter ou l'intégrer, puis mettre en œuvre le système dans des conditions spécifiées par le cahier des charges pour en vérifier le bon fonctionnement ;

- câbler et interconnecter les constituants d'une chaîne d'information, procéder aux réglages nécessaires à sa mise en œuvre ;
- observer le comportement réel d'un système, le comparer au comportement spécifié pour valider une solution matérielle et logicielle ou pour relever des écarts modèle-réel ;
- modifier tout ou partie d'une solution logicielle à l'aide d'ateliers logiciels d'assistance, pour répondre à une évolution du cahier des charges ou réduire un écart constaté entre un comportement attendu (et modélisé) et un comportement réel observé.

Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle est un élément important de la démarche qui permet aux entreprises industrielles de traduire les attentes de leurs clients en solutions techniques compétitives.

Lorsqu'elle est normalisée, l'analyse fonctionnelle s'intègre dans des recherches plus générales de certification de la qualité (analyse de la valeur, normes ISO 9000 par exemple) qui garantissent le respect de procédures visant à la qualité totale des produits et des processus.

Dans le programme de SI, l'analyse fonctionnelle n'est pas envisagée sous ces aspects normatifs et certificatifs. Il s'agit simplement de faire découvrir aux élèves que la satisfaction du client impose des phases de formalisation indispensables (expression du besoin, analyse d'un cahier des charges) et que l'analyse technique d'un produit peut toujours s'appuyer sur une expression cohérente de fonctions (relations entre fonctions et solutions traduites par un FAST). Pour ces raisons, la trame structurante du programme est fondée sur la décomposition d'un système en ses fonctions techniques, comme méthodologie d'approche rigoureuse des produits indépendamment des solutions techniques retenues. Ce centre d'intérêt fournit ainsi le cadre cognitif structurant pour appréhender les solutions constructives aptes à réaliser les fonctions techniques et expliciter leur comportement. À partir de ces connaissances de base vécues et pratiquées régulièrement, l'élève pourra aborder dans des formations ultérieures les outils normés de l'analyse de la valeur et de la gestion de la qualité.

Les approches externe et interne de l'analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle externe

Elle exprime le point de vue du client, de l'utilisateur, pour qui le produit est une réponse à un besoin

dans un environnement donné, s'exprimant essentiellement par des fonctions de service.

Pour un élève de SI, cette approche est limitée au décodage et à l'analyse des deux niveaux de formalisation suivants :

- l'expression du besoin, qui dresse un premier bilan des attentes du client, de ses envies, et de certaines contraintes identifiables ;
- le cahier des charges fonctionnel (CdCF) qui, à partir de l'expression du besoin et après un travail exigeant de recherche et de formalisation, spécifie des performances techniques et financières à atteindre, avec les contraintes réglementaires et environnementales à respecter, fournit des critères de choix entre les solutions possibles.

Il s'agit donc ici de mettre à disposition des élèves tout ou partie de cahiers des charges instruits par le professeur dans le respect des normes en vigueur (les caractéristiques de l'analyse fonctionnelle et le contenu du CdCF sont exposés dans les normes NF X50-100 et NF X50-151, le vocabulaire est défini dans la norme NF EN1325-1) pour leur demander de se livrer à des activités d'analyse, de compréhension et de justification du produit étudié. La création ou la modification d'un cahier des charges n'est pas exigible des élèves.

Le CdCF du produit étudié sera au moins renseigné sur les items suivants :

- besoin (services attendus, niveau d'intégration/environnement) ;
- contraintes (limites de l'étude, limites dans le choix des solutions) ;
- caractérisation des fonctions de service (critères, niveaux, tolérances).

Le décodage du CdCF partiel, établi par le professeur, devra être une activité proposée dans de nombreux TP, tout particulièrement ceux qui concernent les chaînes d'énergie et d'information.

Lors du projet pluritechnique encadré (PPE) abordé au deuxième semestre de la classe terminale, le CdCF pourra être incomplet. Le professeur guidera alors les élèves pour l'élaboration des éléments manquants nécessaires à la concrétisation du projet pour garantir son aboutissement.

L'analyse fonctionnelle interne

Elle privilégie le point de vue du concepteur, chargé de construire un produit réel à partir d'un cahier des charges donné.

À ce niveau de formation, l'outil d'analyse FAST (*Functional Analysis System Technique*) est à privilégier. Cet outil, qui propose une décomposition conduisant de l'expression fonctionnelle du besoin à la définition des solutions constructives, peut être utilisé pour des finalités différentes :

- en phase d'analyse de l'existant, comme un outil de description et de mise en correspondance des

solutions constructives avec les fonctions techniques qu'elles réalisent dans une logique de réponse à la question « quelle fonction satisfait-elle ? », c'est le « pourquoi faire » ;

– en phase de conception, comme un outil d'aide à la recherche puis la validation de solutions, dans une logique de réponse à la question « quelle solution constructive peut-elle satisfaire ? », c'est le « comment faire ».

Son formalisme simple aide les élèves à :

- décoder la structure d'un système ;
 - formaliser les relations entre fonctions et solutions ;
 - identifier des solutions constructives ;
 - approcher des concepts importants (intégration de fonctions, reconception, compétitivité technique...).
- Selon le type d'activité – acquisition de connaissance par l'étude de solutions existantes ou projet technique –, l'outil FAST pourra être utilisé, au moins partiellement. Il constitue en effet un relais logique très transversal applicable dans tous les champs technologiques et structurant pour l'élève.

Dans un premier temps, les activités pédagogiques sur l'analyse fonctionnelle interne pourront s'appuyer sur le FAST du produit complètement rensei-

gné, dans lequel l'élève valide la décomposition des fonctions de service en fonctions techniques et la relation fonction technique-solution.

Dans ce cas, il sera intéressant de faire rechercher à l'élève quels sont les éléments structurels, qui sont des choix de conception, directement impliqués dans la réalisation d'une fonction au sein d'une chaîne de fonctionnement interne.

Ce type d'exercice, qui lui permet également de vérifier la conformité des solutions au CdCF, doit mener l'élève à appréhender la réflexion qui détermine la conception d'un produit.

Une deuxième étape peut consister, lors de travaux pratiques relatifs à d'autres centres d'intérêt (tels que la chaîne d'énergie ou la chaîne d'information), à instruire tout ou partie du FAST concernant la ou les fonctions étudiées.

En classe terminale, dans le cadre du PPE, on s'attachera à demander aux élèves :

- de toujours analyser et interpréter, et de compléter dans des cas simples, le CdCF du projet pour pouvoir répondre au problème posé ;
- d'utiliser tout ou partie du FAST pour justifier les solutions constructives étudiées.

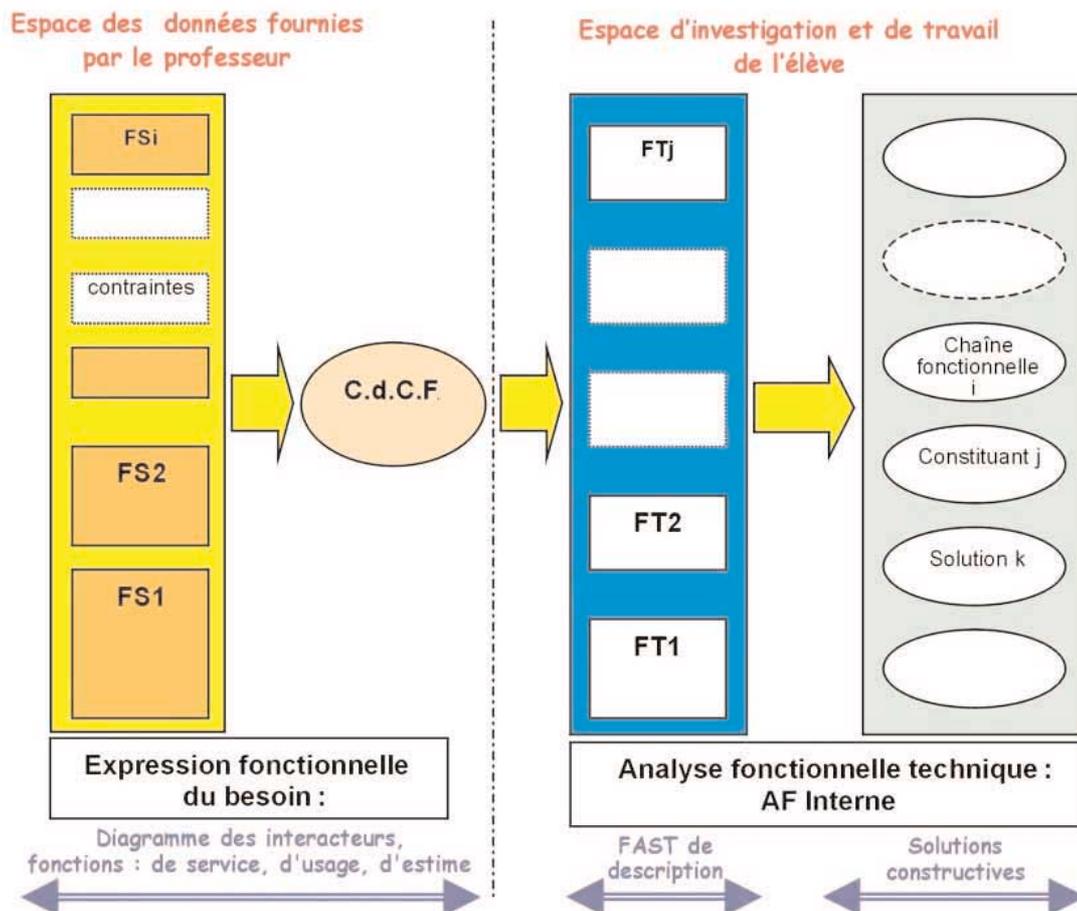


Figure 13. Limite d'action des élèves.

L'objectif est, qu'à terme, l'élève soit capable de comprendre que l'analyse fonctionnelle dans son ensemble (externe et interne) aide à la définition de la solution la mieux adaptée au besoin.

La figure 13 (page précédente) décrit les acteurs présents dans les activités d'analyse fonctionnelle en SI et présente les limites d'action des élèves.

Représentation du réel

Cet axe principal, également centre d'intérêt, intègre deux familles d'activités amenant les élèves à découvrir et maîtriser les bases de la schématisation et de la représentation des systèmes techniques. Les apprentissages présentent les caractéristiques spécifiques suivantes :

- ils peuvent s'exercer sur tous les supports techniques (produits, systèmes, composants mécaniques) étudiés et présents dans le laboratoire, ce qui permet de proposer ce centre d'intérêt de façon fréquente, récurrente et progressive ;
- ils s'appuient systématiquement sur une approche fonctionnelle et constructive des supports utilisés, montrant ainsi aux élèves que les outils de représentation ne sont pas une fin en soi et qu'ils sont indispensables à la conception, à l'analyse et à la communication entre techniciens ;
- ils exigent une approche didactique progressive associée au développement de la culture des solutions constructives induite chez les élèves, amenant ces derniers à développer leurs capacités mentales de représentation spatiale et plane ;
- ils utilisent plusieurs logiques de représentation :
 - les représentations symboliques (schémas divers) respectant des règles strictes et permettant de produire un message univoque,
 - les représentations analogiques (plans 2D normés) représentatifs de points de vue particuliers, « justes mais partiels »,
 - les représentations numériques (maquettes virtuelles volumiques) qui modélisent une représentation nominale d'une pièce ou d'un mécanisme et proposent une interprétation quasi univoque du représenté.

Les représentations symboliques : les schémas

La schématisation, sous diverses formes, est un support de la communication technique. Elle est utilisée à diverses étapes du cycle de vie d'un produit ou d'un système :

- en phase de conception préliminaire, sous forme de schéma de principe, souvent apparenté à un croquis non normalisé ;
- en phase de dimensionnement ou de simulation du

fonctionnement, sous forme d'un schéma normalisé associé à une modélisation ;

- en phase de développement, en ingénierie concurrente ou collaborative, sous forme de schémas d'architecture, technologiques, de graphes de fonctions... ;
- en phase de réalisation pour la production, le montage, l'installation, le câblage, la configuration du produit ou système, sous forme de schémas normalisés électriques, pneumatiques..., éventuellement en association avec la représentation du réel ;
- en phase d'exploitation pour la configuration, la conduite, la maintenance du produit ou système, sous formes diverses (normalisées ou non) selon les besoins de l'intervenant.

En fonction du type de situation-problème devant lequel sera placé l'élève au cours de sa formation, il pourra se trouver dans l'une ou l'autre de ces différentes phases. En conséquence, comme le précise le programme, il doit acquérir des compétences de décodage de divers schémas, mais également d'écriture de tout ou partie des représentations schématiques courantes pour exprimer ses idées :

- schéma de principe ;
- schéma cinématique minimal plan et spatial (pour la définition, par une représentation normalisée, des liaisons minimales illustrant les mobilités) ;
- schéma architectural (pour la description normalisée de l'ensemble des liaisons) ;
- schéma technologique (pour une description sans code normalisé de l'agencement des principaux composants d'un produit ou d'un système) ;
- schéma des composants et des circuits électriques/pneumatiques de puissance ;
- schéma de raccordement des entrées et des sorties d'un API ou d'une carte à base de microcontrôleur. Afin d'éviter toute forme d'encylopédisme, les normes relatives à la schématisation considérée dans une activité donnée seront fournies.

Les activités de travaux pratiques conduisant à la résolution de problèmes techniques seront privilégiées pour une approche progressive des compétences touchant à la schématisation.

Dans ce cadre, le professeur mettra en évidence la pertinence du choix d'un type de schéma utile à la résolution d'un problème donné et l'intérêt d'un codage accessible à tous. Les règles graphiques permettant une bonne lisibilité des schémas seront évoquées.

Pour faciliter l'élaboration de certains schémas, il sera recommandé d'utiliser des outils informatiques d'assistance dans la mesure où leur ergonomie est suffisamment performante pour ne pas alourdir le temps d'apprentissage.

Les représentations du réel

Les modèles volumiques se généralisent dans l'industrie pour représenter les pièces et les

ensembles mécaniques. Ils constituent de plus une base de travail pour les calculs, la simulation et la fabrication. Leur simplicité croissante et leur accessibilité justifient leur utilisation systématique dans l'enseignement de SI.

Il convient d'être attentif au fait que les facilités graphiques et des qualités esthétiques inhérentes aux logiciels existants et à venir ne doivent pas conduire à des activités de représentation dont le poids ne serait pas proportionné aux attentes du programme en termes de savoir et de compétences attendues.

Si l'activité industrielle de décodage des dessins techniques reste importante (en production, en montage, en maintenance...) et doit donc faire l'objet d'un apprentissage, celle de codage évolue vers l'élaboration de croquis ou de petits dessins à main levée, soit pour exprimer une idée, soit pour formaliser un principe de solution en préalable à la saisie informatique. Ainsi, dans l'enseignement de SI, le codage normalisé, hors aide informatique, n'est pas à promouvoir. Dans la phase finale de représentation d'un produit, ce codage peut être considéré comme le résultat automatique de fonctionnalités du logiciel, avec exploitation des procédures d'habillage.

Les logiques d'activités relèvent d'une des deux démarches proposées dans la figure 14 (page suivante). L'enseignement de SI doit initier à la représentation graphique du réel.

– Par la maîtrise des fonctionnalités de base d'un logiciel de CAO-3D pour la construction de la maquette numérique d'une pièce ou d'un petit ensemble en phase de conception / reconception. Cette maîtrise attendue induit des apprentissages et une verbalisation relatifs aux formes des pièces et aux positions relatives des surfaces et des volumes qui la composent. Les méthodes de construction utilisables à ce niveau sont les suivantes (il ne s'agit pas ici de maîtriser ces différents modes de construction mais de voir leur intérêt et leur pertinence dans une situation de construction) :

- construction par assemblage, qui s'effectue dans la continuité des acquis de la classe de seconde et

qui n'est à privilégier que dans des opérations de reconstruction ;

- construction dans l'assemblage, qui est le mode à développer à ce niveau de formation car il associe systématiquement à toute représentation une signification fonctionnelle ;

- construction en mode plan, qui peut être avantageusement utilisée dans certaines situations et qui induit la compréhension du concept de section.

– Par la connaissance et la compréhension des paramètres dimensionnels et topologiques définissant les éléments géométriques (cylindre, prisme...) et leur assemblage par des contraintes géométriques explicites.

– Par une pratique informatique des assemblages sous contraintes, ce qui suppose une maîtrise suffisante de quelques notions fondamentales de positionnement relatif : parallélisme, coïncidence, coaxialité...

– Par une bonne perception du principe de « paramétrage variationnel¹ » de ces logiciels qui ouvre un champ important d'activités, en particulier dans :

- l'étude de l'influence de paramètres sur le fonctionnement d'un système ;
- la définition d'une famille de produits paramétrée en dimensions ;
- la définition d'une famille de produits paramétrée en formes et fonctions.

– Par une maîtrise limitée mais suffisante et adaptée aux besoins du projet pour l'édition des documents industriels à partir d'une maquette numérique et l'intégration d'éléments standard issus de bases de données techniques interfacées au logiciel volumique.

Le centre d'intérêt « Représentation graphique du réel » trouve sa place dans la quasi-totalité des cycles de travaux pratiques et dans les activités de projet pluritechnique. Les différents cycles se caractérisent donc, sans que les élèves s'intéressent nécessairement aux mêmes systèmes, par une introduction progressive mais rapide des fonctionnalités des logiciels à l'occasion d'études techniques.

1. Ce concept est présent dans les dernières générations de modeleurs volumiques.

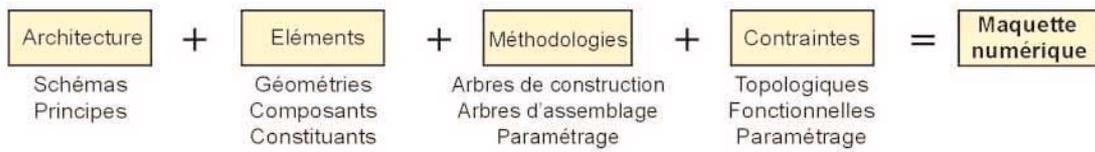
Ce type de logiciel permet :

- de créer des pièces par association de volumes élémentaires créés par des fonctions telles que l'extrusion ou la rotation d'une surface (esquisse) par rapport à une direction ;
- d'y associer ces pièces selon des contraintes géométriques pour construire le modèle virtuel d'un système mécanique.

Les modeleurs actuels se doivent d'être, entre autres :

- variationnels : ce qui implique que, lorsque cela est prévu, toute modification d'une dimension sur le modèle engendre des modifications sur l'ensemble de la pièce et de la structure ;
- paramétrés : ce qui correspond à la possibilité de déclarer des paramètres gérant des dimensions et des fonctions facilitant la gestion de familles de pièces ;
- configurables : ce qui permet de gérer, dans un seul fichier informatique, différentes situations de la même maquette, pour enregistrer des options de conception, des positions successives, des essais de formes.

1 - Logique de création/modification : elle vise à l'élaboration d'une maquette numérique



2 - Logique d'exploitation : elle vise à exploiter et décliner une maquette numérique

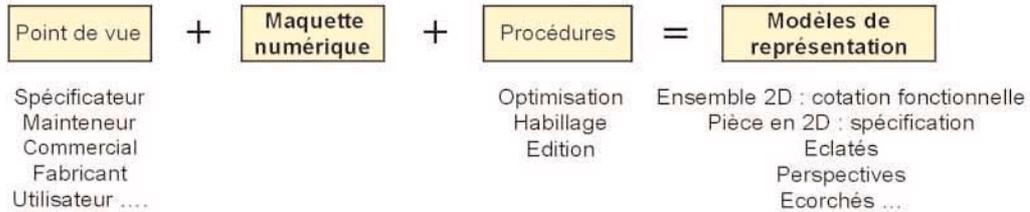


Figure 14. Logiques d'activités.

L e projet pluritechnique encadré

Tout projet se définit comme une démarche spécifique, qui permet de structurer méthodiquement et progressivement une réalité à venir. Il est mis en œuvre pour apporter une réponse adaptée au besoin précis d'un utilisateur. Cette activité, caractéristique des démarches et méthodes pratiquées dans le monde industriel, fait aujourd'hui partie intégrante des responsabilités incombant aux ingénieurs. Il est donc important que les élèves découvrent, par l'action, son principe et son utilité au cours de leur formation.

Conduire un projet, c'est entreprendre, coordonner et suivre des actions nombreuses et variées, avec des ressources données. La ressource, en premier lieu humaine, est généralement mobilisée en formant une équipe dont chaque membre concourt à l'aboutissement du projet.

Le projet pluritechnique encadré (PPE) vise à placer l'élève dans ce contexte particulier de démarche de projet.

Le projet, pour être efficace et motivant, devra porter sur des thèmes fortement incitatifs, d'un niveau de difficulté à la mesure des programmes d'enseignement, et être suffisamment étoffé pour susciter un travail équilibré de la part de chacun des membres de l'équipe.

La production attendue des élèves doit être conforme aux dispositions du règlement de l'épreuve de baccalauréat.

Objectifs du projet en SI

L'objectif fondamental est que les efforts consentis et le travail fourni mènent à la réussite du projet.

Abordé au début du deuxième semestre de la classe terminale, le PPE est une activité qui, au travers d'un travail d'équipe, vise à développer chez l'élève l'esprit de synthèse, le sens créatif, la volonté d'entreprendre, de s'impliquer, tout en mobilisant son savoir pour réussir.

En réponse à un cahier des charges fonctionnel ou à des spécifications, dans des conditions de travail clairement définies pour un groupe donné, le problème posé doit conduire les élèves à conjuguer les savoirs et savoir-faire déjà acquis pour, selon le cas, modifier, concevoir, comparer, configurer, mettre en œuvre, vérifier la conformité de tout ou partie d'un produit ou système et ainsi donner tout leur sens aux sciences de l'ingénieur. Dans ce cadre, il est évident que le rôle du professeur qui accompagne les élèves et suit le projet, est détermi-

nant. Il lui revient la responsabilité de définir le problème, d'animer les revues de projet, de conseiller et de suivre les élèves en respectant un équilibre entre une certaine liberté de recherche et d'action laissée à l'équipe et une aide technique et organisationnelle proche leur permettant de réussir. Les sujets proposés pourront également offrir l'occasion d'une ouverture vers les autres disciplines.

Au travers de cette étude, planifiée selon un calendrier fourni par le professeur, l'élève doit percevoir l'efficacité d'une information précise et concise, l'utilité de synthèses rapides (meilleur choix, meilleur délai) et les éléments de la performance d'une équipe : créativité, partage des décisions, respect des échéances, responsabilité individuelle accrue, ouverture d'esprit (écoute de l'autre, échanges argumentés...).

Cette situation d'apprentissage doit conduire l'élève à utiliser pleinement tous les moyens de communication (TIC, tableau, téléphone, télécopie, réseaux Intranet et Internet...) nécessaires à la recherche d'informations, à la conduite de son travail, à la rédaction, aux restitutions orales... Sur ce point particulier de la communication orale, les phases de revue de projet doivent permettre à l'élève, en situation d'acteur, d'améliorer progressivement la qualité de ses prestations (organisation du contenu, expression orale, outils mobilisés...).

Enfin, le problème posé doit amener les élèves à se poser d'autres types de questions qui n'ont pas ou peu été abordées dans le programme : « Comment est-ce fabriqué ? », « Avec quels équipements, quel système de production ? », « Comment peut-on réaliser un prototype, une maquette, les tester ? », « Que peut-on simuler, comment ? », « Comment représenter une solution ? », « Comment vérifier telle performance ? », etc. Autant d'interrogations qui donnent matière à des recherches vers les bases documentaires mises à disposition et a une ouverture sur d'autres gisements de la technologie.

Mise en œuvre du projet pluritechnique

L'activité de projet pluritechnique se déroule durant les séances spécifiques dans le laboratoire dédié aux sciences de l'ingénieur permettant la mobilisation des membres de l'équipe pédagogique de la classe terminale impliqués dans l'encadrement des activités.

La composition des groupes est de la responsabilité pédagogique des enseignants. Il peut être accordé, sous l'arbitrage du professeur, une certaine autonomie aux élèves pour le choix de leurs partenaires de travail et la gestion du groupe, comme pour le choix du sujet parmi les propositions des professeurs.

Ces groupes seront constitués de trois à cinq élèves selon le volume de travail à traiter.

Pour l'essentiel, le PPE est conduit par le ou les professeurs de SI, mais, dans cette activité de synthèse, les élèves trouveront sûrement dans les problèmes qui leur sont posés des solutions passant par l'utilisation d'autres compétences que celles de SI et qui induiront la participation de professeurs d'autres matières telles que les sciences physiques, les mathématiques, les arts appliqués, les langues étrangères...

Après une phase indispensable d'appropriation du cahier des charges fonctionnel, de recherche générale des principes pouvant régir les solutions, étape pendant laquelle le professeur doit animer, mobiliser, interroger, un calendrier général d'évolution est défini avec chaque groupe de projet. Les tâches individuelles seront précisément définies, ainsi que les dates de revues de projet, où chaque élève, en s'appuyant sur une argumentation structurée et précise qu'il aura établie au préalable, présente oralement au groupe l'évolution de son travail.

Le groupe en synergie, mais sous contrôle du professeur, arrête alors les décisions de poursuite, de modification, de réorientations utiles, que chacun prend en compte au niveau de la tâche individuelle qui lui est confiée.

Comme en TPE, l'élève tient un carnet de bord où il consigne ses réflexions et recherches personnelles, les descriptions de manipulations effectuées, ses productions, et ses notes de restitution au groupe en revue de projet.

Problématiques possibles

Il s'agit d'un projet pluritechnique, issu du domaine industriel ou du grand public au sens large, qui relève de technologies conjuguées du génie mécanique, électrique, informatique réseau et télécommunication, civil...

Le support doit donc ouvrir un spectre d'investigation relativement large par rapport au programme d'enseignement et, dans le même temps, constituer une ressource pratique pour des actions concrètes conduites par des élèves de ce niveau. Le caractère attrayant d'un support peut également fortement contribuer à la motivation des élèves en projet.

Ces supports peuvent être retenus parmi ceux utilisés pour la formation en cours d'année, mais peuvent être également spécifiques au projet et inconnus des élèves (domaines de la domotique, de la robotique, des sports, du bricolage...).

Sans être exhaustive, la liste des problématiques proposés ci-après permet d'orienter un premier choix de l'enseignant :

- dans une logique d'analyse concurrentielle, réaliser une présentation comparative de deux produits répondant au même besoin ;
- proposer, décrire et justifier les modifications nécessaires des paramètres et/ou du comportement d'un système pluritechnique existant pour répondre à l'évolution du besoin (configuration, commande, programmation, contrôle...);
- expliquer le fonctionnement d'un équipement présent dans le laboratoire en le testant et présenter les similitudes entre cet équipement et une installation industrielle observée dans le tissu économique voisin ;
- sur un système réel (produit grand public, système de production), proposer (en intervenant sur le produit ou par la représentation virtuelle) une adaptation du système en réponse à une évolution modeste du besoin ;
- dans le cadre de challenges locaux ou nationaux, choisir et agencer des constituants en réponse à un cahier des charges fonctionnel imposé (en privilégiant l'utilisation d'éléments modulaires) ;
- rechercher, proposer et discuter des alternatives de solutions pour réaliser une fonction technique simple donnée, définie par son cahier des charges ;
- modifier la programmation d'un système pour répondre à une évolution attendue.

Moyens matériels

Sans exclure les moyens du CDI ou des ressources d'autres laboratoires présents dans l'établissement, cette activité se déroule majoritairement dans le laboratoire de SI avec un accès ouvert aux systèmes présents et à des moyens matériels permettant d'expérimenter, de modifier des sous-systèmes ou de réaliser des maquettes grandeur nature ou à une échelle significative, constituées par assemblage de pièces ou composants standard.

Ces réalisations peuvent conduire à des achats spécifiques et un budget doit être réservé à cet effet. De même, une zone de montage dédiée, assemblage avec outillage à main et électroportatif, est aménagée pour les réalisations.

L'accès aux technologies de l'information et de la communication (ordinateurs avec accès Internet, scanner, photo numérique, etc.), ainsi que la mise à disposition d'un téléphone et d'un télécopieur, sont indispensables à ce type d'activité. En particulier, la mise en réseau local des postes informatiques constitue un élément favorable à la mise en œuvre du travail d'équipe des élèves.

Horaire indicatif à consacrer aux différents chapitres du programme de première et de terminale

Chapitres	Première Cours	Première TP ²	Terminale Cours	Terminale TP ²
A – Analyse fonctionnelle A1 Le cahier des charges fonctionnel A2 L'analyse fonctionnelle interne	4	8	2	8
B – Fonctions du produit B1 Convertir et distribuer l'énergie <i>B11 Les actionneurs</i> <i>B12 Les circuits de puissance</i> B2 Transmettre l'énergie <i>B21 Les liaisons mécaniques : assemblages et guidages</i> <i>B22 Les composants mécaniques de transmission</i> B3 Acquérir l'information <i>B31 Les capteurs</i> <i>B32 Le conditionnement du signal</i> B4 Traiter l'information <i>B41 Le système de traitement intégré dans la chaîne d'information</i> <i>B42 Les systèmes programmables</i> B5 Communiquer l'information <i>B51 Les périphériques</i> <i>B52 Les réseaux</i>	32 5 10 6 7 4	58 10 16 10 12 10	28 4 10 4 6 4	54 8 16 6 16 8
C – Principes et comportement C1 La chaîne d'énergie <i>C11 Comportement mécanique des structures et des mécanismes</i> <i>C12 Comportement énergétique des systèmes</i> C2 La chaîne d'information <i>C21 L'information</i> <i>C22 Comportement des systèmes logiques combinatoires</i> <i>C23 Comportement des systèmes logiques séquentiels</i> <i>C24 Comportement des systèmes numériques</i>	23 14 9	40 20 20	32 20 12	46 26 20
D – Représentation des produits D1 Schématisation D2 Représentation géométrique du réel	5	22	2	20
TOTAUX	64	128	64	128

2. Ces horaires comprennent les TP formatifs, les TP d'évaluation et le projet pluritechnique encadré.

Cette annexe du document d'accompagnement est principalement destinée aux professeurs qui sont chargés d'enseigner ce programme. Elle a donc pour objet de préciser les travaux pratiques relatifs aux centres d'intérêts.

Travaux pratiques – chaînes d'énergie

Thème E1 – Structure et fonctionnement d'un moteur à courant continu à vitesse variable

Compétences attendues

- Identifier une solution constructive réalisée et lui associer sa fonction technique ;
- vérifier les performances au regard des spécifications du cahier des charges ;
- identifier et régler les paramètres de commande liés à la variation de vitesse ;
- associer à sa représentation schématique chaque constituant des chaînes de puissance et de commande ;
- justifier les protections mises en place dans les circuits de puissance ;
- déterminer les grandeurs énergétiques des éléments fonctionnels de la chaîne d'énergie (puissances d'entrée et de sortie, rendement).

Savoirs et savoir-faire associés

- B11 Les actionneurs
- B122 La commande de puissance
- C122 Conversion électromécanique d'énergie
- C124 La sécurité des biens et des personnes

Supports

Un système (ou une chaîne fonctionnelle du système) en état de fonctionnement comprenant un moteur à courant continu à vitesse variable et sa commande avec un moteur supplémentaire identique non connecté et démontable.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- analyser la constitution physique du moteur par observation, démontage, et la rapprocher du principe de fonctionnement ;
- repérer les éléments importants de son fonctionnement : inerties, matériaux, guidages, circuit électrique, isolations, etc. ;
- mettre en œuvre le moteur et sa commande dans les conditions de charge réelles ;
- mesurer des caractéristiques d'entrée et de sortie pour les fonctionnements à tension et intensité constantes ou vitesse et couple constants ;

- mesurer les caractéristiques d'entrée et de sortie de l'ensemble moteur/réducteur pour les différentes phases de fonctionnement de la loi de commande à l'aide de points de mesure situés sur la chaîne d'énergie (tension, intensité, vitesse, couple) ;
- comparer les résultats avec les données constructeur et les exigences du cahier des charges ;
- dimensionner, installer, régler et tester les sécurités nécessaires.

Thème E2 – Structure et fonctionnement d'un moteur asynchrone

Compétences attendues

- Identifier une solution constructive réalisée et lui associer sa fonction technique ;
- vérifier les performances au regard des spécifications du cahier des charges ;
- associer à sa représentation schématique chaque constituant des chaînes de puissance et de commande.

Savoirs et savoir-faire associés

- B11 Les actionneurs
- B122 La commande de puissance
- C122 Conversion électromécanique d'énergie
- C124 La sécurité des biens et des personnes

Supports

Un système (ou une chaîne fonctionnelle du système) en état de fonctionnement comprenant un moteur asynchrone et sa commande associée avec un moteur supplémentaire identique non connecté et démontable.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- analyser la constitution physique du moteur par observation, démontage, etc. ;
- repérer les éléments importants pour garantir de son fonctionnement : inerties, matériaux, guidages, circuit électrique, isolations, etc. ;
- mettre en œuvre le moteur, sa commande, ses protections dans les conditions de charge réelles ;
- mesurer des caractéristiques d'entrée et de sortie en régime permanent ;
- comparer les résultats avec les données constructeur et les exigences du cahier des charges ;
- dimensionner, installer, régler et tester les sécurités nécessaires.

Thème E3 – Structure et fonctionnement d'un actionneur linéaire

Compétences attendues

- Identifier une solution constructive réalisée et lui associer sa fonction technique,
- vérifier les performances au regard des spécifications du cahier des charges ;
- justifier les protections mises en place dans les circuits de puissance ;
- déterminer les grandeurs énergétiques des éléments fonctionnels de la chaîne d'énergie (puissances d'entrée et de sortie, rendement).

Savoirs et savoir-faire associés

- B11 Les actionneurs
- B122 La commande de puissance
- C124 La sécurité des biens et des personnes

Supports

Un système (ou une chaîne fonctionnelle du système) en état de fonctionnement comprenant un vérin et sa commande associée avec un vérin identique démontable.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- analyser la constitution physique du vérin par observation, démontage, etc. ;
- repérer les éléments importants: matériaux, guidages, étanchéités, etc., conditionnant son bon fonctionnement ;
- mettre en œuvre le vérin et son distributeur dans les conditions de charge réelles ;
- identifier, mesurer lorsque cela est possible, des paramètres caractéristiques d'entrée et de sortie en régime permanent ;
- comparer les résultats avec les données constructeur et les exigences du cahier des charges ;
- identifier les sécurités dans le circuit d'énergie.

Thème E4 – Architecture de la chaîne d'énergie, puissance et rendement

Compétences attendues

- Identifier les éléments transformés et les flux (physique, énergie, information) ;
- identifier les constituants du réseau d'alimentation électrique et donner leurs caractéristiques ;
- déterminer les grandeurs énergétiques des éléments fonctionnels de la chaîne d'énergie (puissances d'entrée et de sortie, rendement).

Savoirs et savoir-faire associés

- A2 L'analyse fonctionnelle interne
- B121 L'alimentation en énergie
- C12 Comportement énergétique des systèmes

Supports

Plusieurs systèmes de transformation d'énergie peuvent convenir, par exemple :

- un système de pompage d'eau à partir de l'énergie solaire ;
- une éolienne ;
- un système de transformation de l'énergie électrique en énergie hydraulique puis, éventuellement, en énergie mécanique.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- identifier les formes d'énergie ;
- mesurer les paramètres significatifs ;
- quantifier les puissances ;
- évaluer un rendement de constituant, un rendement global ;
- apprécier la performance globale de la chaîne d'énergie au regard du cahier des charges et la cohérence des divers maillons.

Thème E5 – Liaison entre la chaîne d'énergie et la chaîne d'information

Compétences attendues

- Identifier les éléments transformés et les flux (physique, énergie, information) ;
- associer à sa représentation schématique chaque constituant des chaînes de puissance et de commande ;
- justifier les protections mises en place dans les circuits de puissance.

Savoirs et savoir-faire associés

- B122 La commande de puissance

Supports

Plusieurs systèmes ou plusieurs chaînes fonctionnelles pneumatiques mettant en œuvre plusieurs solutions (pneumatique, électromécanique, électronique...) avec des composants différents, éventuellement démontables.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- analyser la constitution physique préactionneur ;
- distinguer l'écart entre énergie de pilotage et énergie pilotée ;

- comprendre les priorités : conservation de l'énergie, conservation de l'information ;
- interfacer un préactionneur pour répondre à un fonctionnement spécifié.

Thème E6 – La commande modulée de la chaîne d'énergie (liaison avec la chaîne d'information)

Compétences attendues

- Identifier les éléments transformés et les flux (physique, énergie, information) ;
- identifier et régler les paramètres de commande liés à la variation de vitesse ;
- associer à sa représentation schématique chaque constituant des chaînes de puissance et de commande ;
- justifier les protections mises en place dans les circuits de puissance.

Savoirs et savoir-faire associés

B122 La commande de puissance

Supports

Un actionneur intégré à un système réel comprenant un moteur, son circuit d'alimentation, son variateur et sa charge. Le moteur pourra être de type « sans balais », représentatif des solutions les plus récentes qui se développent largement et pour lesquelles la liaison avec la chaîne d'information est de plus en plus déterminante dans le fonctionnement du système. Une approche qui met en œuvre une modification de la loi de vitesse, à charge constante, pour répondre à un besoin du CdCF peut constituer une solution évitant d'aborder le concept d'asservissement qui n'est pas au programme.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- régler et faire fonctionner le système pour répondre à des lois de vitesse différentes ;
- distinguer les composants relatifs à l'alimentation, à la protection, au mode de commande du moteur : commande tout ou rien, variateur de vitesse (éléments relatifs à la modulation d'énergie) ;
- distinguer les composants relatifs à la commande tout ou rien de l'alimentation du moteur des éléments relatifs à la modulation d'énergie ;
- identifier les paramètres influents ;
- identifier les interfaces avec la chaîne d'information.

Thème E7 – Chaîne d'énergie directe et inverse : réversibilité

Compétences attendues

- Vérifier les performances des constituants et de l'ensemble au regard des spécifications du cahier des charges ;
- analyser et déterminer les modes de fonctionnement, en déduire le sens de circulation du flux d'énergie ;
- reconnaître la réversibilité des éléments fonctionnels de la chaîne (transmission, conversion, alimentation) ;
- tracer la relation entrée/sortie dans le quadrant correspondant.

Savoirs et savoir-faire associés

B11 Les actionneurs

C123 Espaces de fonctionnement en régime permanent

Supports

Un système électromécanique comprenant un moteur électrique équipé d'un frein à manque de courant. La chaîne cinématique comprendra un système vis-écrou qui pourra être rendu réversible ou irréversible par changement de constituant. Des conditions de fonctionnement rendront la charge tantôt résistante, tantôt entraînante.

Une autre approche peut se faire à partir d'un système électromécanique (quatre quadrants) soumise à une charge entraînante. De même à partir d'une chaîne pneumatique ou hydraulique intégrant un accumulateur d'énergie.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- inventorier les constituants de la chaîne d'énergie ;
- identifier l'intérêt de la réversibilité ou de l'irréversibilité du mouvement en réponse au cahier des charges ;
- identifier le flux de transmission des efforts ;
- mesurer des caractéristiques d'entrée et de sortie en régime permanent ;
- mettre en œuvre le système en situation tout particulièrement pour les phases de freinage durant lesquelles la dissipation de l'énergie électrique doit être prise en compte et analysée.

Thème E8 – Étude de la fonction assemblage

Compétences attendues

- Vérifier les caractéristiques fonctionnelles d'une solution constructive (précision, effort transmissible, faisabilité d'assemblage) ;

- identifier les contacts entre pièces et la liaison réalisée ;
- proposer et justifier une solution constructive répondant à une modification du CdCF, et la représenter par un moyen de communication approprié.

Savoirs et savoir-faire associés

- B21 Les liaisons mécaniques : assemblages et guidages

Supports

Un ensemble mécanique présentant des assemblages variés en nature et caractéristiques (précision du positionnement, rigidité, capacité à transmettre des efforts, moyens et accessibilité de montage et démontage, etc.).

Commentaires

La problématique conduira l'élève à :

- décrire la constitution physique des divers assemblages ;
- décrire la topologie et la morphologie de l'assemblage ;
- mesurer des caractéristiques : efforts transmis, efforts de serrage, dimensions des pièces assemblées, spécifications géométriques, etc. ;
- attacher des critères au choix des solutions constructives retenues.

Thème E9 – Étude de la fonction guidage en translation

Compétences attendues

- Identifier une solution constructive réalisée et lui associer sa fonction technique ;
- vérifier les caractéristiques fonctionnelles d'une solution constructive (cinématique, précision des guidages, effort transmissible, faisabilité d'assemblage) ;
- identifier les contacts entre pièces et la liaison réalisée ;
- proposer et justifier une solution constructive répondant à une modification du CdCF et la représenter par un moyen de communication approprié.

Savoirs et savoir-faire associés

- B21 Les liaisons mécaniques : assemblages et guidages

Supports

Plusieurs sous ensembles mécaniques présentant des solutions actuelles différentes de guidages en translation permettant de mettre en évidence les caractéristiques fonctionnelles (précision, efforts, lubrification, etc.).

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- décrire la constitution physique des divers guidages ;
- identifier et éventuellement mesurer des caractéristiques : efforts transmis, efforts de serrage, états de surface, dimensions de pièces assemblées, spécifications géométriques, etc. ;
- apprécier des solutions constructives au regard des critères caractérisant un guidage en translation pour une application donnée.

Thème E10 – Étude de la fonction guidage en rotation

Compétences attendues

- Identifier une solution constructive réalisée et lui associer sa fonction technique ;
- vérifier les caractéristiques fonctionnelles d'une solution constructive (cinématique, précision des guidages, efforts transmissibles, faisabilité d'assemblage) ;
- identifier les contacts entre pièces et la liaison réalisée ;
- proposer et justifier une solution constructive répondant à une modification du CdCF et la représenter par un moyen de communication approprié.

Savoirs et savoir-faire associés

- B21 Les liaisons mécaniques : assemblages et guidages

Supports

Au moins deux sous-ensembles présentant des solutions constructives représentatives des familles de guidage par glissement et par roulement.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- décrire la constitution physique des divers guidages ;
- mesurer des caractéristiques : efforts transmis, efforts de serrage, états de surface, dimensions des pièces assemblées, spécifications géométriques, etc. ;
- apprécier des solutions constructives au regard des critères caractérisant un guidage en rotation pour une application donnée.

Thème E11 – Étude de la fonction transmission de puissance entre arbres parallèles

Compétences attendues

- Vérifier les caractéristiques fonctionnelles d'une solution constructive (cinématique, précision des guidages, efforts transmissibles, faisabilité d'assemblage) ;
- proposer et justifier une solution constructive répondant à une modification du CdCF et la représenter par un moyen de communication approprié ;
- déterminer les grandeurs cinématiques caractéristiques associées à la fonction réalisée : vitesse linéaire et/ou angulaire d'entrée et de sortie ;
- tracer la relation entrée/sortie ;
- déterminer les actions mécaniques transmises, résultante et moment résultant ;
- reconnaître la réversibilité des éléments fonctionnels de la chaîne (transmission, conversion, alimentation).

Savoirs et savoir-faire associés

- B22 Les composants mécaniques de transmission
- C123 Espace de fonctionnement en régime permanent

Supports

Au moins deux sous-systèmes mécaniques présentant pour l'un, une transmission de puissance par engrenage et pour l'autre par lien flexible.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- décrire la constitution physique de la transmission ;
- déterminer les relations cinématiques et les effets de la transmission sur les couples transmis ;
- apprécier des solutions constructives au regard des critères caractérisant une transmission de puissance entre arbres parallèles.

Thème E12 – Étude de la fonction transformation de mouvement

Compétences attendues

- Vérifier les caractéristiques fonctionnelles d'une solution constructive (cinématique, précision des guidages, efforts transmissibles, faisabilité d'assemblage) ;
- proposer et justifier une solution constructive répondant à une modification du CdCF et la représenter par un moyen de communication approprié ;
- déterminer les grandeurs cinématiques caractéristiques associées à la fonction réalisée : vitesse linéaire et/ou angulaire d'entrée et de sortie.

Savoirs et savoir-faire associés

- B22 Les composants mécaniques de transmission

Supports

Les supports variés pour ce type de TP comporteront des sous-systèmes mécaniques parmi lesquels les solutions suivantes devront être présentes :

- un système vis-écrou ;
- un système bielle-manivelle ;
- un système à came ;
- un système à barres ;
- un système pignon crémaillère.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- décrire la constitution physique de la transmission ;
- déterminer par relevé ou par simulation informatique les relations cinématiques et les effets de la transformation de mouvement sur les couples et efforts transmis.

Thème E13 – Démarche d'isolement et principe de l'équilibre statique d'un solide

Compétences attendues

- Isoler un solide ou un ensemble de solides et justifier l'isolement proposé ;
- identifier les contacts entre pièces et la liaison réalisée ;
- déterminer les actions mécaniques transmises, résultante et moment résultant, par :
 - une résolution graphique pour un solide ou un ensemble de solides isolés soumis à deux ou trois forces concourantes,
 - résolution analytique dans le cas de forces parallèles,
 - une résolution logicielle dans les cas plus complexes.

Savoirs et savoir-faire associés

- C112 Transmission des efforts, statique des mécanismes
- C114 Frottement entre solides, résistance au mouvement : glissement et roulement

Supports

Un ou plusieurs sous-systèmes mécaniques, éventuellement didactisés.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- observer, manipuler et décrire la constitution physique des assemblages et guidages constituant le système isolé ;

- mesurer, lorsque cela est possible, les efforts extérieurs (force, couple) sur le système considéré ;
- établir (dans les cas simples) ou exploiter un modèle associé et décrire les paramètres influents ;
- déterminer, à l'aide d'un logiciel adapté, pour un modèle fourni, les efforts caractéristiques en entrée, en sortie, et sur les pièces significatives de la transmission ;
- faire varier les charges extérieures et évaluer, à l'aide d'un logiciel adapté, les conséquences sur les charges sollicitant les pièces du mécanisme.

Thème E14 – Modélisation des assemblages et des guidages mécaniques

Compétences attendues

- Isoler un solide ou un ensemble de solides et justifier l'isolement proposé ;
- identifier les contacts entre pièces et la liaison réalisée ;
- associer à chaque liaison les paramètres géométriques et les grandeurs de vitesse qui définissent les mouvements permis ;
- déterminer les actions mécaniques transmises, résultantes et moment résultant.

Savoirs et savoir-faire associés

- C111 Liaisons mécaniques
- C114 Frottements entre solides

Supports

Un ou plusieurs sous-systèmes mécaniques autorisant des mouvements de translation, des mouvements de rotation, des mouvements plans et comportant des assemblages rigides.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- observer, manipuler et décrire la constitution physique des assemblages et guidages considérés ;
- établir un modèle associé (dans les cas simples) et décrire les paramètres influents ;
- simuler le comportement cinématique à l'aide du modèle fourni ou déterminé dans des cas simples ;
- comparer avec le comportement du système réel.

Thème E15 – Mouvements de solides, plan sur plan

Compétences attendues

- Associer à chaque liaison les paramètres géométriques et les grandeurs de vitesse qui définissent les mouvements permis ;
- déterminer les grandeurs cinématiques caractéristiques associées à la fonction réalisée : vitesse linéaire et/ou angulaire d'entrée et de sortie.

Savoirs et savoir-faire associés

- C113 Transmission des mouvements, cinématique des mécanismes

Supports

Un sous-système mécanique articulé présentant une cinématique plane.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- observer, manipuler et décrire la constitution physique des assemblages et guidages considérés ;
- établir un modèle associé (dans les cas simples) et décrire les paramètres influents ;
- mesurer les valeurs des paramètres cinématiques d'entrée, de sortie, intermédiaires ;
- simuler, à l'aide d'un logiciel adapté, le comportement cinématique à l'aide du modèle fourni ;
- déterminer, en les faisant varier, les paramètres significatifs et tracer la loi entrée/sortie à l'aide d'un logiciel adapté.

Thème E16 – Étude dynamique d'un solide (translation et rotation)

Compétences attendues

- Appliquer le principe fondamental de la dynamique à l'élément réalisant la fonction mécanique étudiée ;
 - définir et quantifier les efforts moteur et résistant, le moment d'inertie et l'accélération linéaire ou angulaire.
- En déduire la force ou le couple en accélération constante (application au calcul de l'effort au démarrage).

Savoirs et savoir-faire associés

- C115 Mouvement d'un solide indéformable

Supports

Un système simple, didactisé, comprenant un mouvement de translation et un mouvement de rotation de type :

- système de levage ;
- table de translation.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- observer, mesurer, lorsque cela est possible, l'évolution des paramètres (efforts, vitesse) lors des phases transitoires ;
- appliquer plusieurs cas de charge et de variation de charge (modification des inerties, de la charge résistante ou motrice).

Thème E17 – Simulation du comportement cinématique et dynamique d'un système

Compétences attendues

- Proposer et justifier une solution constructive ;
- associer à chaque liaison les paramètres géométriques et les grandeurs de vitesse qui définissent les mouvements permis ;
- déterminer les grandeurs cinématiques caractéristiques associées à la fonction réalisée : vitesse linéaire et/ou angulaire d'entrée et de sortie ;
- définir et quantifier les efforts moteur et résistant, le moment d'inertie et l'accélération linéaire ou angulaire ;
- en déduire la force ou le couple en accélération constante (application au calcul de l'effort au démarrage).

Savoirs et savoir-faire associés

- B22 Les composants mécaniques de transmission
- C113 Transmission des mouvements, cinématique des mécanismes
- C115 Mouvement d'un solide indéformable

Supports

Un ou plusieurs sous-systèmes mécaniques autorisant des mouvements de translation, des mouvements de rotation, des mouvements plans et comportant des assemblages rigides.

Un poste informatique équipé d'un logiciel de simulation et de calcul du comportement mécanique des systèmes, en interface avec la maquette numérique du mécanisme.

Commentaires

Ce thème est complémentaire des thèmes E14 et E16 lorsqu'il s'agira de valider ou modifier une solution en réponse au cahier des charges.

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à travailler à partir du système réel et éventuellement, de sa maquette numérique.

Les modeleurs volumiques peuvent être associés à des logiciels de simulation du comportement mécanique d'un mécanisme. L'utilisation de ces outils impose un traitement de la maquette numérique en trois phases :

- la modélisation du problème, qui permet de définir les modèles cinématiques retenus, les données d'entrées connues (vitesses, forces...) qui peuvent être présentées et discutées à ce niveau d'étude ;
- le traitement numérique du comportement du système, qui ne doit pas être abordé avec les élèves mais mis au point et présenté par le professeur ;
- la présentation des résultats et leur exploitation, qui, dans des cas simples, peuvent être accessibles aux élèves et déboucher sur des conclusions techniques très intéressantes.

L'utilisation de tels logiciels peut donc être une aide à :

- la visualisation des phénomènes intervenant au sein d'un mécanisme ;
- la visualisation du comportement du système, en lien avec des évolutions repérables de grandeurs physiques (entrée/sorties) significatives (forces, vitesses, accélérations) ;
- la modification raisonnée de paramètres, permettant d'apprécier des limites de performances, de solutions constructives.

Thème E18 – Sollicitations et déformations élastiques d'un solide

Compétences attendues

- Identifier la sollicitation subie par un solide de type poutre.

Savoirs et savoir-faire associés

- C116 Comportement du solide déformable

Supports

Un équipement didactique dédié associé à un sous-système mécanique, éventuellement didactisé, présentant les mêmes sollicitations que l'équipement et dont les effets peuvent influencer le comportement du système.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- faire varier les charges ;
- mesurer les effets en déformation et appréhender les lois de comportement ;
- décrire, et éventuellement quantifier, les effets des sollicitations sur l'équipement et sur le sous-système mécanique.

Thème E19 – Simulation du comportement mécanique sous charge d'une pièce

Compétences attendues

- Vérifier les caractéristiques fonctionnelles d'une solution constructive et la représenter par un moyen de communication approprié ;
- proposer et justifier une solution constructive ;
- déterminer les actions mécaniques transmises, résultante et moment résultant, par une résolution logicielle dans les cas plus complexes.

Savoirs et savoir-faire associés

- C112 Transmission des efforts, statique des mécanismes
- C116 Comportement du solide déformable

Supports

Une pièce simple issue d'un système mécanique sous charge et sa maquette numérique.

Un poste informatique équipé d'un logiciel de simulation et de calcul du comportement mécanique des systèmes en interface avec la maquette numérique de la pièce.

Commentaires

Ce thème est complémentaire au thème E18 lorsqu'il s'agira de valider ou modifier le dimensionnement d'une pièce en réponse au cahier des charges.

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à travailler à partir du système réel et de sa maquette numérique.

Travaux pratiques – chaînes d'information

Thème I1 – Structure et principe de fonctionnement d'un automate programmable industriel

Compétences attendues

- Analyser l'organisation fonctionnelle de la chaîne d'information et en établir un schéma-bloc (fonctions assurées, flux de données) ;
- identifier les différents constituants matériels de la chaîne d'information et les fonctions techniques réalisées ;
- identifier les éléments transformés et les flux (énergie, information) ;
- lister et caractériser les entrées et les sorties ;
- générer automatiquement le programme et l'implanter dans le système cible ;
- configurer le produit et le faire fonctionner ;
- tester le fonctionnement.

Savoirs et savoir-faire associés

- A2 L'analyse fonctionnelle interne
- B41 Le système de traitement intégré dans la chaîne d'information
- B42 Les systèmes programmables
- B421 Structure fonctionnelle et matérielle
- B422 Structure logicielle

Supports

Chaîne d'information intégrant un automate programmable industriel permettant la commande d'un procédé industriel.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- décrire la structure fonctionnelle, matérielle et logicielle (système d'exploitation, mémoire programme, mémoire données) d'un automate programmable industriel ;
- caractériser les entrées/sorties d'un automate programmable industriel ;
- identifier et régler les paramètres de configuration logiciels pour une application donnée ;
- après une série d'exercices choisis pour mettre en valeur le cycle de scrutation d'un API, décrire son fonctionnement cyclique et caractériser son influence sur le traitement du programme.

Thème I2 – Structure et principe de fonctionnement d'un système à base de carte à microcontrôleur

Compétences attendues

- Identifier les différents constituants matériels de la chaîne d'information et les fonctions techniques réalisées ;
- analyser l'organisation fonctionnelle de la chaîne d'information et en établir un schéma-bloc (fonctions assurées, flux de données) ;
- identifier les éléments transformés et les flux (énergie, information) ;
- lister et caractériser les entrées et les sorties ;
- générer automatiquement le programme et l'implanter dans le système cible ;
- configurer le produit et le faire fonctionner ;
- tester le fonctionnement.

Savoirs et savoir-faire associés

- A2 L'analyse fonctionnelle interne
- B41 Le système de traitement intégré dans la chaîne d'information
- B42 Les systèmes programmables
- B421 Structure fonctionnelle et matérielle
- B422 Structure logicielle

Supports

Chaîne d'information à base de microcontrôleur intégrée dans un produit ou un système grand public (audiovisuel, jeux, électroménager, outillage, loisirs, distributeurs automatiques, etc.).

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- décrire la structure fonctionnelle, matérielle et logicielle d'un système de traitement de l'information à base de microcontrôleur en s'appuyant sur la documentation technique associée ;
- relever les contraintes de compatibilité des signaux échangés entre la carte à microcontrôleur et les périphériques associés ;
- identifier et régler les paramètres de configuration (matériels et logiciels) pour une application donnée ;
- relier la carte à microcontrôleur à ses différents périphériques et tester le fonctionnement de l'ensemble.

Thème I3 – Transformation d'une grandeur physique en un signal par un détecteur TOR

Compétences attendues

- Identifier la grandeur physique à mesurer et la nature de l'information délivrée par le capteur ;

- décrire par schéma-blocs une décomposition structurelle et fonctionnelle de tout ou partie du système d'acquisition ;
- mesurer les signaux en divers points du système d'acquisition ;
- décrire et représenter l'évolution du signal le long de la chaîne ;
- justifier un choix de capteur.

Savoirs et savoir-faire associés

B31 Les capteurs

Supports

Les bancs d'essais pour capteurs peuvent convenir pour atteindre une partie des compétences attendues. Ils doivent être représentatifs des grandes familles de solutions de transformation d'une grandeur physique à mesurer en un signal ou une grandeur mesurable et devront être rapprochés des besoins d'acquisition dans des produits pluritechniques réels. Pour pouvoir justifier d'un choix de capteur, il est nécessaire de faire le lien avec la chaîne d'information dans laquelle il est intégré.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- analyser l'organisation fonctionnelle d'un système d'acquisition et en établir un schéma-blocs ;
- identifier les différents constituants matériels du système d'acquisition et les fonctions techniques réalisées (les possibilités d'investigation sont dépendantes du niveau d'intégration) ;
- caractériser l'information délivrée en sortie du système d'acquisition (tension, intensité, fréquence) en choisissant le moyen de mesurage adapté ;
- mesurer le temps de réponse du système d'acquisition ; dans le cas d'une utilisation en vue de réaliser une commande, évaluer les conséquences du temps de réponse et de la résolution sur le comportement du système et vérifier le respect des contraintes exprimées dans le cahier des charges ;
- identifier le type de sortie utilisé (NPN, PNP, contact de relais³) à l'aide de la documentation technique ;
- configurer et régler le système d'acquisition pour l'intégrer à une chaîne d'information ou pour la rendre compatible avec le système de traitement de l'information.

Thème I4 – Transformation d'une grandeur physique à mesurer en une grandeur mesurable par un capteur à sortie analogique ou numérique

Compétences attendues

- Expliciter les caractéristiques d'entrée et de sortie du conditionneur éventuel ;
- identifier la grandeur physique à mesurer et la nature de l'information délivrée par le capteur ;
- mesurer les signaux en divers points du système d'acquisition ;
- décrire et représenter l'évolution du signal en entrée et en sortie des différents éléments ;
- justifier un choix de capteur.

Savoirs et savoir-faire associés

B31 Les capteurs

Supports

Dans le cadre de ce TP, le système d'acquisition ne peut pas être étudié séparément de la chaîne d'information. Il doit donc être ou doit pouvoir être intégré à un système pluritechnique.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- interfacer le capteur avec le milieu où évolue la grandeur à mesurer ;
- analyser l'organisation fonctionnelle d'un système d'acquisition et en établir un schéma-blocs ;
- identifier les différents constituants matériels du système d'acquisition et les fonctions techniques réalisées (les possibilités d'investigation sont dépendantes du niveau d'intégration) ;
- caractériser l'information délivrée en sortie du système d'acquisition (tension, intensité, fréquence) en choisissant le moyen de mesurage adapté ;
- configurer et régler le système d'acquisition pour le rendre compatible avec le système de traitement de l'information.

Thème I5 – La commande de la chaîne d'énergie

Compétences attendues

- Identifier les éléments transformés et les flux (énergie, information) ;
- associer à sa représentation schématique chaque constituant du circuit de commande ;

3. L'étude des composants électroniques n'est plus au programme. L'utilisation de simulateurs orientés « composants » n'est donc plus appropriée.

- identifier les opérateurs logiques et arithmétiques utilisés ;
- établir, pour un système combinatoire, l'expression d'une fonction logique, la représenter sous les formes tabulées, d'équations ou graphiques ;
- représenter tout ou partie du produit sous forme schématique.

Savoirs et savoir-faire associés

- B122 La commande de puissance
- C22 Comportement des systèmes logiques combinatoires
- D1 Schématisation

Supports

Plusieurs systèmes électropneumatiques (mettant en œuvre des solutions avec des distributeurs différents) et électromécaniques avec :

- plusieurs solutions de pilotage de distributeurs ;
- les interfaces de puissance correspondantes, disponibles et démontables ;
- des contacteurs et des interfaces de puissance.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- analyser la constitution physique de la commande d'un distributeur, d'un contacteur, d'une interface de puissance de moteur électrique ;
- percevoir l'écart entre énergie de pilotage et énergie pilotée ;
- comprendre les priorités : conservation de l'énergie, conservation de l'information ;
- simuler le fonctionnement d'un circuit de puissance pour vérifier le respect des exigences du cahier des charges ;
- proposer une modification du circuit de commande pour respecter les exigences du cahier des charges ;
- établir, à partir d'un circuit de commande électrique d'un système pluritechnique, les expressions logiques correspondantes.

Thème I6 – Les systèmes logiques combinatoires

Compétences attendues

- Lister et caractériser les entrées et les sorties ;
- identifier les opérateurs logiques utilisés ;
- établir, pour un système combinatoire, l'expression d'une fonction logique, la représenter sous les formes tabulées, d'équations ou graphiques ;
- élaborer tout ou partie du modèle comportemental ;
- représenter tout ou partie du produit sous forme schématique ;
- modifier la spécification comportementale à l'aide d'un éditeur (atelier logiciel, interface de développement rapide) ;

- générer automatiquement le programme et l'implanter dans le système cible ;
- tester le fonctionnement.

Savoirs et savoir-faire associés

- C21 L'information
- C22 Comportement des systèmes logiques combinatoires
- B42 Les systèmes programmables
- B421 Structure fonctionnelle et matérielle
- B422 Structure logicielle
- D1 Schématisation

Supports

Des modules logiques programmables reliés (ou à relier) à une chaîne d'énergie avec leurs interfaces de développement.

Des composants de type « éléments logiques programmables (ELP) » associés à leurs compilateurs logiques et intégrés dans des applications.

Des ateliers logiciels conformes à la norme IEC 61131-3 intégrant le langage LD (*Ladder Diagram*) associés à des automates programmables industriels reliés (ou à relier) à des chaînes d'énergies.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- définir la frontière de description du système logique combinatoire ;
- simuler le comportement du système logique à l'aide de l'outil informatique ;
- configurer et régler le système de commande pour mettre en œuvre une chaîne d'énergie.

Thème I7 – Les systèmes logiques séquentiels : la fonction mémoire

Compétences attendues

- Configurer le produit et le faire fonctionner ;
- lister et caractériser les entrées et les sorties ;

Savoirs et savoir-faire associés

- C21 L'information
- C23 Comportement des systèmes logiques séquentiels

Supports

Bascules, relais, télérupteur, boutons à accrochage mécanique, boutons tournants, distributeurs bistables, automate programmable industriel avec atelier logiciel.

Commentaires

Il est important de montrer que la fonction mémoire peut être assurée d'une part, par le système de traitement de l'information et d'autre part, par les interfaces

de puissance, les capteurs, les entrées issues de pupitres, etc. Les éléments assurant la fonction mémoire doivent être replacés dans leur contexte d'utilisation.

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- identifier le principe d'obtention de l'effet mémoire ;
- constater la non univocité de la relation entrées/sortie ;
- identifier la priorité utilisée ;
- s'approprier la notion de variable interne ;
- représenter à l'aide d'un chronogramme l'évolution des entrées/sortie d'un opérateur mémoire.

Thème I8 – Les systèmes logiques séquentiels : les fonctions comptage et retard

Compétences attendues

- Configurer le produit et le faire fonctionner ;
- lister et caractériser les entrées et les sorties ;
- déterminer le format numérique adapté.

Savoirs et savoir-faire associés

- C21 L'information
- C23 Comportement des systèmes logiques séquentiels

Supports

Compteurs et opérateurs retard non programmables. Automates programmables industriels avec blocs fonctionnels comptage et retard.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à représenter l'évolution des entrées/sortie des opérateurs retard et comptage à l'aide d'un chronogramme.

Thème I9 – Les systèmes logiques séquentiels : Le Grafcet

Compétences attendues

- Lister et caractériser les entrées et les sorties ;
- analyser et interpréter le Grafcet fourni en décrivant, depuis une situation donnée, la suite des situations atteintes au cours de l'évolution ;
- vérifier le respect de certaines contraintes formulées dans le cahier des charges (temporelles, de sécurité) ;
- élaborer un diagramme décrivant l'enchaînement temporel des différentes tâches ;
- modifier la spécification comportementale à l'aide d'un éditeur (atelier logiciel, interface de développement rapide) ;
- générer automatiquement le programme et l'implanter dans le système cible ;
- tester le fonctionnement.

Savoirs et savoir-faire associés

- C21 L'information
- C23 Comportement des systèmes logiques séquentiels
- B42 Les systèmes programmables
- B421 Structure fonctionnelle et matérielle
- B422 Structure logicielle

Supports

Des éditeurs de modèles grafctets et les post-processeurs adaptés aux automates programmables utilisés dans le laboratoire.

Des ateliers logiciels conformes à la norme IEC 61131-3 disposant du langage SFC.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- lister et caractériser les entrées participant aux réceptivités et les sorties affectées aux étapes ;
- comprendre et justifier une structure Grafcet ;
- définir la frontière de description du système logique séquentiel décrit par le Grafcet ;
- percevoir la notion de sensibilité de la commande à une (ou plusieurs) réceptivités ;
- élaborer un diagramme de Gantt ou des chronogrammes décrivant l'enchaînement temporel des différentes tâches opératives ou opérations ;
- simuler le comportement du système à l'aide de l'outil informatique ;
- comparer le comportement observé et le comportement spécifié à l'aide du Grafcet ;
- modifier une structure Grafcet, une (ou plusieurs) expression de réceptivité associée à une transition, une expression logique associée à un ordre, pour répondre à un cahier des charges.

Thème I10 – Les systèmes numériques : implantation d'un algorithme en langage littéral structuré

Compétences attendues

- Configurer le produit et le faire fonctionner ;
- identifier les opérateurs logiques et arithmétiques utilisés ;
- déterminer le format numérique adapté ;
- élaborer tout ou partie du modèle comportemental ;
- générer automatiquement le programme et l'implanter dans le système cible ;
- tester le fonctionnement.

Savoirs et savoir-faire associés

- B41 Le système de traitement intégré dans la chaîne d'information
- B42 Les systèmes programmables
- B421 Structure fonctionnelle et matérielle
- B422 Structure logicielle
- C24 Comportement des systèmes numériques

Supports

Des éditeurs d'algorigrammes avec assistants permettant d'élaborer des spécifications algorithmiques et de générer le code destiné à un microcontrôleur.

Possibilité d'utiliser des ateliers logiciels pour automates programmables industriels conformes à la norme IEC 61131-3 intégrant le langage ST (littéral structuré). Des automates programmables industriels reliés à des périphériques de dialogue et/ou à des parties opératives réelles ou simulées (maquettes numériques).

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- définir la frontière de description du système numérique ;
- traduire une spécification algorithmique en un langage littéral structuré.

Thème I11 – Les systèmes numériques : mise en œuvre d'un microcontrôleur avec des composants logiciels réutilisables

Compétences attendues

- Configurer le produit et le faire fonctionner ;
- générer automatiquement le programme et l'implanter dans le système cible ;
- tester le fonctionnement.

Savoirs et savoir-faire associés

- B41 Le système de traitement intégré dans la chaîne d'information
- B42 Les systèmes programmables
- B421 Structure fonctionnelle et matérielle
- B422 Structure logicielle
- C24 Comportement des systèmes numériques

Supports

Chaînes d'information à base de microcontrôleur intégrées dans des produits ou des systèmes grand public (audiovisuel, jeux, électroménager, outillage, loisirs, distributeurs automatiques, etc.).

Les chaînes sont livrées avec :

- des composants logiciels réutilisables ;
- des éditeurs permettant de travailler au niveau de la spécification et de générer le code et les liens automatiquement.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- choisir et identifier les composants logiciels réutilisables nécessaires à une application donnée ;
- traduire la spécification comportementale en un langage graphique permettant, à l'aide d'un logiciel dédié, un passage direct et automatique de la spécification au programme compilé ;
- générer automatiquement le programme et tester l'application.

Thème I12 – La communication de l'information

Compétences attendues

- Identifier la nature de l'information à communiquer ;
- reconnaître le type d'interface d'entrée/sortie ;
- énoncer, d'un point de vue utilisateur, les éléments caractéristiques du réseau (architecture matérielle, services...);
- établir les liaisons physiques entre les différents postes et périphériques ;
- configurer les logiciels de façon à établir la communication ;
- paramétrer une suite de protocoles TCP-IP.

Savoirs et savoir-faire associés

- B51 Les périphériques
- B52 Les réseaux

Supports

- Chaînes d'information intégrant un automate programmable industriel ou une carte à microcontrôleur, permettant la commande d'un procédé (industriel ou non) où certains capteurs, réactionneurs, composants de dialogue, sont gérés par un bus de terrain (par exemple : ASI, CAN).
- Plusieurs ordinateurs ou cartes à microcontrôleur reliés en réseau (Ethernet TCP-IP) permettant le pilotage d'un procédé (industriel ou non).
- Une carte ou un coupleur Web permettant un accès par Internet pour la surveillance, le pilotage à distance du procédé, dans l'un des deux cas précédents.
- Périphériques de positionnement d'un pointeur sur un écran, de saisie d'images, de lecture de codes, de saisie de consignes opérateurs, afficheurs alphanumériques, écrans, imprimantes, traceurs.
- Périphériques de stockage des données sur disques magnétiques et optiques.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- reconnaître les types d'interfaces utilisées ;
- relever les contraintes de compatibilité entre les matériels interconnectés ;
- différencier l'adressage physique de l'adressage logique de chaque constituant connecté au réseau ;
- configurer les différents paramètres de la transmission ;
- analyser les données et les formats de données échangés ;
- tester la communication et mettre en œuvre les différentes fonctionnalités du réseau.

Thème I13 – Comportement réel d'un système pluritechnique**Compétences attendues**

- Configurer le produit et le faire fonctionner ;
- vérifier les performances au regard des spécifications du cahier des charges ;
- vérifier la conformité ou modifier tout ou partie d'un schéma de puissance en utilisant un logiciel de simulation ;
- éventuellement identifier et régler les paramètres de commande liés à la variation de vitesse (loi de commande) ;

- vérifier le respect de certaines contraintes formulées dans le cahier des charges (temporelles, de sécurité) ;
- modifier la spécification comportementale à l'aide d'un éditeur (atelier logiciel, interface de développement rapide) ;
- générer automatiquement le programme et l'implanter dans le système cible ;
- tester le fonctionnement.

Savoirs et savoir-faire associés

Tous

Supports

Un système pluritechnique en état de fonctionnement.

Commentaires

Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- relever les écarts entre la spécification comportementale (on se limitera au Grafcet) et le comportement réel observé ;
- identifier l'(es) origine(s) de ces écarts ;
- proposer et réaliser des interventions matérielles et logicielles sur la chaîne d'information pour répondre aux exigences du cahier des charges.

Travaux pratiques – analyse fonctionnelle

Thème AF1 – Approche externe de l'analyse fonctionnelle : le CdCF

Compétences attendues

- Identifier et définir le besoin auquel répond le produit et ses fonctions de service ;
- expliciter tout ou partie des spécifications du cahier des charges fonctionnel.

Savoirs et savoir-faire associés

- A1 Le cahier des charges fonctionnel

Supports

Plusieurs produits pluritechniques complets (grand public ou non).
Leur CdCF complètement renseigné.

Commentaires

Cette activité ne portera que sur une phase de lecture. Les problématiques proposées doivent conduire les élèves à :

- valider la présentation générale de l'analyse en identifiant entre autres l'utilisateur (qui), la valeur ajoutée du produit (quoi), l'environnement d'utilisation (où), les conditions d'utilisation (quand, comment), le but et la cause (pourquoi) ;
- valider deux ou trois fonctions de service et quelques contraintes du tableau de caractéristiques en explicitant la solution adoptée.

Thème AF2 – Approche interne de l'analyse fonctionnelle : le FAST

Compétences attendues

- Identifier et ordonner les fonctions techniques qui contribuent à la satisfaction des fonctions d'usage (diagramme FAST) ;
- décrire l'architecture fonctionnelle d'un produit sous forme de schéma-bloc ;
- identifier les éléments transformés et les flux (physique, énergie, information).

Savoirs et savoir-faire associés

- A2 L'analyse fonctionnelle interne

Supports

Un produit (complet ou partiel).
Le FAST correspondant partiellement renseigné sur les fonctions techniques, complètement renseigné sur les fonctions de service.

Commentaires

Cette activité pourra porter sur trois phases :

- une phase de lecture où l'élève pourra décoder les parties renseignées du FAST, et séparer les fonctions de service, les fonctions techniques et les solutions ;
- une phase d'écriture où l'élève pourra pour deux ou trois fonctions de service, visibles sur le produit et en relation avec le programme, compléter le FAST par les fonctions techniques et les solutions correspondantes ;
- une phase de compréhension où l'élève pourra, pour une fonction de service complètement déroulée, identifier le parcours du flux d'information et/ou d'énergie à travers le FAST.

Thème AF3 – Architecture fonctionnelle des chaînes d'information et d'énergie, frontières et flux

Compétences attendues

- Identifier les éléments transformés et les flux (physique, énergie, information) ;
- décrire l'architecture fonctionnelle sous forme de schéma-blocs ;
- lister et caractériser les entrées et les sorties ;
- identifier les différents constituants matériels et les fonctions techniques réalisées ;
- identifier les constituants du réseau d'alimentation électrique et donner leurs caractéristiques.

Savoirs et savoir-faire associés

- A2 L'analyse fonctionnelle interne
B11 Les actionneurs
B12 Les circuits de puissance
B22 Les composants mécaniques de transmission
C21 L'information

Supports

Systèmes pluritechniques :

- intégrant un automate programmable industriel permettant la commande d'un procédé industriel ;
- à base de microcontrôleur intégrée dans un produit ou un système grand public (audiovisuel, jeux, électroménager, outillage, loisirs, distributeurs automatiques, etc.).

Commentaires

L'identification des énergies et des informations (nature et caractéristiques) s'effectuera en toute sécurité à partir de points de mesures ou sur la base de notes techniques des fournisseurs.
Les problématiques proposées doivent conduire l'élève à :

- découvrir les constituants réalisant les fonctions techniques ;

- définir les frontières respectives des chaînes fonctionnelles ;
- identifier les grandeurs d'entrée et de sortie de la de la chaîne d'énergie ;
- classier les entrées et sorties de la chaîne d'information selon leurs origines ou leurs destinations

- respectives (pupitre opérateur, chaîne d'énergie, autres chaînes d'information) ;
- identifier la nature (logique, analogique, numérique) des informations échangées entre les blocs fonctionnels.

Travaux pratiques – représentation du réel

Thème R1 – Construction des schémas de principe

Compétences visées

- Représenter tout ou partie du produit sous forme schématique ;
- identifier les constituants représentés.

Savoirs et savoir-faire associés

- D1 Schématisations mécaniques (cinématique, technologique)

Supports

Tout support (systèmes, sous-système, produit) présent dans le laboratoire.

Commentaires

Il s'agit par l'observation et la manipulation de systèmes techniques ou de leurs représentations de traduire par un schéma non normalisé, mais qui gagne souvent à être légendé, le ou les principes de fonctionnement exploités dans une chaîne d'énergie.

Thème R2 – Construction des schémas cinématique, architectural ou technologique

Compétences visées

- Représenter tout ou partie du produit sous forme schématique ;
- identifier les constituants représentés.

Savoirs et savoir-faire associés

- D1 Schématisations mécaniques (cinématique, technologique)

Supports

Tout support (systèmes, sous-système, produit) présent dans le laboratoire.

Commentaires

Il s'agit, lors de l'étude de tout ou partie de systèmes pluritechniques d'établir, de compléter ou de décodifier des représentations en leur associant une exploitation pertinente :

- analyse des mouvements et relations cinématiques pour le schéma cinématique minimal ;
- mise en évidence des positions relatives des différentes liaisons entre les ensembles cinématiquement assemblés d'un mécanisme ;

- identification et agencement des différents composants pour le schéma technologique (éventuellement légendé).

Thème R3 – Construction des schémas électriques

Compétences visées

- Représenter tout ou partie du produit sous forme schématique ;
- identifier les constituants représentés.

Savoirs et savoir-faire associés

- D1 Schématisations normalisées : électriques, électroniques (symboles et règles de représentation)

Supports

Tout support (systèmes, sous-système, produit) présent dans le laboratoire et présentant une partie électrique (de commande et/ou de puissance) accessible au niveau de compréhension de l'élève

Commentaires

Il s'agit de l'activité de décodage et d'élaboration partielle d'une représentation normalisée d'un circuit de puissance et/ou de commande électriques relatif à tout ou partie d'un système pluritechnique. L'association d'une solution constructive d'une part à la fonction technique qu'elle assure et d'autre part à sa représentation symbolique, en appréciant leurs domaines respectifs d'exploitation, est caractéristique des sciences pour l'ingénieur. L'utilisation de logiciels d'assistance à la création de schémas électriques doit être envisagée si elle est ergonomique et intuitive et n'exige pas un apprentissage spécifique.

Thème R4 – Construction des schémas pneumatiques

Compétences visées

- Représenter tout ou partie du produit sous forme schématique ;
- identifier les constituants représentés.

Savoirs et savoir-faire associés

- D1 Schématisations normalisées : pneumatiques (symboles et règles de représentation)

Supports

Tout support (systèmes, sous-système, produit) présent dans le laboratoire et présentant une partie pneumatique accessible au niveau de compréhension de l'élève.

Commentaires

Il s'agit de l'activité de décodage et d'élaboration partielle d'une représentation normalisée d'un circuit de puissance et/ou de commande pneumatique relatif(s) à tout ou partie d'un système pluritechnique. L'association d'une solution constructive d'une part à la fonction technique qu'elle assure et d'autre part à sa représentation symbolique, en appréciant leurs domaines respectifs d'exploitation, est caractéristique des sciences de l'ingénieur.

L'utilisation de logiciels d'assistance à la création de schémas pneumatiques doit être envisagée si elle est ergonomique et intuitive et n'exige pas un apprentissage spécifique.

Thème R5 – Représentation d'une pièce et arbre de construction

Compétences visées

– Analyser morphologiquement les pièces et identifier les volumes élémentaires et les paramètres associés ;
– représenter tout ou partie du produit à l'aide de l'outil informatique 3D.

Savoirs et savoir-faire associés

– Représentation en 3D par modeleur volumique paramétré variationnel :
• différents modes de création de pièce,
• arbres de construction,
• relations entre paramètres géométriques et conditions fonctionnelles ;
– relation 3D-2D : mise en plan, coupes et sections ;
– fonctionnalités d'habillage.

Supports

Tout support (systèmes, sous-système, produit) présent dans le laboratoire et présentant des pièces mécaniques dont les formes et les fonctions sont accessibles au niveau de compréhension de l'élève.

Commentaires

En sciences de l'ingénieur, l'accent sera mis sur la relation entre cotes fonctionnelles et paramètres de construction de la maquette numérique. Cette activité a donc comme préalable une réflexion sur les conditions de fonctionnement de l'ensemble ou du sous-ensemble. Elle inclut la production, l'édition et l'habillage de la représentation normalisée 2D de certaines pièces en vue d'une exploitation technique annoncée (cotation, fabrication, maintenance, documentation...).

Cette activité doit être menée en liaison avec un système réel et permet de présenter les modes de construction d'une pièce selon les activités envisagées :

– « Mode par assemblage » : analyse d'une pièce réelle, création de sa maquette numérique à partir du réel et intégration virtuelle dans le mécanisme pour vérifier les fonctionnalités.

– « Mode dans l'assemblage » : analyse d'un mécanisme réel et de sa représentation numérique, modification et/ou intégration virtuelle d'une nouvelle pièce construite selon des contraintes fonctionnelles et vérification des fonctionnalités de l'ensemble.

– « Mode plan » : création d'une pièce dans un ensemble ou sous ensemble à partir d'une épure générale (réservé aux activités de conception simples, en particulier au projet).

Thème R6 – Représentation d'un mécanisme et arbre d'assemblage

Compétences visées

– Identifier les différentes pièces constituant l'assemblage ;
– analyser morphologiquement les pièces et identifier les volumes élémentaires et les paramètres associés ;
– représenter tout ou partie du produit à l'aide de l'outil informatique 3D.

Savoirs et savoir-faire associés

– Représentation en 3D par modeleur volumique paramétré variationnel :
• différents modes de création de pièce,
• arbres de construction,
• relations entre paramètres géométriques et conditions fonctionnelles,
• assemblage sous contrainte : arbre d'assemblage ;
– exploitation de bases de données de composants ;
– relation 3D-2D : mise en plan, coupes et sections ;
– fonctionnalités d'habillage.

Supports

Tout support (systèmes, sous-système, produit) présent dans le laboratoire et présentant des pièces mécaniques dont les formes et les fonctions sont accessibles au niveau de compréhension de l'élève.

Commentaires

En sciences de l'ingénieur, l'accent sera mis sur la relation entre surfaces fonctionnelles, conditions fonctionnelles et paramètres de construction (en particulier les contraintes d'assemblage) de la maquette numérique. Cette activité a donc comme préalable une réflexion sur les conditions de fonctionnement de l'ensemble ou du sous-ensemble. Elle permet une sensibilisation au concept de degré de mobilité d'un mécanisme et des limites induites par l'utilisation de modèles nominaux de surfaces et d'assemblages (non prises en compte des IT, des jeux fonctionnels, des déformations). Elle inclut l'édition et l'habillage de la

représentation normalisée 2D d'ensembles simples limités à quelques pièces.

Cette activité doit être menée en liaison avec un système réel et permet de présenter le principe du « mode plan » à associer au « mode par assemblage » dans des situations de conception (reconception, adaptation, modification) de systèmes simples.

Thème R7 – L'investigation sur une maquette numérique

Compétences visées

- Identifier les différentes pièces constituant l'assemblage ;
- analyser morphologiquement les pièces et identifier les volumes élémentaires et les paramètres associés ;
- représenter tout ou partie du produit à l'aide de l'outil informatique 3D.

Savoirs et savoir-faire associés

- Représentation en 3D par modèle volumique paramétré variationnel ;
- relation 3D-2D : mise en plan, coupes et sections ;
- fonctionnalités d'habillage.

Supports

Tout support (systèmes, sous-système, produit) présent dans le laboratoire et présentant des pièces mécaniques dont les formes et les fonctions sont accessibles au niveau de compréhension de l'élève.

Commentaires

Il s'agit par une exploitation des fonctionnalités basiques du logiciel d'accéder à la structure d'un système défini par sa maquette numérique pour :

- extraire des pièces ou sous-ensembles en fonction d'un besoin spécifique ;
- rechercher des limitations de fonctionnement (collisions, courses, dimensions...) ;
- expliquer le fonctionnement d'un système (illustration commentée de phases, d'étapes, de situations particulières).

Thème R8 – Le croquis plan et perspectif à main levée

Compétences visées

- Identifier les différentes pièces constituant l'assemblage ;
- analyser morphologiquement les pièces et identifier les volumes élémentaires et les paramètres associés.

Savoirs et savoir-faire associés

Dessin et croquis à main levée pour exprimer une idée, esquisser une solution, décrire graphiquement une observation.

Supports

Tout support (systèmes, sous-système, produit) présent dans le laboratoire et présentant des pièces mécaniques dont les formes et les fonctions sont accessibles au niveau de compréhension de l'élève.

Commentaires

Dans une phase d'avant-projet ou dans une logique de communication autour d'un système, il s'agit de réaliser à main levée des croquis permettant de proposer une solution dans le cadre d'un échange avant saisie sur informatique.

L'utilisation d'instruments basiques (règles) dans la mesure où ils facilitent la réalisation du schéma est naturelle. L'important n'est pas le strict respect de la normalisation mais un sens des proportions et une compréhension des intentions de celui qui dessine. À cet égard des commentaires associés au croquis peuvent être pertinents.

Thème R9 – Le décodage de dessins 2D

Compétences visées

- Identifier les différentes pièces constituant l'assemblage ;
- analyser morphologiquement les pièces et identifier les volumes élémentaires et les paramètres associés.

Savoirs et savoir-faire associés

- Relation 3D-2D : mise en plan, coupes et sections
- fonctionnalités d'habillage.

Supports

Tout support (systèmes, sous-système, produit) présent dans le laboratoire et présentant des pièces mécaniques dont les formes et les fonctions sont accessibles au niveau de compréhension de l'élève.

Commentaires

Cette activité reste très importante pour un futur ingénieur qui s'y trouvera régulièrement confronté au regard des bases installées dans l'industrie et aux exigences des modalités d'écriture du tolérancement normalisé. Les activités doivent donc associer très régulièrement cette thématique aux autres centres d'intérêt. Le décodage peut s'appuyer sur des plans normalisés, des perspectives ou d'autres formes d'imagerie. Les activités associées à ce thème doivent également permettre d'aborder la cotation fonctionnelle et la spécification dans les limites du programme.

**Guide d'équipement
d'un laboratoire
de sciences
de l'ingénieur**

Objectifs du guide d'équipement

Ce guide d'équipement constitue une recommandation d'implantation et d'aménagement des locaux de la série scientifique SI pour tous les lycées, dans une démarche réfléchie et évolutive, sans volonté de figer un cadre trop rigide. Il s'adresse d'abord aux instances rectoriales et régionales, aux architectes et bureaux d'études, aux responsables de l'équipement des laboratoires de sciences de l'ingénieur de la série scientifique.

Ce guide précise en particulier :

- les caractéristiques des locaux à construire ou à restructurer ;
- les équipements nécessaires, leurs coûts indicatifs et les budgets d'investissement, de fonctionnement et de renouvellement qu'il faut associer à toute création ou aménagement d'un laboratoire de SI.

Il s'adresse aussi aux responsables pédagogiques. Il leur permettra, en relation avec les instances rectoriales et régionales, de mieux définir leurs besoins en équipement, en parfaite cohérence avec les objectifs pédagogiques du programme de SI.

Ce guide présente donc des informations, conseils techniques et pédagogiques que chacun devra adapter aux situations locales.



éfinition des zones d'activité

Organisation fonctionnelle du laboratoire de sciences de l'ingénieur

Ce laboratoire est unique pour toutes les activités de travaux pratiques, de synthèse, de projet. Cette polyvalence doit conduire à l'aménagement d'un véritable espace de formation permettant de réaliser ces diverses activités avec une grande souplesse, sans en changer la configuration matérielle.

Les contenus du programme mettent en évidence des pôles dominants d'activités à stabiliser (figure page suivante) qui conduisent à une organisation fonctionnelle de l'espace.

Précisions relatives aux zones d'activités

Il s'agit d'agencer un espace de formation qui privilégie une approche pluritechnique des systèmes et des produits autour des quatre axes structurants de la formation (chaîne d'information, chaîne d'énergie, analyse fonctionnelle, représentation et schématisation) et non pas une approche spécialisée de type « métier ».

Selon le centre d'intérêt traité, le problème particulier à étudier, les supports systèmes ou produits retenus, le professeur configure spécifiquement les postes de travail sur chacune des zones d'activités correspondantes.

Ceci nécessite la mise en place d'un calendrier de formation et d'une organisation pédagogique rigoureuse, propre à chaque équipe (voir l'annexe 1 du document d'accompagnement).

Dans un laboratoire qui peut accueillir une classe entière de 36 élèves en travaux pratiques, les deux professeurs intervenant simultanément seront souvent amenés à construire et proposer des activités relatives à deux centres d'intérêt dans une même séance de travaux pratiques. Il est donc indispensable d'aménager une zone spécifique de réunion permettant de regrouper les élèves pour effectuer les courtes mais nécessaires synthèses et séquences de formalisation, propres à chacun de ces centres d'intérêt.

Les zones d'activités – pour quels centres d'intérêt, quelles activités ?

Représentation et communication

Il s'agit du pôle principal pour les activités relatives au CI-3 et d'un pôle ressource important pour les CI-10, CI-11, CI-4 et CI-5.

En projet, elle devient également, une zone de rédaction et d'élaboration de documents de communication.

Étude des systèmes pluritechniques et des produits

Ce pôle fondamental constitue la base principale pour la plupart des activités ainsi que pour l'étude des problématiques qui sous-tendent l'activité. Dans tous les centres d'intérêt, un grand nombre de travaux pratiques se dérouleront sur le système lui-même, un de ses sous-ensembles ou un de ses constituants.

Mesures sur les constituants pluritechniques

Cette zone, flexible en fonction d'un type d'énergie (mécanique, électrique, pneumatique...), doit permettre la mise en place des activités relatives aux CI-3, CI-4, CI-5, CI-6, CI-7 et CI-9.

Ainsi, selon le besoin et les activités pratiques en cours, les postes permettront d'effectuer des mesures de forces, de déplacements, de vitesses, de débits, de pressions, de tensions, d'intensités, de résistances, de fréquences qui seront exploitées soit directement (lecture directe), soit importées après traitement dans un tableur bureautique pour les exploitations souhaitées.

Recherche documentaire

En liaison avec l'ensemble des activités, elle doit permettre aux élèves de trouver les informations

dont ils ont besoin (dossier technique des systèmes, fiches techniques sur les constituants et composants, travaux de référence, ouvrages et revues spécialisées...).

Un classement rigoureux doit être mis en place par l'équipe des professeurs afin de gérer cette ressource et d'en favoriser l'utilisation directe par les élèves. Cette recherche documentaire exploite également les ressources disponibles, grâce au réseau Internet. La consignation des informations peut rendre utile l'exploitation d'un SGDT simple à mettre en œuvre.

Projets

En phase de recherche, et en particulier de mise en œuvre définitive, il est nécessaire de réserver une zone où les élèves pourront selon le cas, percer, câbler, souder, assembler, monter...

Synthèse de groupes

La démarche inductive et dynamique d'enseignement demandée au professeur impose un lieu de regroupement, très rapidement accessible, pour ancrer ou recentrer les objectifs de formation de façon interactive en présence des résultats réels et des éléments découverts en travaux pratiques.

Communication externe

Les exigences du programme, les démarches qui doivent être initiées notamment dans l'activité de

projet, conduisent directement à une utilisation des moyens de communication courants : téléphone, télécopie, Internet...

Tous les postes informatiques seront connectés au réseau local, afin de favoriser cette communication externe ainsi que la gestion de la ressource en logiciels.

Espace professeurs

La démarche pédagogique de connaissance et de compréhension pluritechnique des technologies intégrées dans un produit, induite par le programme d'enseignement des sciences de l'ingénieur, et décrite dans le livret d'accompagnement, impose une coordination étroite entre les enseignants.

La mise en œuvre des activités pratiques nécessite un travail organisé et extrêmement suivi de la part de l'équipe des professeurs pour construire un véritable projet pédagogique sur les deux années de la formation.

En outre, l'encadrement pluridisciplinaire des projets nécessite un espace de travail destiné aux professeurs, spacieux, bien aménagé, convivial, et accessible à des professeurs d'autres disciplines, comme à un petit groupe d'élèves en revue de projet.

L'intégration d'un tel espace est donc indispensable pour assurer la nécessaire cohérence d'enseignement des divers savoirs et savoir-faire du programme.

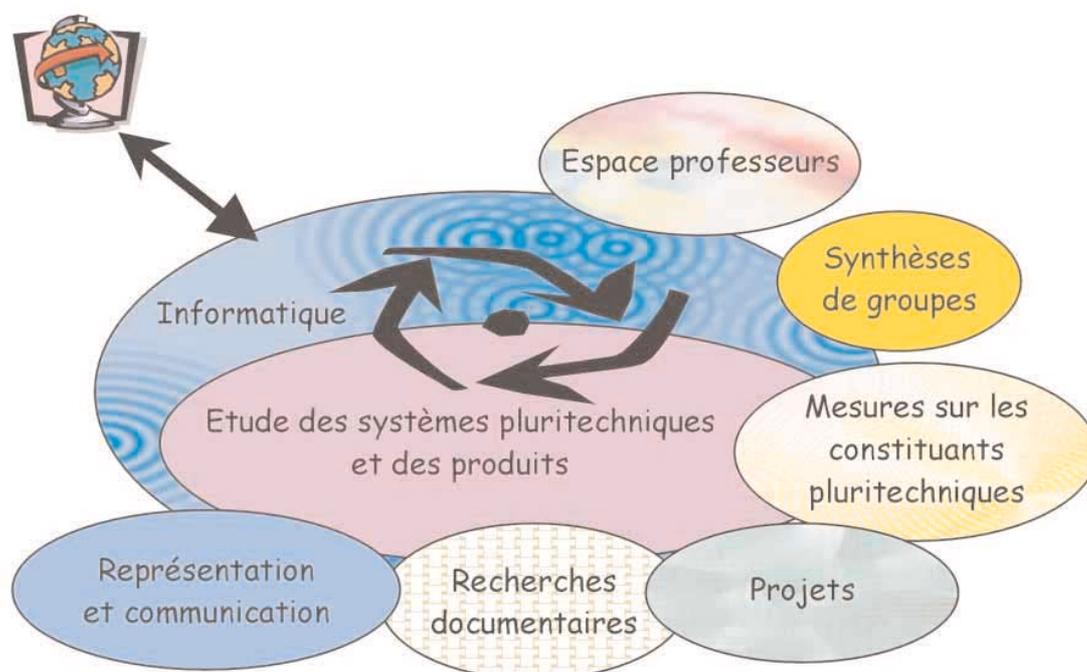


Figure 1. Interconnexion des pôles dominants d'activités.



Architecture et spécifications

techniques des locaux

Caractéristiques générales

L'espace nécessaire à l'enseignement des sciences de l'ingénieur se décompose en quatre secteurs :

- un laboratoire d'enseignement technologique où sont mis en œuvre des travaux pratiques et activités de groupe, d'au moins 160 m² de surface utile pour pouvoir accueillir une division de 36 élèves ;
- une salle de travail professeurs d'environ 25 m², intégrée ou attenante au laboratoire, réservée à la préparation des travaux pratiques et activités de groupe et pouvant accueillir 4 professeurs ;
- une salle banalisée où le cours sera dispensé en classe entière (division de 36 élèves) et qui possède un équipement multimédia de base. Cette salle est une salle quelconque de l'établissement pourvu qu'elle dispose des moyens demandés ;
- un espace de stockage d'environ 15 m², situé à proximité du laboratoire.

Fiche générique du laboratoire

Contraintes des locaux

- Utilisation principale : travaux pratiques et activités de groupe de sciences de l'ingénieur (étude, analyse et représentation de systèmes et sous-systèmes pluritechniques) réalisés en classe entière, avec emploi fréquent de l'ordinateur, soit une capacité usuelle de 36 élèves.
- Gabarit d'accès : 1,40 x 2,00 m.
- Hauteur libre : 2,80 m.
- Charge d'exploitation admissible : 2,50 kN/m².
- Éclairage naturel :
 - zone laboratoire : obligatoire, direct ;
 - zone de synthèse et de projet : direct ou indirect ;
 - espace professeurs : direct ou indirect.
- Protections des biens : serrure 3 points et capteur volumétrique de contrôle anti-intrusion.

Performances architecturales

- Revêtement de murs : peinture lessivable.
- Revêtement de sols : classement U4 P4 E2 C2 (par exemple : linoléum ou sol coulé).
- Revêtement de plafonds : faux-plafond acoustique démontable.
- Éclairage fluorescent basse luminance :
 - général : 400 lux (possibilité de baisser à 200 lux pour les projections) ;
 - appoint : 600 lux sur tableau.
- Protection solaire : protection contre l'ensoleillement direct et possibilité d'assombrissement.
- Acoustique :
 - isolation / autres locaux : 44 dB(A) ;
 - correction acoustique : durée de réverbération 0,4 s < Tr < 0,8 s (suivant l'arrêté du 9 janvier 1995).
- Température : 19 °C.
- Ventilation : naturelle.

Connexions en zone laboratoire et projet

- Eau froide : 1 point sur auge lave-mains.
- Eau chaude : 1 point sur auge lave-mains.
- Évacuation : sur auge lave-mains.
- Air comprimé (type régulation) : 8 prises rapides, pression minimale 600 kPa.
- PC usage général (utilisables même après coupure du courant des PC à usage spécifique) : 4 PC 230 V 10/16A + T.
- 40 points d'accès [PA] courants faibles et courants forts associés (minimum 2 PA pour 10 m² de surface utile) comprenant :
 - 3 PC 230 V 10/16A + T (avec détrompeur, courant ondulé) ;
 - 2 prises RJ 45 téléphone + informatique (VDI).
- 2 PA (imprimantes réseaux haut débit et traceurs) comprenant :
 - 3 PC 230 V 10/16A + T (avec détrompeur, courant ondulé) ;
 - prises RJ 45 téléphone + informatique (VDI).

– Alimentation séparée sur armoire électrique, courant ondulé, distribution combinée :

- périphérique (ceinturage de salle) et/ou
- centrale (descente par perche).

– Point d'accès téléphone (sécurité des personnes).

– 4 points d'alimentation triphasée 400 V – 3P + T. Pour des raisons de sécurité, l'accès à ces points d'alimentation se fera dans des zones précisément identifiées :

- sous boîtier transparent avec verrouillage ;
- avec mise sous tension individuelle pour chaque boîtier, enclenchée manuellement à partir de l'armoire électrique par un personnel habilité ;
- alimentation signalée par témoin lumineux : dès la mise sous tension de la PC 400 V, visible par les enseignants, quelle que soit la zone où ils se trouvent.

Connexions en zone de synthèse

– 2 PA comprenant :

- 3 PC 230 V 10/16A + T (avec détrompeur, courant ondulé) ;
- 2 prises RJ 45 téléphone + informatique (VDI).

Connexions dans l'espace professeurs

– 2 PA comprenant :

- 3 PC 230 V 10/16A + T (avec détrompeur, courant ondulé) ;
- 2 prises RJ 45 téléphone + informatique (VDI).

– Point d'accès téléphone.

Équipements immobiliers

– Toutes zones :

- tableau blanc ;
- écran de projection.

– Zone laboratoire :

- auge lave-mains, 4 points ;
- faïence murale autour du point d'eau ;
- portant avec cintres.

Remarques – Transparence souhaitée sur l'espace de travail professeurs et la salle de synthèse (surface vitrée à déterminer).

Implantation des mobiliers

Un aménagement possible dans un espace volontairement limité à un pourtour rectangulaire est décrit ci-dessous. Il va de soi que l'enveloppe géométrique de cet espace peut être tout autre (carrée, polygonale...), en fonction de l'architecture propre à chaque établissement.

Une attention particulière sera portée sur le choix du mobilier équipant l'ensemble du laboratoire afin de fournir aux élèves un cadre de travail agréable, de rendre les flux de déplacement fluides par rapport aux points de regroupement, d'assurer la facilité de la maintenance et du nettoyage du matériel et des locaux.

Il en sera de même pour l'espace « professeurs ». Les couleurs, la robustesse, la flexibilité seront entre autres des éléments à prendre en considération.

Afin de standardiser une seule hauteur de siège, on veillera à ne conserver si possible qu'une seule hauteur pour les meubles servant de support aux systèmes pluritechniques et aux produits.

Cette démarche s'applique aussi pour les tables informatiques et les tables de travail.

L'utilisation d'un vestiaire mobile à cintres est préférable à des patères fixées au mur.

Les pages suivantes proposent les plans d'implantation d'un laboratoire de sciences de l'ingénieur pour une classe de 36 élèves :

- le premier plan propose un exemple type d'aménagement avec identification des zones d'activités ;
- le second définit l'emplacement des alimentations en énergies et des prises VDI pour la mise en réseau du parc informatique.

Afin d'aider au mieux les personnes ayant en charge l'équipement d'un laboratoire, un tableau récapitulatif du mobilier et de l'équipement audiovisuel est fourni plus loin.

Cette liste est donnée à titre indicatif, elle se veut être simplement un guide

Cas d'un laboratoire commun

Ce cas concerne certains EPLE généraux sans section technologique industrielle qui peuvent proposer l'enseignement de détermination ISI en classe de seconde, et n'ouvrent qu'une section de première et terminale SI.

Le laboratoire peut permettre, au regard des effectifs, d'assurer les deux enseignements. Néanmoins, il convient d'être vigilant sur les deux points essentiels ci-après.

La planification d'utilisation du laboratoire

Il est fortement recommandé d'organiser le passage des classes dans la semaine, sans croisement de niveau entre les secondes, les premières et les terminales.

En effet, chaque niveau requiert une organisation pédagogique rigoureuse, avec une mise en place précise des postes de manipulation, en fonction des objectifs d'enseignement.

Il est donc souhaitable de limiter au maximum dans la semaine les déplacements et mises en place de matériels qui conduisent à de nombreux désagréments (pannes, retards, désordres, dégradation précoce des matériels). Un passage organisé des niveaux, par exemple l'utilisation du laboratoire en ISI en début de semaine, puis en première et terminale SI en fin de semaine, avec une discontinuité entre les niveaux d'une à deux heures, est indispensable au bon déroulement des formations.

La capacité d'accueil de 36 élèves peut permettre, également en ISI, l'utilisation du laboratoire en classe entière avec deux professeurs.

L'acquisition de matériels complémentaires adaptés

Pour l'enseignement de l'ISI, dont l'approche doit rester à la portée d'élèves de seconde, des systèmes et des produits plus adaptés devront compléter les supports utilisés en SI et ceci en nombre suffisant, si l'on choisit d'y accueillir une classe entière. Sans changer l'organisation structurelle du laboratoire, ces supports appropriés trouveront leur place aux côtés des supports utilisés en SI dans l'espace « Étude des systèmes et des produits ».

À partir de produits et de systèmes utilisés prioritairement en SI, il est possible d'acquérir quelques chaînes fonctionnelles simples et adaptées à l'enseignement en ISI.

Mobilier et appareils audiovisuels et de communication pour un laboratoire

Les caractéristiques fournies permettront aux professeurs de choisir les équipements du commerce qui conviendront le mieux.

Les exemples cités ne le sont qu'à titre indicatif.

Mobilier

- 17 tables rectangulaires, 130 x 50 cm
- 10 tables trapézoïdales, 120 x 80 cm
- 2 tables (4 postes en marguerites) pour informatique
- 1 table informatique, 150 x 80 cm
- 4 établis pour la zone « projet », 175 x 75 cm
- 10 tables (type bureau) avec bandeaux rapportés pour la zone « mesures »
- 4 tables (type bureau) pour la zone « systèmes »
- 1 bureau laboratoire professeur
- 4 bureaux espace professeurs
- 74 chaises simples
- 6 armoires hautes à portes rideaux
- 12 armoires basses à portes rideaux
- 2 rayonnages
- 1 table de rétroprojecteur
- 1 table vidéo sur roulettes
- 1 table pour téléphone et télécopie
- 1 tableau blanc
- 1 vestiaire mobile
- 2 lots de 20 cintres

Appareils audiovisuels et de communication

- 1 ordinateur portable
- 1 vidéo projecteur
- 1 rétro-projecteur portable
- 1 écran mural
- 1 téléphone
- 1 télécopieur

Équipements pédagogiques pour un laboratoire

Les systèmes et produits nécessaires à l'enseignement des travaux pratiques en classes de première et terminale scientifique sciences de l'ingénieur intègrent les fonctions techniques et les solutions constructives retenues dans le programme. Comme le montre le tableau page 108, ils peuvent être classés en trois familles complémentaires, et doivent comporter des chaînes de constituants très explicitement désignés dans les figures 5 (page 61) et 7 (page 62) de ce même document d'accompagnement. L'annexe 2 du document d'accompagnement précise les problématiques à proposer aux élèves ainsi que les fonctionnalités des produits permettant de les traiter. Pour permettre aux élèves d'acquérir une culture des solutions constructives la plus large possible, il convient de veiller d'une part à diversifier les domaines d'appartenance de ces supports et d'autre part à ce que ceux-ci répondent à l'objectif pluritechnique de la formation en contenant des chaînes d'information, des interfaces et des chaînes d'énergie.

Tout produit ou système devra également être accompagné d'un dossier technique, sous forme numérique, comprenant : plans, nomenclature, schémas, références des composants, complétées par des notices techniques du constructeur précisant ses caractéristiques, notices d'utilisation et de maintenance. Le dossier devra également fournir les éléments nécessaires aux développements pédagogiques prévus : description fonctionnelle externe avec le cahier des charges, description fonctionnelle interne, représentations diverses des solutions constructives (schémas divers, plans 2D, 3D, graphes logiques...) respectant les normes en vigueur et utilisant les outils de représentation d'actualité.

L'étude des problématiques retenues dans l'annexe 2 nécessite souvent de pouvoir disposer des chaînes d'énergie, des interfaces et des chaînes d'informations didactiques extraites des produits, permettant ainsi une approche directe des fonctions techniques et des solutions constructives retenues.

Enfin, l'ensemble des moyens proposés doit être en accord avec les normes et des règles de sécurité en vigueur.

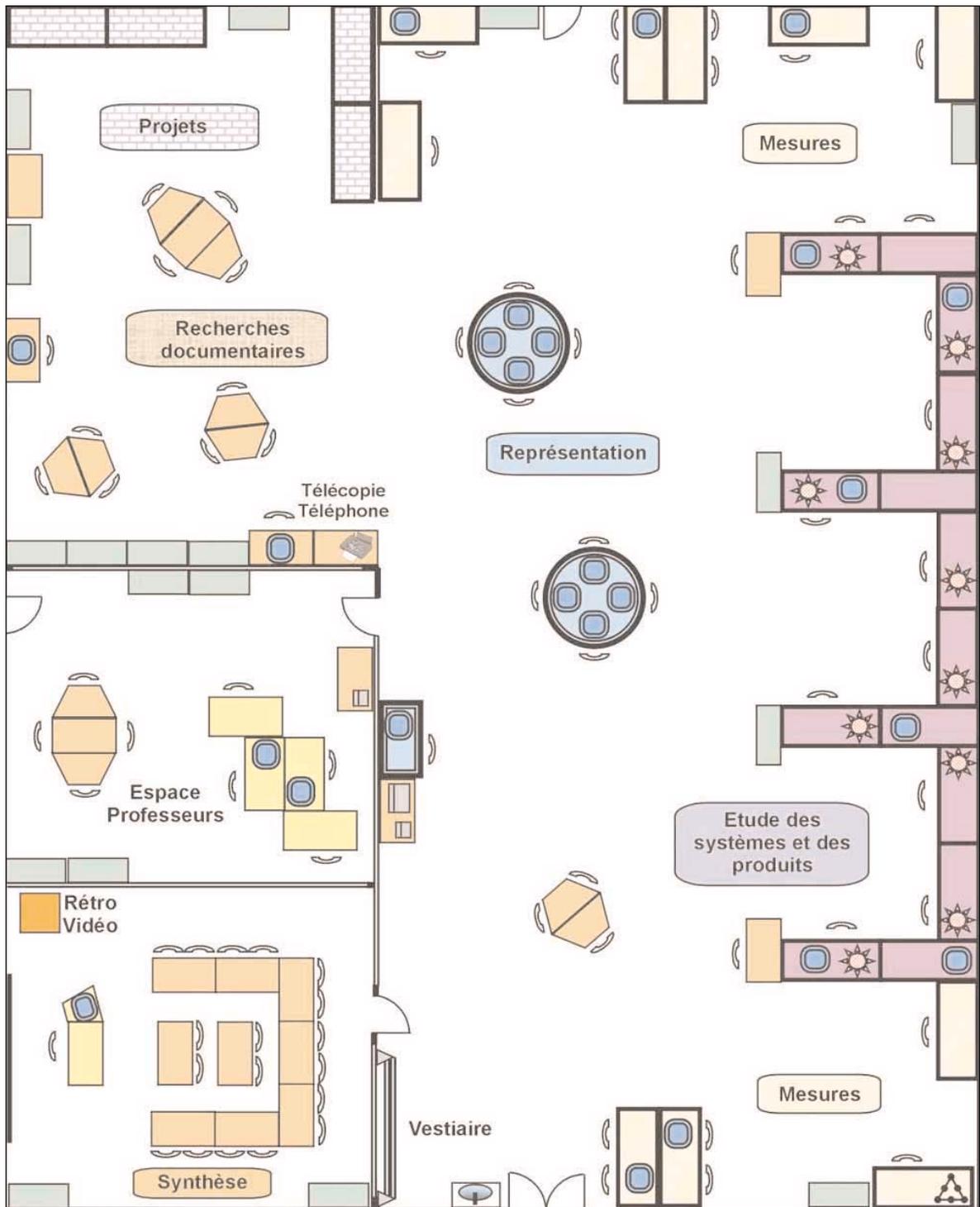


Figure 2. Organisation structurelle du laboratoire de sciences de l'ingénieur.

Sécurité

Machines

En application de la directive européenne machines⁴, transposée dans le code du travail (décrets de juillet 1992), tout équipement répondant à la définition de l'article R 233-83 (1^{er} : machines) est soumis au marquage CE et à la déclaration CE de conformité, sauf s'il est mû par la force humaine employée directement (R233-83-1).

Les machines maintenues en service sont soumises au décret n°93-40 du 11 janvier 1993 : mise en conformité avant le 31 décembre 1996, dernier délai (sauf matériels de levage : date limite repoussée au 1^{er} janvier 2000).

Les matériels ou appareils électriques doivent être conformes à la norme internationale CEI 10.10 et aux normes particulières qui les concernent. Il est rappelé que les marques ou certificats de conformité constituent des présomptions de conformité à la réglementation.

À partir du 1^{er} janvier 1997, le seul mode de preuve de conformité reconnu est le marquage CE (accompagné d'une déclaration CE de conformité).

Le maintien en état de conformité (machines neuves, machines rénovées, matériels et appareils électriques) est obligatoire.

Périphériques

- 1 imprimante couleur A3 avec carte réseau intégrée
- 2 imprimantes couleur A4 avec carte réseau intégrée
- 1 imprimante laser noir et blanc A4 avec carte réseau intégrée
- 1 vidéo-projecteur
- 1 scanner

Matériels informatiques

L'application du décret 91.451 du 14 mai 1991, relatif à la présentation des risques liés au travail sur équipements comportant des écrans de visualisation, est obligatoire.

Les caractéristiques des équipements doivent être conformes aux chapitres V et VI du décret.

L'organisation du travail, la surveillance de la santé des utilisateurs, les conditions d'ambiance pendant l'utilisation doivent être conformes aux chapitres II, III, et IV du décret.

Équipements pédagogiques

Les tableaux suivants décrivent la définition technique ou les fonctionnalités des supports d'enseignement permettant de traiter les problématiques associées aux fonctions retenues pour les 45 thèmes proposés sur les deux années de formation.

Pour couvrir le programme, les équipements du laboratoire doivent intégrer l'ensemble des fonctionnalités énoncées dans le tableau ci-dessous. Ceci n'exclut pas l'utilisation de supports couvrant plusieurs de ces fonctionnalités pour atteindre cet objectif.

Remarque – Afin de permettre la mise en œuvre de la pédagogie par centre d'intérêt et même si un objectif peut être atteint avec des supports différents, le doublement de certains supports est nécessaire (sous-ensembles mécaniques, capteurs ou actionneurs supplémentaires par exemple) Lorsque la division comprend 36 élèves, les postes pourront parfois être triplés.

En outre, comme le montre le tableau, on devra s'orienter vers des investissements moins lourds que par le passé, afin de privilégier le nombre et la diversité des supports, permettant de traiter l'ensemble du programme avec efficacité.

4. Une machine est un ensemble de pièces ou d'organes liés entre eux, dont au moins un est mobile, et le cas échéant, d'actionneurs, de circuits de commandes et de puissance réunis de façon solidaire en vue d'une application définie, telle que notamment, la transformation, le traitement et le conditionnement de matériaux, et le déplacement de charges avec ou sans changement de niveau.

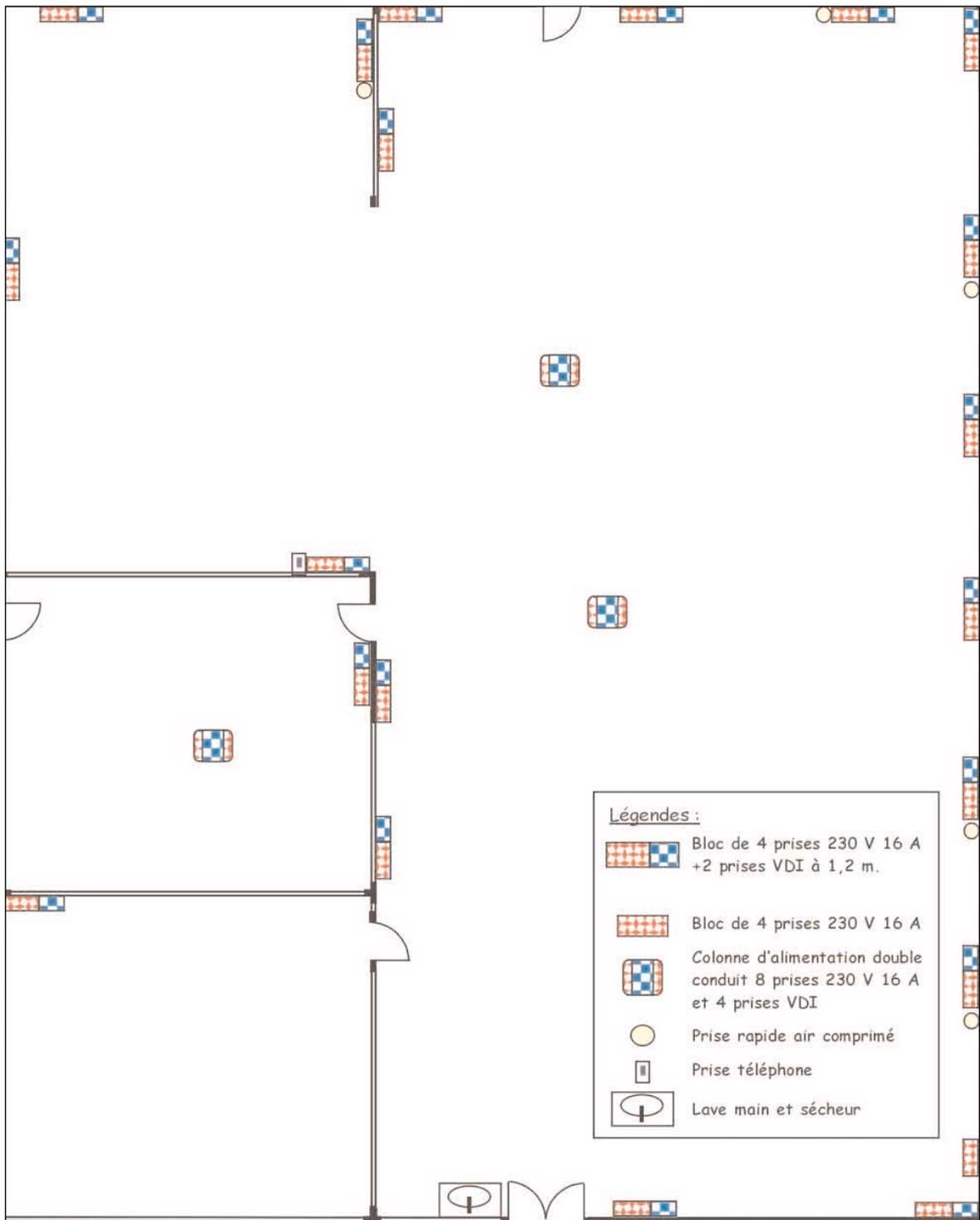


Figure 3. Implantation des énergies du laboratoire de sciences de l'ingénieur.

Classification des supports de travaux pratiques

<i>Familles de systèmes</i>	<i>Exemples (liste non exhaustive)</i>	<i>Caractéristiques</i>	
Produits industriels	Systèmes de production de bien ou de service	<i>Générateur, transformateur d'énergie Pompe solaire Systèmes de contrôle d'accès</i>	Avantages : – partie opérative à structure simple – chaînes d'énergie et de commandes identifiables et ouvertes – intégration des fonctions limitées – programmation accessible et adaptée à une variété de tâches – interface homme-machine explicite Inconvénients : – image peu représentative de la technologie quotidienne des jeunes
	Systèmes d'assemblage et de conditionnement	<i>Systèmes de remplissage Appareils portatifs, outillages Systèmes de positionnement</i>	
	Systèmes de manutention	<i>Systèmes de convoyage Systèmes de tri de pièces Systèmes d'assemblage Systèmes de contrôle Commande d'axe</i>	
Produits grand public	Systèmes « fermés » pré-programmés	<i>Périphériques de micro-informatique Systèmes embarqués Systèmes de transports Systèmes immotiques Appareils électroménagers</i>	Avantages : – image très représentative des technologies actuelles – programmation accessible et adaptée à des tâches spécifiques Inconvénients : – partie opérative à structure parfois complexe – intégration élevée des fonctions – chaînes d'énergie et de commandes peu lisibles – interface homme/machine limitée
	Systèmes programmables	<i>Robots domestiques Systèmes de loisirs et de sports Appareils associés à la micro-informatique, l'audiovisuel Jouets scientifiques</i>	
Produits didactiques	Banc d'études des comportements d'un actionneur	<i>Banc d'étude d'un vérin pneumatique Banc d'étude d'une motorisation électrique</i>	Produits dédiés à un apprentissage précis, permettant des activités pratiques de découverte, d'analyse et de formalisation des connaissances
	Platines de tests d'une famille de composants	<i>Platine de câblage de commande d'un actionneur Platine de tests de capteurs</i>	
	Systèmes reliés en réseau	<i>Pilotage et surveillance d'un système intégrant un réseau Ethernet, un réseau de terrain et un accès Internet</i>	
	Chaînes d'information dédiées à l'étude du comportement des systèmes de traitement	<i>Chaîne intégrant un API Chaîne intégrant une carte à microcontrôleur Module logique programmable Composant logique programmable</i>	
Systèmes dédiés à l'étude d'un concept, d'une loi	<i>Appareil permettant la matérialisation des efforts dans une liaison Pince photo élastique Banc de traction-flexion</i>		

Postes informatiques en réseau

<i>Zone d'activité</i>	<i>Type de configuration</i>	<i>Configurations selon le nombre d'élèves</i>		
		<i>Pour 36</i>	<i>Pour 30</i>	<i>Pour 24</i>
Représentation Communication	UC pour DAO et CAO en réseau et écran plat 17"	9	8	6
Mesures sur constituants	UC pour acquisition et traitement de données	6	4	4
Ressource documentaire	UC de type bureautique connecté au CDI et à Internet	2	2	2
Espace professeurs	UC + serveur	2 + 1	2 + 1	2 + 1

Logiciels

<i>Zone d'activité</i>	<i>Nombre de postes concernés pour 36 élèves</i>
Modeleur 3D, variationnel et paramétré	12
Bibliothèque de composants mécaniques compatible avec le modeleur	8
Calcul et simulation mécanique compatibles avec le modeleur	8
Éléments finis (module 3D)	2
Éditeur de schémas électriques et pneumatiques assurant la simulation	8
Atelier logiciel pour automate programmable conforme IEC 61131-3 (utilisant les langages : Ladder LD, inspiré Grafset SFC et si possible littéral ST)	4
Éditeur de modèles de commande (blocs fonctionnels, Grafset, etc.) équipé des post-processeurs compatibles avec les automates programmables utilisés et assurant la simulation d'animations de partie opérative	4
Éditeur de spécifications comportementales (algorithmique et si possible Grafset) permettant de générer automatiquement le code sur carte à micro-contrôleur	5
Compilateurs logiques pour composants logiques programmables	2
Éditeur de logigrammes assurant la simulation du comportement logique de systèmes combinatoires	4
Logiciel de rédaction d'un cahier des charges	1
Logiciel de gestion de projet	1
Système d'exploitation	20
Traitement de textes, tableur et logiciel de présentation	20
Logiciels de traitement d'images	2

Supports des activités de travaux pratiques

<i>Fonctionnalités des systèmes et des produits</i>	<i>Nombre de postes concernés pour 36 élèves</i>
Pilotage d'un système par automate programmable industriel (au minimum un système équipé d'un terminal de dialogue, l'un des système intègre un bus de terrain)	2
Pilotage d'un système par commande intégrée à base de micro-contrôleur avec accès au système de traitement	4 minimum
Commande distribuée, pilotage et surveillance à distance, communication entre ordinateurs et une chaîne d'informations intégrant un automate programmable ou une carte à micro-contrôleur, accès aux données via Internet	2
Réversibilité d'une chaîne d'énergie	1
Conversion et transmission d'énergie sous diverses formes (autres qu'électromécanique) pour évaluation du rendement	1
Motorisation d'une chaîne d'énergie par moteur asynchrone avec moteur asynchrone identique supplémentaire pour le démontage	1
Conversion d'énergie par vérin avec un vérin supplémentaire pour le démontage	1
Motorisation d'une chaîne d'énergie par moteur à courant continu à vitesse variable avec par moteur à courant continu identique supplémentaire pour le démontage	1
Mise en évidence du comportement dynamique d'une chaîne d'énergie comprenant un mouvement de translation et un mouvement de rotation	1
Mise en évidence des solutions d'assemblages, de guidages, de transmissions issus ou représentatifs des systèmes présents dans la laboratoire (nombre important de supports pour renouveler l'intérêt)	4 à 6
Produits didactiques : – automate programmable avec atelier logiciel – carte à micro-contrôleur avec logiciel – composant logique programmable avec compilateur logique – banc d'essai de capteur – banc de mesure des déformations de pièces sous charge – banc de test de comportement de pré-actionneurs avec des pré-actionneurs identiques supplémentaires	2 2 2 1 1 1

Moyens de mesures et de manipulations

<i>Désignation des équipements</i>	<i>Nombre de postes concernés pour 36 élèves</i>
Multimètre numérique	6
Pince ampèremétrique	4
Oscilloscope à mémoire	2
Alimentation double (0 à 30 V / 3 A)	4
Générateur de fonctions (0,2 à 2 MHz)	2
Console de câblage et connexion électrique et électronique	4
Jeu d'outillage pour câblage et connexion électrique et électronique	4
Pied à coulisse digital	4
Micromètre d'extérieur, d'intérieur	2 de chaque
Dynamomètre (autonome ou à affichage numérique)	2
Clé dynamométrique	1
Comparateur	2
Tachymètre	2
Chronomètre	2
Manomètre	2
Thermomètre	1
Étau pour établi	1
Mallette outillage à main : clés, tournevis, pinces diverses, etc.	4

Budget d'investissement

Les montants d'investissement initial en matériel pédagogique pour la création d'un laboratoire de sciences de l'ingénieur destiné aux classes de première et terminale sont estimés dans le tableau ci-dessous. Il conviendra de prévoir un budget de renouvellement annuel en matériel pédagogique, selon les

matériels présents dans le laboratoire, et un budget de fonctionnement, en particulier pour la réalisation des projets en classe de terminale (achat de petits matériels, fabrications, expérimentations, réalisation de dossiers d'accompagnement...).

Budget initial d'investissement

<i>Postes selon les listes du chapitre 4</i>	<i>Coûts</i>
Mobilier	20 000 €
Appareils audiovisuels et de communication	8 000 €
Postes informatiques, périphériques et logiciels	43 000 €
Supports pédagogiques ; matériels didactiques, de mesure, de manipulation	69 000 €
Total	140 000 €