

Ressources pour le cycle terminal

Enseignements technologiques transversaux et enseignements spécifiques (série STI2D)

Ces documents peuvent être utilisés et modifiés librement dans le cadre des activités d'enseignement scolaire, hors exploitation commerciale.

Toute reproduction totale ou partielle à d'autres fins est soumise à une autorisation préalable du directeur général de l'Enseignement scolaire.

La violation de ces dispositions est passible des sanctions édictées à l'article L.335-2 du Code la propriété intellectuelle.

juin 2011

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| OBJECTIFS ET STRUCTURE DU DOCUMENT D'ACCOMPAGNEMENT | 4 |
| COMMENTAIRES GENERAUX SUR LE BACCALAUREAT STI2D | 5 |
| • LES OBJECTIFS ET LES ENJEUX DE LA REFORME DES BACCALAUREATS TECHNOLOGIQUES INDUSTRIELS | 5 |
| • L'ELARGISSEMENT DE L'ACCES AUX ENSEIGNEMENTS SUPERIEURS SCIENTIFIQUES | 5 |
| • L'ADAPTATION DES CONTENUS DE FORMATION | 7 |
| • UNE STRUCTURE À UN SEUL BACCALAUREAT, UNE ORIENTATION OUVERTE, UN POSITIONNEMENT ADAPTE | 8 |
| COMMENTAIRES RELATIFS AUX PROGRAMMES | 10 |
| • L'INGENIERIE SYSTEME | 15 |
| Présentation..... | 15 |
| Normes et ressources..... | 17 |
| • DESCRIPTION FONCTIONNELLE, STRUCTURELLE ET COMPORTEMENTALE | 18 |
| Le langage SysML | 18 |
| Diagrammes et syntaxe retenus en STI2D..... | 18 |
| L'approche SysML proposée..... | 22 |
| Précisions sur le programme..... | 22 |
| De la modélisation SysML vers la simulation du comportement..... | 22 |
| Outils logiciels..... | 23 |
| Normes et Ressources..... | 23 |
| • ARCHITECTURE ET DESIGN DE PRODUITS | 24 |
| Principales définitions..... | 24 |
| Les compétences visées au travers des projets de spécialités..... | 25 |
| Approches spécifiques du design en STI2D en phase projet | 26 |
| Bilan des objectifs et compétences touchant le Design et l'Architecture | 27 |
| Exemples d'approche « design » dans des études de dossiers techniques | 27 |
| • NORMALISATION, PROPRIETE INTELLECTUELLE ET INNOVATION | 28 |
| La normalisation (complément en annexe 6 et 7)..... | 28 |
| Organiser une complémentarité entre normes et brevets pour une stratégie gagnante | 29 |
| La nécessité d'innover | 30 |
| Ressources | 31 |
| • L'ECO CONCEPTION | 32 |
| Introduction à l'eco conception | 32 |
| Cadre ACV | 33 |
| Normes et ressources..... | 37 |
| • DOMAINE DE LA MATIERE | 37 |
| Introduction | 37 |
| L'approche matériau | 38 |
| Le choix des matériaux..... | 38 |
| Le comportement des matériaux..... | 39 |
| Le comportement mécanique des structures..... | 40 |
| • DOMAINE DE L'ENERGIE | 44 |
| De l'extraction à l'utilisation de l'énergie | 44 |
| Typologie des systèmes énergétiques..... | 45 |
| Frontière d'étude des systèmes techniques..... | 46 |
| Fonctions dans les systèmes | 47 |

| | |
|---|------------|
| <i>Gestion de l'énergie</i> | 50 |
| <i>Normes et ressources.....</i> | 52 |
| • DOMAINE DE L'INFORMATION | 53 |
| <i>Introduction</i> | 53 |
| <i>Approche fonctionnelle de la chaîne d'information.</i> | 54 |
| <i>Les apprentissages liés aux principales fonctions d'une chaîne d'information</i> | 55 |
| • L'ENSEIGNEMENT DE TECHNOLOGIE EN LANGUE VIVANTE 1 | 62 |
| • LES ENSEIGNEMENTS SPECIFIQUES DE SPECIALITES | 64 |
| <i>L'étape de planification / spécification</i> | 65 |
| <i>Les étapes de conception préliminaire et détaillée.....</i> | 65 |
| <i>Maquettes et prototypes en STI2D.....</i> | 66 |
| <i>Les étapes de qualification, d'intégration et de validation.....</i> | 67 |
| <i>Prévention des risques et sécurité</i> | 67 |
| • L'ENSEIGNEMENT SPECIFIQUE ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION | 69 |
| <i>Les activités pédagogiques en AC</i> | 69 |
| <i>Liens entre les enseignements spécifiques AC et l'enseignement transversal</i> | 71 |
| <i>Contenus abordables en début de première</i> | 72 |
| <i>Proposition de centres d'intérêt en AC</i> | 72 |
| <i>Propositions d'activités élèves en projet AC</i> | 74 |
| <i>Démarche du projet en Architecture et Construction.....</i> | 75 |
| <i>Les spécificités pédagogiques des enseignements spécifiques AC.....</i> | 77 |
| <i>Exemples de prototypes ou maquettes réalisables.....</i> | 78 |
| <i>Utilisation des outils de prototypage.....</i> | 78 |
| <i>Utilisation des outils numériques</i> | 78 |
| • LA SPECIALITE ÉNERGIE ET ENVIRONNEMENT | 79 |
| <i>Les activités pédagogiques en EE.....</i> | 80 |
| <i>Contenus abordables en début de première.</i> | 82 |
| <i>Proposition de centres d'intérêt en EE.....</i> | 82 |
| <i>Propositions d'activités élèves en projet EE</i> | 84 |
| <i>L'utilisation des maquettes et prototypes en EE.....</i> | 86 |
| • LA SPECIALITE INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO CONCEPTION | 87 |
| <i>Les activités pédagogiques en ITEC.....</i> | 87 |
| <i>Contenus abordables en début de première.</i> | 90 |
| <i>Proposition de centres d'intérêt en ITEC.....</i> | 91 |
| <i>Propositions d'activités élèves en projet ITEC.....</i> | 92 |
| <i>Prise en compte des contraintes environnementales en projet ITEC</i> | 94 |
| <i>L'utilisation des outils de prototypage en ITEC (voir annexe 5).....</i> | 96 |
| • LA SPECIALITE SYSTEME D'INFORMATION ET NUMERIQUE | 98 |
| <i>Les activités pédagogiques en SIN</i> | 99 |
| <i>Contenus abordables en début de première</i> | 103 |
| <i>Proposition de centres d'intérêt en SIN.....</i> | 104 |
| <i>Propositions d'activités élèves en projet SIN</i> | 106 |
| <i>L'utilisation des maquettes et prototypes en SIN.....</i> | 109 |
| COMMENT ENSEIGNER ? | 112 |
| • L'ORGANISATION DES ENSEIGNEMENTS..... | 113 |
| <i>Les Activités.....</i> | 113 |
| <i>Les Démarches pédagogiques associées aux activités</i> | 116 |

| | |
|---|------------|
| • LES APPROCHES PEDAGOGIQUES..... | 119 |
| <i>Les centres d'intérêt</i> | <i>119</i> |
| <i>Tableau de répartition des heures d'enseignement</i> | <i>121</i> |
| <i>Correspondance avec le programme de sciences physiques</i> | <i>121</i> |
| • LES LIEUX ET MOYENS D'ENSEIGNEMENTS | 125 |
| <i>Les lieux d'enseignement.....</i> | <i>125</i> |
| <i>Les moyens d'enseignement.....</i> | <i>125</i> |
| ANNEXE 1 : COMPARAISON OUTILS TRADITIONNELS ET SYSML..... | 134 |
| ANNEXE 2 : LES DEMARCHES PEDAGOGIQUES | 137 |
| ANNEXE 3 : LES FONCTIONS DANS LES SYSTEMES ENERGETIQUES..... | 141 |
| ANNEXE 4 : TYPOLOGIE DES SYSTEMES..... | 144 |
| ANNEXE 5 : COMPARAISON DES PROCEDES DE PROTOTYPAGE..... | 146 |
| ANNEXE 6 : LA NORMALISATION | 148 |
| ANNEXE 7 : LA PROTECTION INDUSTRIELLE DES PRODUITS | 151 |
| ANNEXE 8 : EXEMPLE DE FICHE PEDAGOGIQUE D'UNE SEQUENCE | 154 |
| ANNEXE 9 : TABLEAU DES CRITERES D'ANALYSE DES PROJETS | 157 |
| GLOSSAIRE PÉDAGOGIQUE | 159 |

Objectifs et structure du document d'accompagnement

Ce document d'accompagnement a pour objectif d'aider les équipes enseignantes intervenant dans le cycle terminal du baccalauréat STI2D à organiser concrètement la formation.

Il ne reprend donc pas dans le détail ce qui a été écrit et défini dans le texte du programme, qu'il conviendra donc de connaître et d'analyser pour profiter pleinement des conseils et recommandations proposées.

Comme tout document d'accompagnement, il n'est pas prescriptif et n'impose rien aux enseignants. Chaque équipe pédagogique conserve sa liberté d'organisation à partir du moment où elle permet aux élèves d'acquérir les objectifs du programme qui restent les seules obligations réglementaires imposées aux enseignants.

Pour éviter d'alourdir le texte en reprenant le texte du programme, chaque fois que cela est utile, le document d'accompagnement indiquera le passage du programme concerné, ce qui permettra au lecteur de s'y référer directement.

Au niveau des conseils relatifs aux locaux et aux équipements, le lecteur doit se référer au guide d'équipement à destination de la collectivité régionale en charge des lycées publié par le ministère de l'éducation nationale en juillet 2010.

On se contentera, dans ce document, de reprendre les grands axes du guide cité ci-dessus, de façon à justifier sa cohérence par rapport à des enjeux pédagogiques et didactiques et d'expliquer certains choix.

Ce document se structure en trois grandes parties permettant de répondre aux questions pourquoi et comment :

- un commentaire général concernant le baccalauréat STI2D afin de préciser les objectifs et les enjeux de cette réforme ;
- l'analyse et les commentaires sur les contenus des enseignements transversaux et spécifiques ;
- des propositions d'approches pédagogiques adaptées au programme, aux locaux et équipements recommandés et des conseils sur les organisations pédagogiques possibles.

Commentaires généraux sur le baccalauréat STI2D

Ce chapitre développe et approfondit certains points évoqués dans le programme. Les commentaires expliquent certains choix, répondent à des interrogations légitimes et permettent de mieux comprendre les objectifs et les stratégies pédagogiques retenues. Ils ne remettent évidemment pas en cause le texte du programme qui reste le cahier des charges à respecter de chaque enseignant intervenant dans le cursus STI2D.

✖ *Les objectifs et les enjeux de la réforme des baccalauréats technologiques industriels*

Cette rénovation, qui s'inscrit naturellement dans les objectifs de la réforme du lycée, repositionne la filière technologique industrielle dans le paysage actuel de l'offre de formation et s'efforce de donner une réponse aux importants changements que connaissent les sociétés industrielles suite aux phénomènes de globalisation de l'économie. Les industries des pays industrialisés connaissent une mutation que les formations professionnelles et technologiques doivent accompagner, à défaut de pouvoir les anticiper.

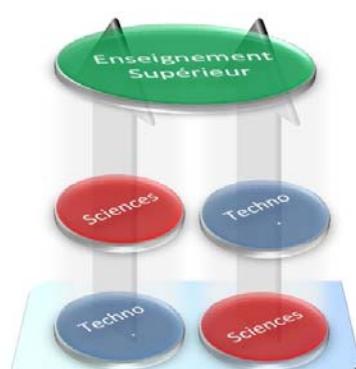
Trois grands enjeux peuvent caractériser les évolutions de structure et de contenus :

- mieux préparer les élèves aux études supérieures et contribuer à l'atteinte de l'objectif de 50% d'une classe d'âge au niveau II ;
- instaurer des parcours plus fluides et une orientation réversible avec une spécialisation progressive dans le contexte actuel de l'offre de baccalauréats ;
- adapter les contenus de formation aux évolutions de la société et préparer aux exigences des enseignements post baccalauréat.

Au même titre que les baccalauréats de la voie générale, le baccalauréat sciences et technologie de l'industrie et du développement durable vise à préparer les élèves à des poursuites d'études. Il permet l'accès à des connaissances et à des concepts scientifiques et technologiques grâce à des démarches pédagogiques utilisant le concret et l'action. L'architecture globale et les contenus dispensés s'inscrivent dans une approche complètement nouvelle, positionnant la technologie dans une logique de respect des ressources et du patrimoine, de développement durable et maîtrisé, intégratrice des contraintes sociétales.

✖ *L'élargissement de l'accès aux enseignements supérieurs scientifiques*

Si l'enjeu de la voie technologique a longtemps été de favoriser l'accès et la réussite à un enseignement supérieur court porteur d'emploi de type STS et IUT, l'évolution de la situation économique et sociale amène aujourd'hui à relever un autre défi, celui de la réussite des élèves à des études supérieures plus longues correspondant à l'évolution des emplois industriels actuels et à venir.

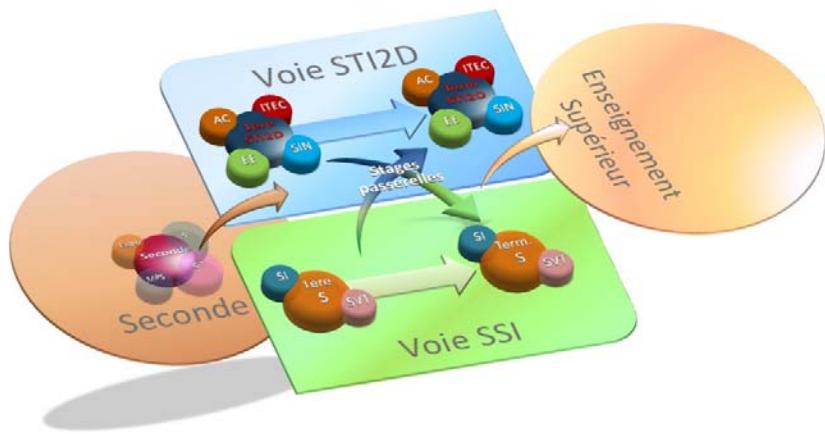


Les cadres intermédiaires qu'il faudra remplacer dans les années à venir suite aux départs en retraite massifs attendus dans les entreprises industrielles ont souvent obtenus, en leur temps, un BTS ou un DUT qui a permis à une grande part d'entre eux de progresser dans l'entreprise et d'atteindre des postes de responsabilité.

Aujourd'hui, et sûrement plus demain, ces fonctions seront assurées par des diplômés de niveau 2 (ingénieurs, masters et licences professionnels). Il est donc indispensable que le nombre de diplômés techniciens et ingénieurs augmente et que la voie technologique industrielle contribue à ce développement.

La réussite des titulaires d'un baccalauréat STI2D dans l'enseignement supérieur passe, en complément d'une approche technologique ouverte sur tous les domaines, par la maîtrise de compétences scientifiques indispensables à la compréhension des modèles relevant des sciences appliquées (mathématiques, physique - chimie).

La mise en place du baccalauréat STI2D, son recentrage sur des objectifs uniquement technologiques et non professionnels et l'objectif plus ambitieux de poursuites d'études supérieures amènent à se poser la question du positionnement relatif des enseignements technologiques de la série STI2D de ceux des sciences de l'ingénieur du baccalauréat S. Si ces deux formations sont maintenant uniquement technologiques et scientifiques et si elles partagent plusieurs objectifs communs de formation et de connaissances qui faciliteront d'éventuels passages en fin de première entre ces deux voies, elles ne s'adressent pas aux mêmes élèves et ne partagent pas les mêmes modes d'enseignement. Les deux filières conduisent les élèves à l'acquisition de compétences et de connaissances leur permettant de réussir leurs études supérieures grâce à des bases solides.



Le programme du baccalauréat SSI privilégie les approches scientifique et technologique d'analyse, de modélisation et d'expérimentation de systèmes pluri techniques. Il met également l'accent sur les différents niveaux de modélisation, amenant les élèves à identifier et à mesurer des écarts entre système souhaité, système réel et système modélisé et simulé.

En STI2D l'élève peut apprendre par la technologie et comprendre les modèles par l'analyse des comportements des systèmes techniques et non l'inverse ce qui reste le fondement de la pédagogie en STI. Nous sommes là, dans l'utilisation non pas exclusivement mais principalement des modèles de comportement.

Plus globalement, les différenciations entre STI2D et S-SI peuvent se résumer de la façon suivante :

- **les modalités d'accès aux connaissances**, qui sont plus progressives, inductives et concrètes en STI2D qu'en S-SI car elles peuvent s'appuyer sur des activités pratiques de découverte et d'expérimentation qui peuvent précéder ou renforcer un apport plus théorique qui prendra plus facilement sens que s'il est présenté de façon directe dans le cadre d'une approche déductive et abstraite ;
- **les durées de formation**, qui passent du simple au double, et qui permet des redondances, la mise en œuvre d'activités pratiques plus nombreuses, des horaires de formation à effectif réduit plus importants et un accompagnement plus individualisé de chaque élève ;
- **les spécialisations** de la voie STI2D qui permettent aux élèves d'approfondir un domaine concret qui l'intéresse en s'appuyant fortement sur une pédagogie de projet qui privilégie le travail collaboratif en équipe, ce qui rassure certains élèves, permet à chacun de s'exprimer sur un point fort et devient valorisant. Les enseignements de spécialité en STI2D amènent les élèves à découvrir et mettre en œuvre des activités de conception, de prototypage et de maquettage dans un domaine donné qui finalisent et donnent un sens particulier aux activités de modélisation et simulation proposées dans les enseignements transversaux ;
- **les goûts et les qualités des élèves** choisissant la voie STI2D, qui permettent à certains d'entre eux n'ayant pas d'appétence particulière pour les enseignements théoriques et déductifs plus spécifiques de la voie générale, de se former aux sciences et aux technologies, pour arriver, en fin de formation, à maîtriser les mêmes concepts mais selon des rythmes et moyens de formation différents.

Cette évolution amenant les élèves à mieux comprendre les sciences à partir d'une approche technique et technologique donnée ne peut réussir que si les enseignements scientifiques et technologiques sont proposés avec cohérence et continuité. Cela est rendu possible par l'écriture concertée des programmes de mathématiques, de physique - chimie et de technologie industrielle.

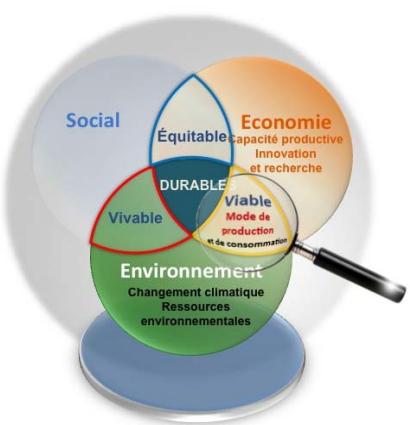
La communication technique en français et en langue vivante pour la filière technologique STI2D est également valorisée (soutenance d'un projet en fin de cycle et heure de formation technologique en langue vivante).

Le texte du programme de technologie industrielle précise, en liaison avec les items technologiques correspondants, les points des programmes de mathématiques et de physique - chimie pouvant être associés.

La présentation des enseignements complémentaires entre disciplines scientifiques et technologiques

| Rappels du programme de Physique et Chimie complémentaire aux connaissances STI2D définies dans le chapitre | | |
|--|----|----|
| 1.2.2 Mise à disposition des ressources | | |
| Physique Chimie : les ressources énergétiques : sources primaires et secondaires (hydraulique, nucléaire, solaire, biomasse, géologique (géothermie, pétrole, gaz, charbon), chimique (piles à combustible), électrique, mécanique) | | |
| Coûts relatifs, disponibilité, impacts environnementaux des matériaux | 1* | 2 |
| Enjeux énergétiques mondiaux : extraction et transport, production centralisée, production locale | * | 1* |
| 1.2.3 Utilisation raisonnée des ressources | | |
| Propriétés physico-chimiques, mécaniques et thermiques des matériaux | * | 1* |
| Impacts environnementaux associés au cycle de vie du produit : | | 2 |
| <i>Enseignements complémentaires entre physique chimie et STI.</i> Les études de ces doivent permettre l'identification des paramètres influant sur le coût de l'énergie et sur sa disponibilité ; localisation et ressources estimées, complexification de l'extraction et des traitements nécessaires, choix du mode de transport et de distribution. | | |
| <i>Approche comparative sur des cas d'optimisation. Ce concept est abordé à l'occasion d'études de cas globales portant sur les différents champs technologiques.</i> On peut ainsi établir un bilan carbone des principaux matériaux isolants dans un habitat, évaluer l'impact environnemental d'une structure de bâtiment d'un | | |
| Connaissance pouvant être abordée en complémentarité avec les sciences Physiques/Chimiques ou Mathématiques (un M est alors indiqué dans la colonne) | | |

❖ L'adaptation des contenus de formation



Le programme se caractérise par l'intégration du développement durable et de contenus scientifiques et technologiques organisés autour de l'approche globale matière – énergie – information.

L'éducation à l'environnement pour le développement durable est inscrite dans les programmes scolaires de l'école, du collège et du lycée depuis l'année 2004. Chaque élève, à son niveau, est sensibilisé aux dimensions écologiques, économiques, historiques, géographiques, sociologiques et humaines de cet enjeu fondamental pour les générations à venir. Il est donc logique d'intégrer cette dimension de façon formelle et concrète dans des formations technologiques industrielles qui amèneront les élèves qui les suivent à concevoir, réaliser et exploiter des produits et des services industriels ayant des conséquences directes et durables sur nos modes de vie.

Le développement durable est déjà une composante incontournable dans différents secteurs industriels. Au-delà des directives européennes (recyclage des produits « électriques », par exemple), et des objectifs marketing, c'est bien de la prise en compte d'une nouvelle dimension qu'il s'agit. Les entreprises l'ont compris et généralisent des approches spécifiques comme l'éco conception,

l'économie des matières premières, la réduction des transports et la diminution des impacts écologiques tout au long du cycle de vie des produits.

Cette dimension, qui interpelle de plus en plus de jeunes sensibilisés aux enjeux du développement durable, doit donc être complètement prise en compte dans une formation globale aux technologies industrielles, qui vise à former des cadres moyens et supérieurs des entreprises industrielles qui seront, dès demain, des responsables dans l'industrie européenne.

Quelles que soient leurs tailles, les besoins auxquels ils répondent et les consommateurs auxquels ils sont destinés, la quasi totalité des produits fabriqués et des réalisations techniques nécessitent aujourd'hui la maîtrise de la matière à transformer et à conformer, celle de l'énergie à mettre à disposition et à piloter et celle de l'information à gérer localement ou à distance. En effet, pour fonctionner, chaque système technique réunit :



- des éléments de structure qu'il faut définir, calculer et réaliser avec des matériaux qu'il faut choisir. Cette approche « matériaux et structures » inclut les connaissances abordées en mécanique des solides et des fluides ;
- des éléments relatifs à la production, la transformation, la gestion de l'énergie sous toutes ses formes ;
- des éléments de commande et de communication, qui pilotent localement ou à distance un système, lui permettent de communiquer avec son environnement immédiat ou déporté et de s'intégrer, si cela est nécessaire, à des systèmes d'information locaux et globaux.

L'approche matière – énergie - information caractérise la technologie industrielle actuelle et s'applique à l'ensemble des systèmes de tous les domaines techniques. Cette intégration incontournable marque une évolution majeure et à l'opposé de nos structures de formations technologiques actuelles, basées sur un découpage en domaines techniques particuliers rendant impossible toute déprofessionnalisation des enseignements.

La technologie, définie comme la science des techniques, s'appuie sur des concepts transversaux applicables à plusieurs champs techniques. Elle partage des méthodes et des outils « génériques » qui s'adaptent aux différentes situations concrètes étudiées et se caractérise par une évolution et une intégration permanente des technologies et des sciences.

Les technologies, qui correspondent aux applications de la technologie dans chaque grand domaine technique, évoluent et interagissent de plus en plus. La mécatronique, par exemple, réunit dans des systèmes complexes des constituants mécaniques, électriques, électroniques, automatiques et informatiques et la compréhension globale de cette intégration devient un préalable indispensable à l'acquisition de compétences techniques relatives à un domaine spécifique.

Aujourd'hui, les systèmes techniques majeurs, compétitifs et innovants, intègrent toujours plusieurs technologies et privilégient les possibilités des systèmes d'information et de communication en plein développement. L'approche transversale STI2D s'appuie donc sur l'intégration des technologies pour amener les élèves à découvrir et comprendre les bases de la technologie industrielle et les intérêts techniques, économiques et sociaux de l'intégration des technologies dans un système.

✖ Une structure à un seul baccalauréat, une orientation ouverte, un positionnement adapté

La série STI2D est composée d'un seul baccalauréat avec quatre possibilités d'approfondissement d'un champ technique. Les enseignements technologiques sont composés de la partie commune des enseignements transversaux et de ceux spécifiques à chaque spécialité. L'approche transversale globale pluri technologique proposée évite une spécialisation précoce et permet d'acquérir les connaissances de base nécessaires à la compréhension globale des systèmes techniques complexes. Cet enseignement technologique reste cependant concret et s'appuie sur l'analyse et l'étude de systèmes techniques réels. Il s'ancre dans la réalité, l'observation, l'utilisation, l'analyse des

comportements et la vérification de performances à travers des activités pratiques qui restent privilégiées.



La figure ci-contre illustre l'objectif de formation retenu par le programme, qui s'appuie sur un enseignement technologique transversal commun important pour permettre des approfondissements cohérents et liés dans chaque spécialité. Pour tenir compte de la différence entre objets techniques manufacturés (réalisables en série) et ouvrages et constructions collectives (relevant en majorité de réalisations unitaires ou de très petites séries par projet) l'approfondissement relatif aux matériaux et structures s'est divisé en deux approches spécifiques, la première relevant de la mécatronique (Innovation technologique et éco conception), la seconde s'intéressant à l'architecture et à la construction des ouvrages.

Par contre, cette distinction n'a pas de sens pour les deux autres axes d'approfondissement que ce soit l'approche énergétique ou les systèmes d'information. Ils concernent tous les deux les produits manufacturés et les constructions et ouvrages.

La part des enseignements transversaux, plus importante en première, permet une réorientation plus aisée entre spécialités ou entre séries ainsi qu'une orientation la plus large possible après le baccalauréat. Il faut aussi remarquer que le programme de physiques - chimie s'appuie, lui aussi, sur le triptyque similaire « Matière, Énergie et Information ». Même s'il propose des thèmes d'études plus larges et plus diversifiés relatifs à la chimie, non abordées directement dans les savoirs technologiques de STI2D, de nombreux items sont communs ou complémentaires et doivent faire l'objet de collaborations pluridisciplinaires.

Il faut donc inviter chaque équipe pédagogique intervenant en STI2D à intégrer cette véritable continuité qui ne peut qu'aider à viser des objectifs de formation complémentaires et à construire des parcours de formation s'enrichissant mutuellement des acquis propres de chaque programme.

Au niveau national, la rénovation de la voie professionnelle impose un repositionnement des baccalauréats technologiques industriels qui, jusqu'ici, intégraient une composante importante de connaissances à caractère professionnel. Face à ces réalités, le baccalauréat technologique se doit d'évoluer vers des objectifs de formation moins professionnels, garantissant la réussite d'études supérieures adaptées au profil de chaque élève. À la différence du baccalauréat professionnel, la voie technologique ne vise ni à la maîtrise ni aux apprentissages de savoirs et savoir-faire garantissant une aptitude à la réalisation de produits, d'ouvrages ou de services. Cet aspect n'est pas sans conséquence sur les équipements dont les besoins relèvent dorénavant d'une logique de laboratoire excluant les systèmes de production professionnels. Le corollaire est l'implantation possible de la voie technologique dans n'importe quel type d'établissement rendant ainsi possible l'élargissement de l'offre de formation permettant d'atteindre les objectifs quantitatifs fixés par le ministre. C'est un nouveau positionnement des séries sciences et technologies industrielles, sans concurrence et recoupement avec la voie professionnelle, élargissant l'offre de formation de la voie générale.



Commentaires relatifs aux programmes

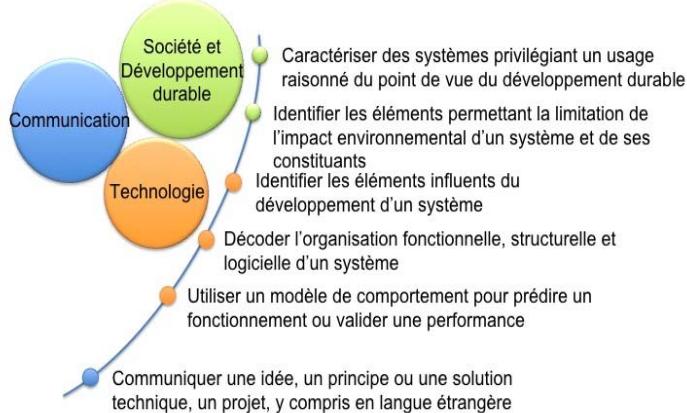
Le texte du programme définit des objectifs de formation pour chaque type d'enseignements : transversaux et spécifiques (*voir pages 7 et 17 du programme*).

Pour les enseignements technologiques transversaux (*page 7 du programme*), les objectifs concernent tous les élèves, quel que soit l'enseignement spécifique retenu.

Pour les enseignements spécifiques de spécialité (*page 17 du programme*), les objectifs généraux sont également identiques pour chaque approfondissement.

Ce choix montre qu'il est possible, quel que soit le domaine d'approfondissement retenu, de découvrir et d'atteindre des objectifs technologiques identiques, même si les outils, les méthodes et les supports utilisés sont particuliers.

Les 6 objectifs de formation de l'enseignement transversal sont associés dans 3 parties structurant les objectifs de formation :



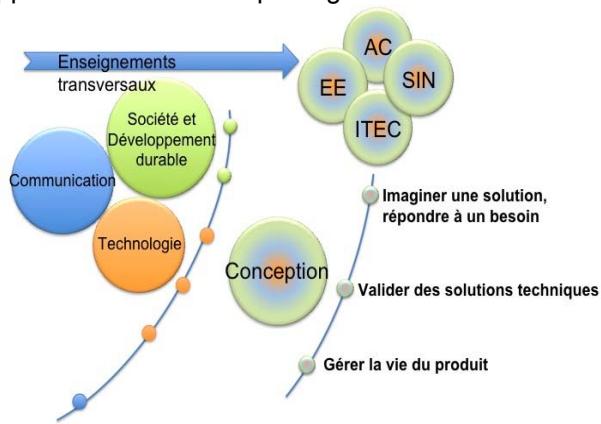
- une première partie concernant la société et le développement durable, montrant l'importance de ce concept dans les objectifs et les démarches industrielles ;
- une seconde partie concernant la technologie et intégrant l'ensemble des compétences et connaissances associées de base à acquérir ;
- une dernière partie relative à la communication et affirmant son importance dans la formation transversale d'un technicien.

Chaque objectif de formation est atteint par le biais d'un certain nombre de compétences technologiques qui lui sont associées. Cette structuration de la formation permet aux enseignants de mieux comprendre le sens des connaissances enseignées et de s'y référer pour les justifier, les aborder et les évaluer.

Pour cela, chaque compétence est exprimée sous forme d'une action attendue dans un contexte donné. Cette approche permet aux enseignants de relier les connaissances et les compétences du programme tel que cela est présenté dans le tableau de mise en relation des compétences et des savoirs associés du tronc commun du baccalauréat STI2D (*voir page 16 du programme*).

Il faut noter ici le caractère complètement transversal de la compétence CO6.3 relative à la communication (Présenter et argumenter des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère) qui doit s'intégrer dans tous les enseignements.

Les trois objectifs des enseignements spécifiques sont « génériques » et identiques pour chaque approfondissement. Ils privilient les activités de conception et de gestion de la vie d'un produit.



Ils se décomposent en neuf compétences attendues qui prolongent les compétences des enseignements transversaux, en s'intéressant à la créativité et à la conception d'une solution, aux simulations de comportements qui permettent de prédire un fonctionnement et de choisir une solution et à la gestion de la vie d'un produit, au niveau de sa réalisation, de son utilisation, de sa maintenance et de sa fin de vie.

indépendants et comme attachés uniquement à un mode de formation (transversal ou spécifique).

À l'inverse, ces compétences sont continues et progressives. Si leur apprentissage commence dans le cadre d'un enseignement transversal, il peut se continuer et s'approfondir dans le cadre d'un enseignement spécifique pour être enrichi et réutilisé, une fois acquis, dans les enseignements transversaux. Il s'agit donc de proposer une démarche pédagogique progressive, itérative, passant du général vers le particulier et vice versa jusqu'à ce que les compétences visées soient effectives.

Les commentaires qui suivent concernent certains points particuliers du programme, relevant majoritairement des enseignements transversaux mais pouvant aussi concerter des enseignements de spécialité.

Ils s'efforcent de justifier et d'éclairer certains concepts pour aider les enseignants à les intégrer et à les enseigner dans l'esprit du programme.

Même si certains de ces commentaires s'appuient sur des exemples, ils ne peuvent pas remplacer les modules de formation correspondants qui sont proposés au niveau national et académique.

Le concept de système technique dans la formation STI2D

Un système technique se caractérise par ce qu'il doit faire et par comment il le fait.

La finalité d'un système est de répondre à un besoin en apportant un service ou une valeur ajoutée. Cet apport peut être direct en rendant un service à un usager ou indirect en proposant des services comme transporter, stocker, abriter ou transformer de la matière, de l'énergie ou de l'information. Le tableau ci-dessous résume les possibilités d'apporter une valeur ajoutée ou de rendre un service avec un système technique.

Un système est un ensemble structuré d'éléments qui interagissent entre eux pour rendre un service (répondre à un ou à plusieurs besoins) attendu avec des performances données. Comme tous les systèmes de type « mécatroniques » manufacturés, les ouvrages relevant de l'architecture et de la construction sont des systèmes techniques à part entière.

Tout système **s'insère également dans un environnement d'utilisation**. Il doit s'y adapter, apporter une valeur ajoutée et générer un minimum de perturbations.

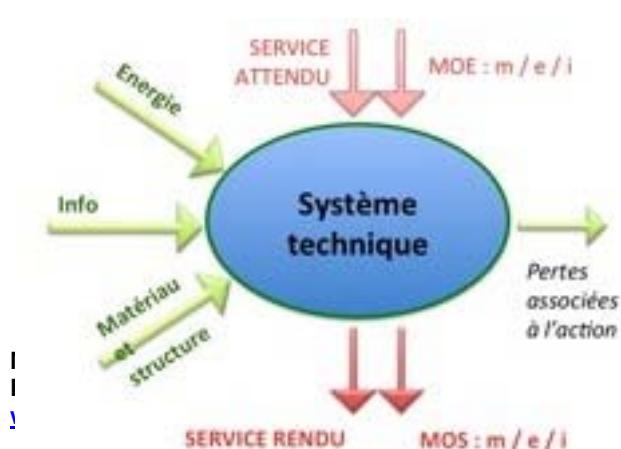
L'étude des systèmes en STI2D permettra de mettre en évidence l'effet des choix technologiques sur le respect des contraintes, sur l'adaptation à l'environnement, et sur les performances obtenues.

Pour agir, un système technique utilise de l'énergie, des informations et une structure matérielle spécifique. Tout système technique présente donc la particularité d'agir sur le triptyque Matière / Énergie / Information et d'exploiter ce triptyque pour rendre le service attendu.

Le concept de « matière d'œuvre » entrante et sortante utilisé pour définir la valeur ajoutée apportée par un système technique est également applicable en Architecture et Construction, même s'il n'est pas habituellement utilisé. Afin d'agir sur une « matière d'œuvre » (l'air intérieur de l'habitat à réchauffer par exemple), un ouvrage a besoin d'utiliser des ressources qui peuvent également être de la matière, de l'énergie voire de l'information (il faut utiliser des capteurs pour connaître les besoins en chauffage).

| Typologie des matières d'œuvre associées | Déplacer | Stocker / Abriter | Transformer |
|--|---|--|---|
| Matières et personnes | Moyens de déplacements et de transports, individuels, collectifs, des personnes et des biens | Dispositifs de stockage de matières (silos, réservoirs, magasins) et structures pour abriter et rassembler des personnes | Moyens de transformation des matières (broyage, coulage, usinage, chauffage, etc.) |
| Energie | Moyens de transport de l'énergie sous ses différentes formes (électricité, fluides, chaleur, mécanique, etc.) | Moyens de stocker de l'énergie sous ses différentes formes (électricité, fluides, chaleur, mécanique, etc.) | Moyens de transformer de l'énergie sous ses différentes formes (électricité, fluides, chaleur, mécanique, etc.) |
| Information | Transmissions de l'information (filaire, sans fil, etc.) | Stockage de l'information (mémoires, etc.) | Traitements de l'information (programmes, etc.) |

Pour remplir leur fonction, les ouvrages sont ainsi amenés à capter, accumuler, transformer, distribuer tout ou partie des ressources disponibles.



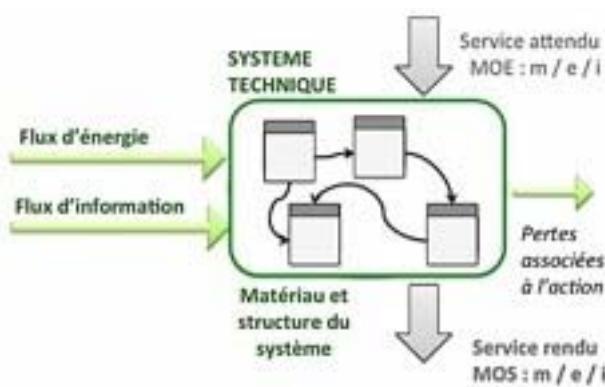
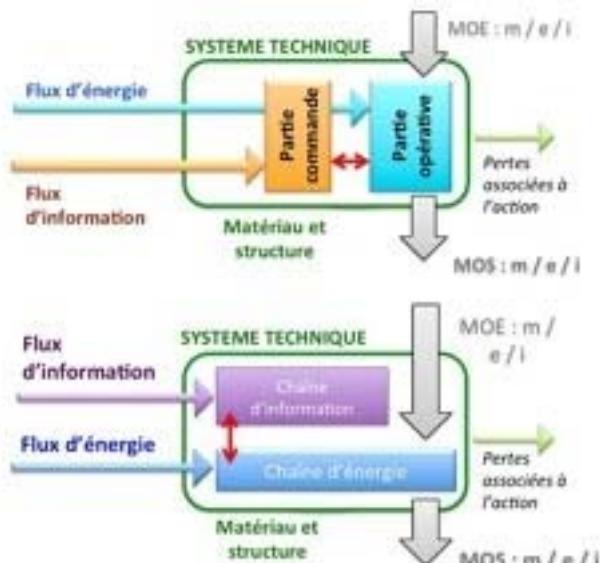
La figure ci-contre schématise simplement cette particularité en représentant les matières d'œuvre (en rouge) ainsi que les flux d'énergie et d'information nécessaires au fonctionnement de la structure matérielle (ossature, bâti, effecteurs) et des matériaux associés (en vert).

Les systèmes automatiques ont longtemps été décomposés selon des découpages « partie commande et partie opérative » ou en chaîne d'information (qui permet le fonctionnement et la communication) et chaîne d'énergie (qui permet la circulation de l'énergie dans une structure d'effecteur adaptée).

La figure ci-contre illustre ces décompositions classiques qui fonctionnent bien sur des cas simples mais trouvent rapidement leurs limites sur les systèmes complexes.

L'approche en STI2D se veut plus globale pour tenir compte des évolutions techniques actuelles, qui intègrent parfois flux d'information et flux d'énergie (commandes par courants porteurs, par exemple).

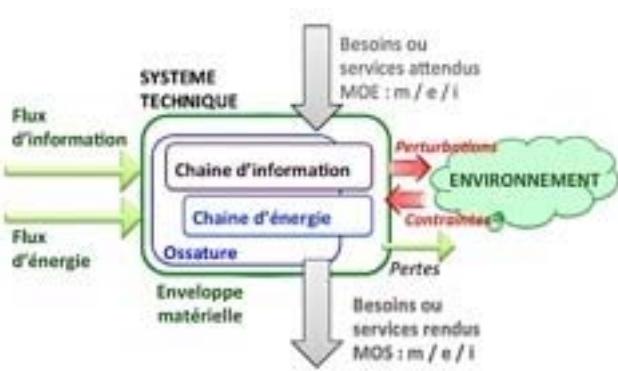
S'il est possible d'aborder l'analyse des systèmes en les décomposant en chaînes fonctionnelles, il est également possible de les analyser de manière globale, dans une approche MEI intégrée. Cette approche correspond aux concepts portés par l'Ingénierie Système (voir paragraphe suivant) et justifie l'utilisation des diagrammes SysML qui restent généraux et ne privilégient pas une approche particulière (voir figure ci-après).



message esthétique particulier.

Au sein d'un environnement d'utilisation, tout système pluri technique peut donc se voir comme une combinaison de ces constituants. La figure suivante illustre ces différents niveaux de fonction qui sont particulièrement utilisés en Architecture et construction comme dans la réalisation de certains produits mécatroniques dépendant fortement de leur design (automobile, par exemple).

L'analogie entre un système vivant et un système pluri technique artificiel peut être intéressante :



- certains organes internes d'un système artificiel ou vivant **gèrent l'énergie** (le cœur, les artères, les muscles) ;
- d'autres **gèrent l'information** (le cerveau, la moelle épinière, les nerfs) et l'information est nécessaire pour gérer l'énergie (le muscle se contracte lorsqu'il en reçoit l'ordre) ;
- ces organes ou équipements nécessitent une **ossature matérielle** rigide ou déformable sur laquelle prendre place. C'est le squelette, ou la structure matérielle du système ;

- certains organes, équipements ou ossatures, doivent être protégés de leur environnement pour fonctionner durablement. Un système utilisé en plein désert ou sous l'eau sera protégé différemment. La peau ou l'enveloppe du système le protège des agressions environnementales (rayonnements ultra-violets, pluie, pénétrations d'espèces chimiques) tout en étant support de nombreux capteurs chargés d'informer sur l'environnement.

Cette observation transversale de l'organisation d'un système (enveloppe, ossature, chaîne d'énergie, chaîne d'information) est typique de l'approche architecturale, et permet une lecture transversale indépendante du système technique étudié. On notera la possibilité pour un composant de remplir plusieurs fonctions, comme l'enveloppe et l'ossature (la carrosserie du véhicule sert d'enveloppe et d'ossature) tout comme certains animaux ont leur squelette à l'extérieur, les carapaces remplissant la fonction d'enveloppe.

Les systèmes retenus dans les laboratoires doivent permettre d'aborder et de développer les différents objectifs de la formation et décliner l'acquisition des compétences visées et les connaissances associées représentatives des champs matériaux et structures, énergie et information.

Les systèmes sont :

- intégralement disponibles dans le laboratoire. Il s'agit de systèmes réels instrumentés ou non ;
- partiellement disponibles dans le laboratoire. Il peut s'agir de sous systèmes si ils sont replacés dans leur contexte global d'origine ;
- présents sous forme de maquettes réelle ou virtuelle ;
- disponibles à distance par une instrumentation en ligne et un dossier pédagogique complet.

Les chapitres suivants permettent d'appréhender l'analyse des systèmes dans une approche globale et permettent de résigner les contenus liés aux trois domaines « matière – énergie – information ». Les éléments partiels plus particulièrement étudiés peuvent être ainsi facilement associés à un environnement mettant en évidence les fonctions réalisées, les flux et commandes gérées ainsi que les comportements et performances attendus.

L'ingénierie système

Présentation

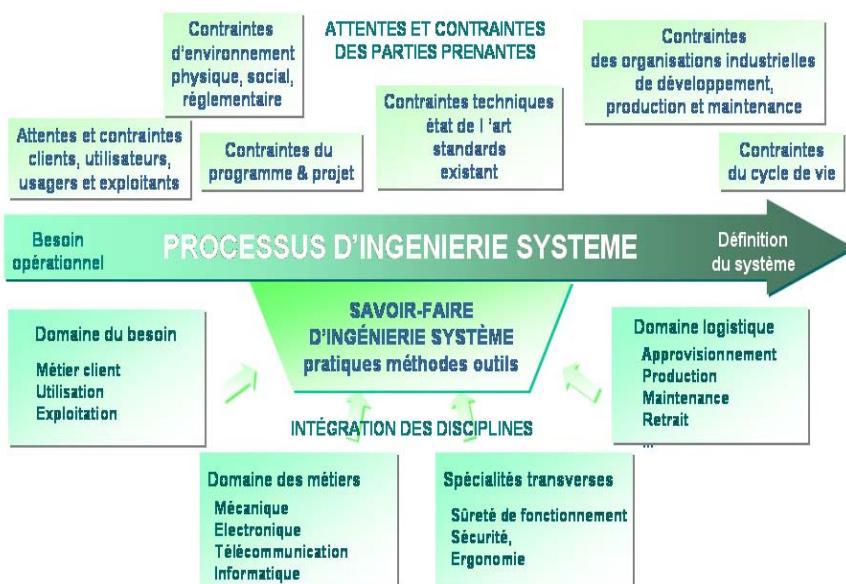
Les textes et illustrations sont extraits du site de l'association Française de l'Ingénierie Système AFIS www.afis.fr

L'Ingénierie Système (ou ingénierie de systèmes) est une démarche méthodologique générale qui englobe l'ensemble des activités adéquates pour concevoir, faire évoluer et vérifier un système apportant une solution économique et performante aux besoins d'un client tout en satisfaisant l'ensemble des parties prenantes. Plus précisément, l'Ingénierie Système peut se définir comme :

- un processus coopératif et interdisciplinaire de résolution de problème ;
- s'appuyant sur les connaissances, méthodes et techniques issues de la science et de l'expérience ;
- mis en œuvre pour définir, faire évoluer et vérifier la définition d'un système (ensemble organisé de matériels, logiciels, compétences humaines et processus en interaction) ;
- apportant une solution à un besoin opérationnel identifié conformément à des critères d'efficacité mesurables ;
- satisfaisant aux attentes et contraintes de l'ensemble de ses parties prenantes et acceptable pour l'environnement ;
- cherchant à équilibrer et optimiser sous tous les aspects l'économie globale de la solution sur l'ensemble du cycle de vie du système.



Pour le **maître d'ouvrage** et les parties prenantes utilisatrices et exploitantes qu'il représente, elle a pour objectif d'assurer l'adéquation de la solution aux besoins sous tous les aspects (fonctionnalité, performances, économie, sécurité) pour toutes les situations d'exploitation du système de son déploiement à son retrait de service.

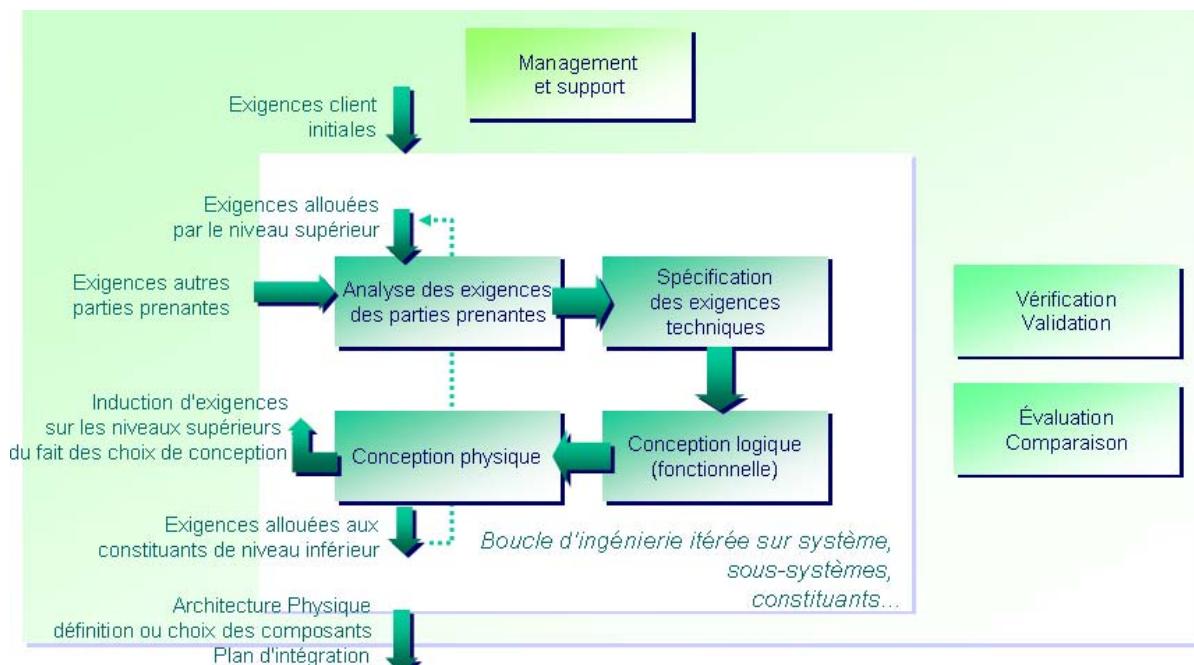


Pour le **maître d'œuvre** et les parties prenantes réalisatrices qu'il représente, elle a pour objectif de conduire à un bon compromis entre les enjeux et contraintes concernant tant la solution que le projet (besoins, attentes, performances, contraintes techniques et industrielles, coûts, délais et risques).

La démarche technique de l'ingénierie système faisant passer du besoin à la définition de la solution se traduit par un processus itératif dû à la complexité du problème global :

- d'exploration du problème et de spécification de la solution conduisant à des visions prescriptives du système, puis de ses sous-systèmes et constituants, sous forme d'ensembles d'exigences auxquelles ils devront satisfaire ;
- de conception conduisant à des modèles constructifs sous forme d'architectures fonctionnelle et de constituants avec leurs exigences spécifiées de réalisation, d'intégration, de vérification et validation ainsi que de maintenance.

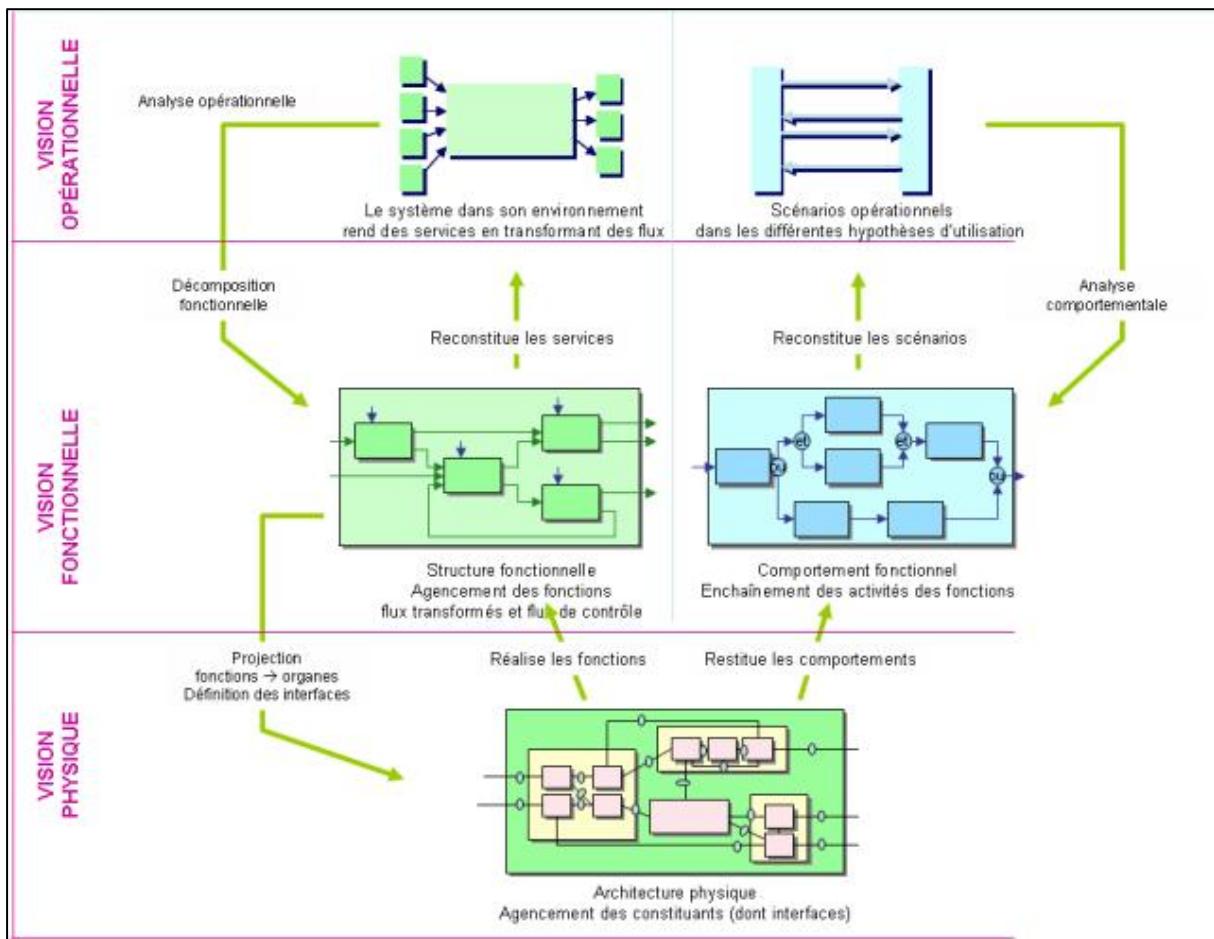
On distingue donc deux niveaux d'architectures : **l'architecture logique ou fonctionnelle** qui représente la solution du point de vue de son fonctionnement, **l'architecture physique** qui, après les choix techniques, représente la solution d'un point de vue de la réalisation et de la maintenance. Au cours des décompositions conduisant à ces architectures, les **exigences** sont allouées aux (réparties sur les) éléments de la décomposition, les **interfaces** sont définies.



Après une **analyse opérationnelle**, consistant à partir de la mission du système à définir les services rendus aux éléments de l'environnement et les scénarios d'échange correspondants dans les différentes hypothèses d'utilisation prévues), le processus de conception d'architecture de systèmes techniques passe, dans le principe, par les étapes suivantes :

- analyse fonctionnelle, consistant à décomposer itérativement la fonctionnalité du système en fonctions et sous-fonctions en allouant les exigences aux sous-fonctions, et mettant en évidence leurs interactions ;
- conception de l'architecture fonctionnelle (ou architecture logique) par réorganisation des fonctions feuilles de l'arborescence ainsi obtenue, en mettant en évidence les flux (matière énergie, information) transformés et les flux de contrôle (informations de déclenchement et régulation des fonctions), ce qui suppose une analyse des processus de fonctionnement dans tous les modes de fonctionnement prévus ;
- conception de l'architecture physique en projetant les fonctions sur des constituants organiques aptes à les réaliser, en leur allouant les exigences et en définissant les interfaces lorsque des fonctions en interaction sont projetées sur des constituants différents ;
- définition du système, de ses constituants et produits contributeurs, comprenant toutes leurs exigences permettant leur réalisation ou acquisition, leur intégration, leur exploitation, leur maintenance et leur retrait de service.

La conception des architectures s'appuie sur des modèles de représentation et de simulation. La figure ci-après montre les différents types de représentations traditionnelles utilisées lors de la conception de système opérant. Les diagrammes de modélisation font l'objet d'un développement particulier.



Normes et ressources

Ingénierie système (toutes applications)

ISO 15288/JTC1/SC7/WG7, System engineering – System Life Cycle Processes, 2003

Analyse fonctionnelle, analyse de la valeur

- NFX 50-150, Guide pour l'élaboration d'un cahier des charges fonctionnel, AFNOR, 1984
- NFX 50-151, Analyse de la valeur, AFNOR, 1991
- NFX 50-101, L'Analyse fonctionnelle, Outil interdisciplinaire de compétitivité, AFNOR, 1995
- NFX 50-156, Management par la valeur – Conception à Objectif Désigné ou à Coût Objectif – Exigences pour un pilotage concerté de la conception, AFNOR, en cours
- FDX50-901 : Normalisation et innovation
- NF EN 13861 ; NFX35-115 ; NF EN 894 1 à 4 : Ergonomie et sécurité
- NF EN 12973 ; NF EN 1325 1 et 2 : Management par l'analyse de la valeur

Architecture des systèmes

- IEEE P1471, System Architecture, IEEE en cours.

Description fonctionnelle, structurelle et comportementale

Un système peut être décrit suivant plusieurs représentations et selon différents points de vue indépendamment des objectifs visés :

- la représentation schématique (schéma de principe, représentation symbolique) ;
- la représentation réaliste (représentation 3D, 2D, dessin) ;
- la représentation abstraite (schéma blocs).

Ces différentes représentations cohabitent et sont nécessaires à différents niveaux de description. La représentation abstraite sous forme de blocs permet de décrire les systèmes à un haut niveau d'un point de vue fonctionnel, structurel et comportemental, le modèle pluritechnique du système.

Le langage SysML

Afin de répondre aux exigences et aux besoins de la société, de concrétiser les innovations pour améliorer l'existant ou développer de nouveaux produits, les systèmes intègrent des approches pluri techniques.

Par ailleurs, la disparité des outils existants aujourd'hui, souvent propres à chaque domaine rend difficile une spécification cohérente ainsi que la communication et la compréhension au sein d'une équipe regroupant des spécialistes de plusieurs disciplines.

Ces évolutions impliquent l'utilisation d'outils de description fonctionnelle et structurelle compréhensibles par tous et compatibles avec les spécificités de chacun.

Le langage de modélisation objet SysML (System Modelling Language) s'appuie sur une description graphique des systèmes en utilisant un certain nombre de diagrammes et permet de représenter les composants et les flux de toutes natures dont notamment :

- les constituants du système ;
- les programmes informatiques ;
- les flux d'information ;
- les flux d'énergie.

L'adoption de ce langage en STI2D, permet de répondre au besoin de modélisation à travers un langage unique intégrant la double approche structurelle et comportementale des systèmes, supports privilégiés de formation et représentatifs du triptyque MEI tout en s'appuyant sur les exigences du cahier des charges.

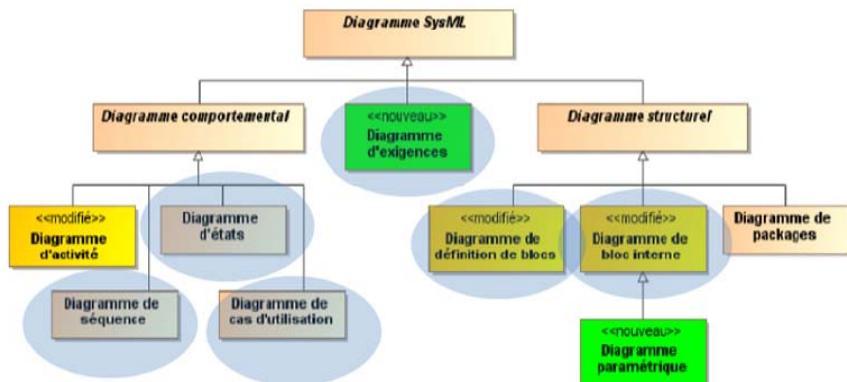
Le langage SysML va permettre de décrire de façon abstraite à travers différents points de vue cohérents les systèmes afin d'en permettre la compréhension et l'analyse. Les diagrammes SysML remplacent la plupart des autres outils de description auparavant utilisés (Grafcet, Fast, SADT, etc.).

Diagrammes et syntaxe retenus en STI2D

SysML est un outil puissant, mais les objectifs visés en STI2D imposent un choix au niveau du nombre de diagrammes retenus mais également au niveau de la profondeur de la description.

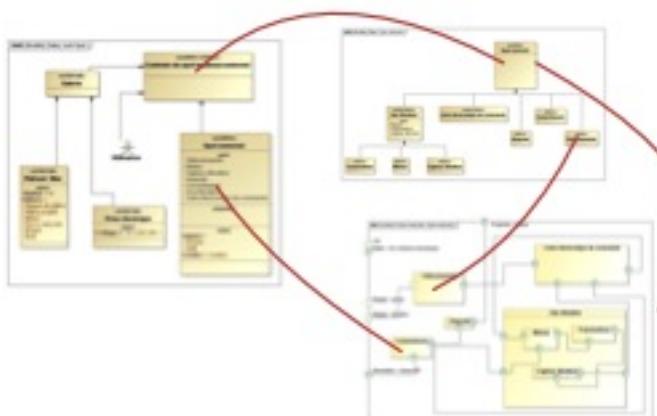
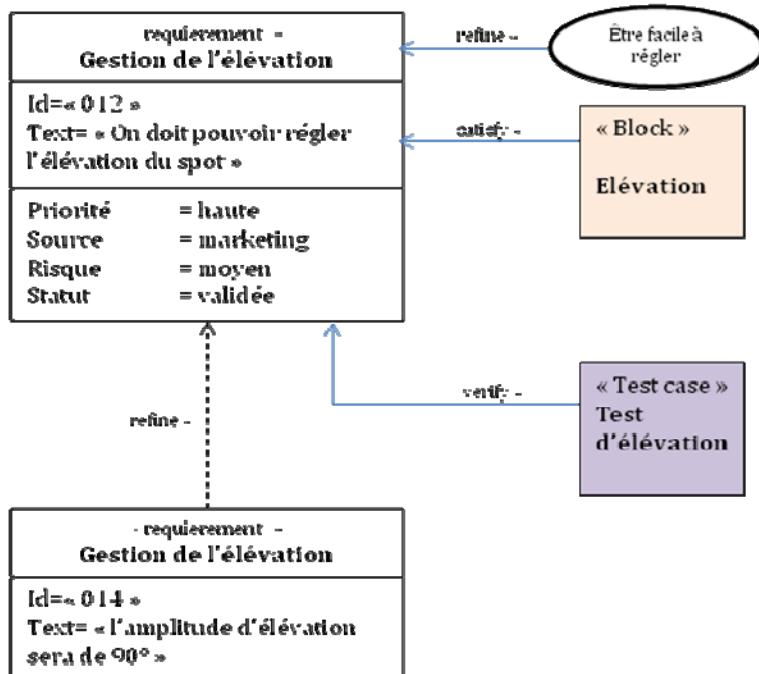
Le SysML sera traité au niveau de l'enseignement transversal et des enseignements spécifiques de spécialités et se limitera à la lecture et à l'interprétation des diagrammes suivants :

- diagramme des cas d'utilisation (Use Case Diagram) ;
- diagramme des exigences (Requirement Diagram) ;
- diagramme de séquences (Sequence Diagram) ;
- diagramme de définitions de blocs (Definition Block Diagram) ;
- diagramme de blocs interne (Internal Block Diagram) ;
- diagramme d'états (State Diagram).



Ces diagrammes ne sont pas indépendants et permettent d'associer les éléments de diagrammes différents. C'est l'un des points forts de ce type de langage. Il est ainsi possible de conserver la traçabilité des éléments dans les différents diagrammes, par exemple :

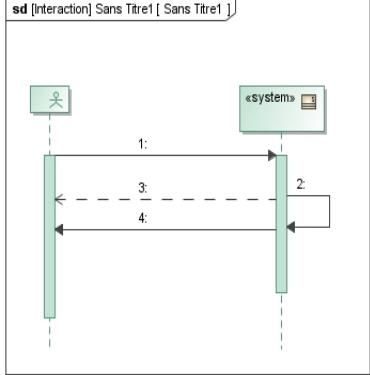
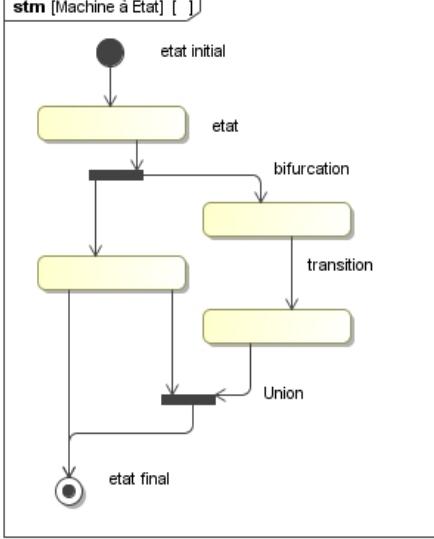
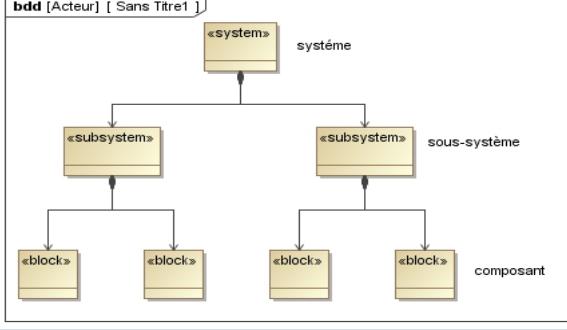
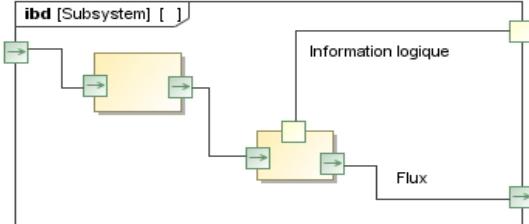
- lier une exigence avec des blocs pour établir le lien fonctions – solutions ;
- lier des états avec les blocs pour établir le lien entre les actions et les composants qui les réalisent ;
- lier les cas d'utilisation avec les scénarii des diagrammes de séquences.



De la même manière, les éléments sont uniques et se retrouvent dans différents diagrammes. On peut ainsi suivre leur comportement, leur composition ou encore à quelle exigence ils satisfont.

La syntaxe présentée dans le tableau suivant est nécessaire et suffisante pour aborder la description des constructions et des systèmes mécatroniques. La richesse et la finesse du langage SysML permettent une description d'une grande précision, mais peuvent également amener à des diagrammes très complexes **qui ne correspondent pas aux objectifs de l'enseignement STI2D**.

| Objectifs de la description | Diagrammes SysML | Conventions graphiques retenues | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--|---|---|------------|-------------|----------|---------|-------------|--------|---|---|------------|---|------------|----|---------|---|---|------------------|---|---------|----|----------|
| Utilisation et acteurs extérieurs | Cas d'utilisation (uc : use case diagram) | <p>Acteur humain Acteur non-humain Cas d'utilisation Cas d'utilisation inclus qui peut être utilisé par d'autre cas d'utilisation Limite du système</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fonctionnelle | Spécifications du cahier des charges (req : requirement diagram) | <p>Forme graphique</p> <p>Exigence sous-Exigences Exigence fonctionnelle Exigence de performance</p> <p>Forme tabulaire</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>ID</th> <th>Name</th> <th>Text</th> <th>Critère</th> <th>Flexibilité</th> <th>Niveau</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td>Filtration</td> <td>Efficacité de 99,5% à 0,15µ MPPS (Most Penetrating Particle Size)</td> <td>Filtration</td> <td>F0</td> <td>HEPA 12</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td>Vitesse de l'air</td> <td>La vitesse doit être au minimum de 600 km/h</td> <td>Vitesse</td> <td>F1</td> <td>640 km/h</td> </tr> </tbody> </table> | # | ID | Name | Text | Critère | Flexibilité | Niveau | 1 | 3 | Filtration | Efficacité de 99,5% à 0,15µ MPPS (Most Penetrating Particle Size) | Filtration | F0 | HEPA 12 | 2 | 2 | Vitesse de l'air | La vitesse doit être au minimum de 600 km/h | Vitesse | F1 | 640 km/h |
| # | ID | Name | Text | Critère | Flexibilité | Niveau | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 3 | Filtration | Efficacité de 99,5% à 0,15µ MPPS (Most Penetrating Particle Size) | Filtration | F0 | HEPA 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2 | Vitesse de l'air | La vitesse doit être au minimum de 600 km/h | Vitesse | F1 | 640 km/h | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Objectifs de la description | Diagrammes SysML | Conventions graphiques retenues |
|-----------------------------|--|--|
| Scénario d'interactions | Séquences (sd : sequence diagram) |  <p>Sequence diagram illustrating interactions between an external actor (represented by a person icon) and a system (represented by a rectangle labeled «system»). The interaction consists of four steps:</p> <ul style="list-style-type: none"> Step 1: Actor sends a message to the system. Step 2: System returns a response to the actor. Step 3: Actor sends a second message to the system. Step 4: System returns a second response to the actor. |
| | Etats (stm : state machine diagram) |  <p>State machine diagram illustrating the behavior of a system through states and transitions:</p> <ul style="list-style-type: none"> The diagram starts at an initial state (solid black circle). An arrow labeled "etat" leads to a state labeled "etat". From this state, a transition labeled "bifurcation" leads to two parallel regions. Each parallel region contains a state labeled "transition". Both "transition" states converge back to a single state labeled "Union". A transition from "Union" leads to a final state (double circle). |
| Structure | Définition de blocs (bdd : block definition diagram) |  <p>Block definition diagram illustrating the hierarchical structure of a system:</p> <ul style="list-style-type: none"> The top level is labeled "système". "système" branches down to two "subsystem" boxes, labeled "sous-système". Each "subsystem" box branches down to two "block" boxes, labeled "composant". |
| | Bloc interne (ibd : internal block diagram) |  <p>Internal block diagram illustrating the flow of signals and logic within a subsystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> The diagram shows a central "Subsystem" block with various internal components and connections. Annotations indicate "Information logique" (logical information) and "Flux" (signal flow). Arrows show the direction of signal transmission between components. |

L'approche SysML proposée

SysML est un langage et ne propose pas de méthode. Par contre, les méthodes habituelles sont compatibles avec ce langage, notamment pour déterminer les exigences fonctionnelles.

Il est néanmoins possible d'établir un ordre pour établir la description d'un système.

| | | |
|--|-------|--|
| 1. Établir un diagramme pour situer le contexte du système: | | (bdd) |
| <ul style="list-style-type: none">• Acteurs ;• Milieu extérieur ;• | | |
| 2. Définir les exigences qui peuvent être du type fonctionnelle, physique, technique, de performance,... | | (req) |
| Ceci peut se faire suivant différentes méthodes (brainstorming) | | |
| 3.1 Définir les cas d'utilisation | (uc) | 3.2 Définir l'architecture du système |
| 3.1.1 Établir les interactions entre acteurs et systèmes pour les cas d'utilisation | (seq) | 3.2.1 Définir les flux et les informations logiques entre les composants |
| 3.1.2 Définir l'enchaînement des différents états pour les cas d'utilisation | (stm) | (ibd) |

Précisions sur le programme

La création de ces modèles de description en STI2D relève de la responsabilité de l'enseignant, l'élève sera l'utilisateur et pourra ainsi identifier les éléments pour ensuite réaliser une simulation de comportement.

Dans l'enseignement transversal de STI2D, les élèves seront essentiellement amenés à utiliser les modèles de comportement proposés et on se limitera à admettre un écart entre les résultats de ce modèle de comportement et le système réel ou attendu.

C'est en situation de projet ou d'activités expérimentales, que les élèves pourront essentiellement modifier ou créer les modèles de comportement pour valider les solutions envisagées ou prédire un comportement.

Il est important également de ne fournir à l'élève que les diagrammes nécessaires à la réalisation de l'activité. Il est inutile de proposer tous les diagrammes du système s'ils ne sont pas utiles pour l'activité proposée.

De la modélisation SysML vers la simulation du comportement

La modélisation SysML permet des liaisons avec les logiciels de simulation de comportement global, on notera par exemple :

- le diagramme d'états (logiciels de simulation de comportement séquentiel) ;
- le diagramme de bloc interne (simulation du comportement utilisant des bibliothèques de composants).

| Description SysML | Simulation |
|---|---|
| (Stm) Diagramme d'états | Diagramme d'états directement exploitable |
| (Ibd) Diagramme de bloc interne | Modélisation physique à partir du diagramme de bloc interne |

Remarque :

Il est à noter que le diagramme paramétrique permet également un lien vers les outils de simulation de comportement, mais il peut amener à des modèles de comportement complexes, ce diagramme n'est pas abordé dans l'enseignement transversal de STI2D.

On peut retenir deux niveaux de simulation :

- la simulation de comportement global pour simuler la globalité du système avec son modèle de comportement. Il est possible d'y adjoindre une autre représentation (3D par exemple), si celle-ci existe ;
- la simulation de comportement « métiers » qui, à ce niveau d'analyse mono domaine (mécanique, électrique, structure, informationnel, thermique, acoustique), il peut être judicieux, en phase de projet ou à des fins de démonstration, d'utiliser la représentation la plus appropriée pour réaliser les simulations (par exemple une modélisation volumique permet facilement de simuler les comportements mécaniques d'un système).

Outils logiciels

Les logiciels utilisés devront permettre la cohérence entre les différents diagrammes, ce qui facilite le travail collaboratif et évite les doublons au niveau des représentations.

Il existe de nombreux logiciels de description SysML gratuits ou payants. Ils peuvent être uniquement graphiques, mais certains permettent également l'exécution des diagrammes.

Normes et Ressources

Modélisation système

- SysML, System Modeling Language, V0-1A, www.sysml.org
- ISO/CEI 19501 ; ISO/CEI 19793 ; FD ISO/TR 24156 Norme UML
- <http://www.sysml.org/> ou <http://www.uml-sysml.org/> ou <http://www.omg.org/>

A practical guide to SysML : the system Modeling Language par Sanford Friedenthal, Alan Moore, Rick Steiner chez MK/OMG press.

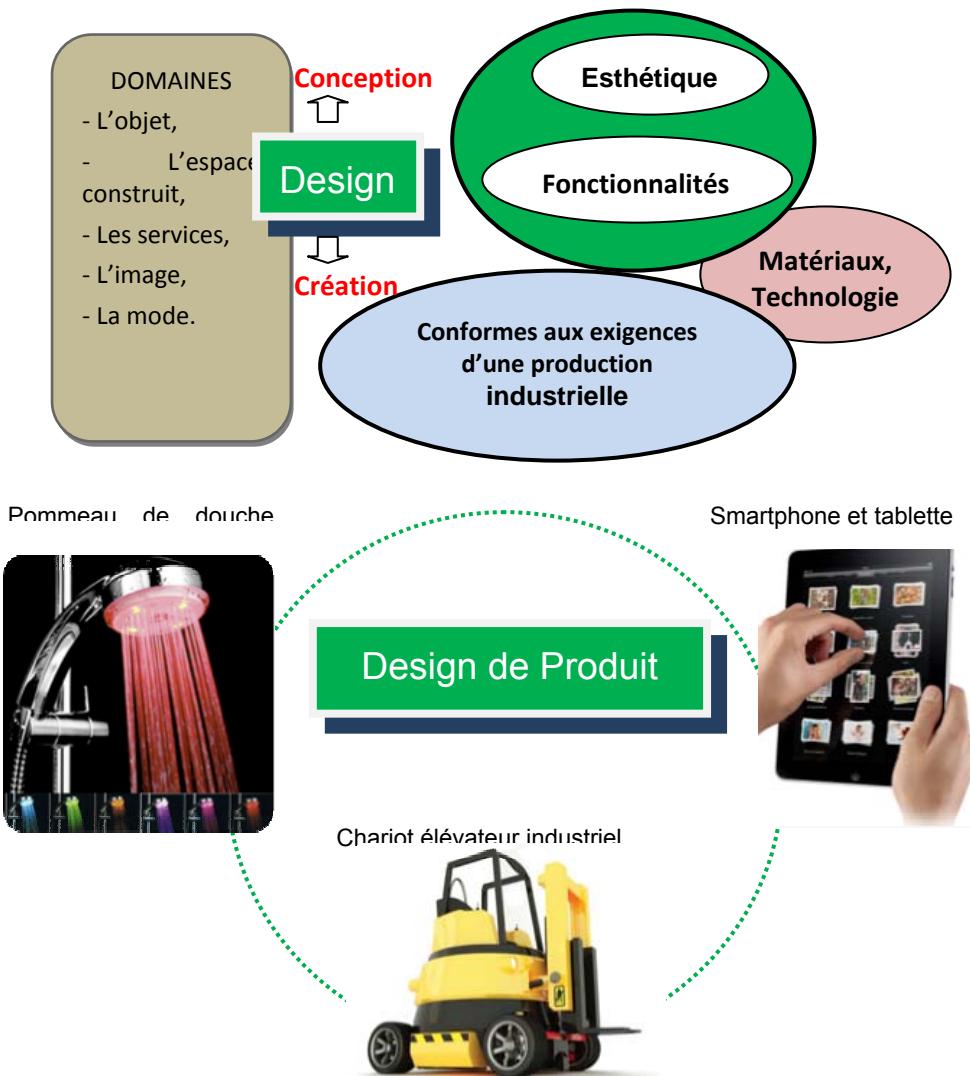
SysML par l'exemple par Pascal Roques chez Edition Eyrolle

UML2, de l'apprentissage à la pratique Laurent Audibert chez Ellipses.

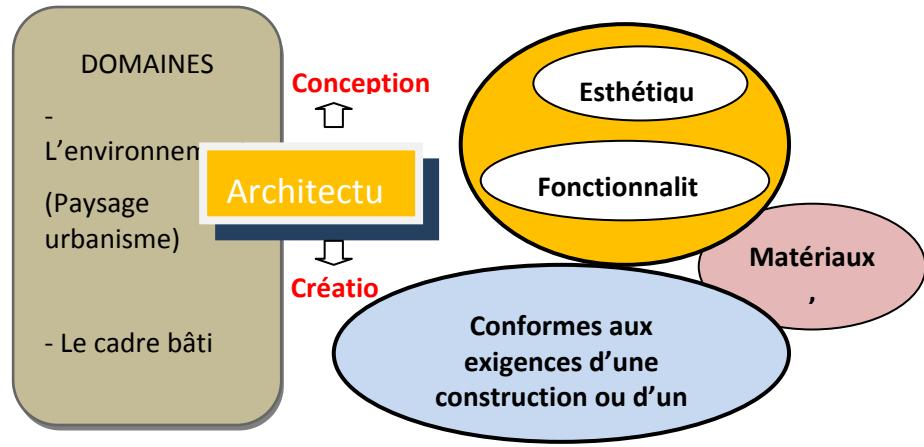
Architecture et design de produits

Principales définitions

Le **design de produit (industriel)** est une activité **créatrice** dont le but est de répondre **aux différents usages et qualités des objets** au travers des procédés, des services et des systèmes dans lesquels, ils sont intégrés au cours de leur **cycle de vie**. C'est pourquoi il constitue le principal facteur d'humanisation innovante. Le moteur essentiel se situe dans les échanges économiques, culturels et sociaux.



L'**architecture** permet de **concevoir des habitats, des aménagements urbains, des ouvrages spécifiques** dans des cadres réglementaires, sur fond **d'éco-conception et de développement durable**. L'architecte conçoit les formes et les volumes en **phase de conception**. Il intervient sur le choix des matériaux et des produits utilisés pour la réalisation et peut ré-intervenir dans le cadre d'une réhabilitation en fin de **cycle de vie** de l'ouvrage. L'échelle globale d'un projet architectural n'a aucune mesure commune avec l'objet Design. Chaque réalisation architecturale reste un prototype unique. L'impact visuel dans le site d'implantation reste souvent un élément majeur.



Les compétences visées au travers des projets de spécialités

| Acquérir une culture de base sur les concepts du design de produit | Engager une pratique expérimentale | Communiquer |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Comprendre le processus de conception • Comprendre le(s) processus de création • Comprendre l'utilité du design dans une démarche de marketing. | <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en œuvre des méthodes d'investigations • Repérer les étapes qui constituent les démarches de conception et de réalisation de produits • Identifier et distinguer un problème de réalisation • Identifier les matériaux • Mettre en œuvre une démarche d'éco-conception • Proposer des principes de réalisation avec des maquettes. | <ul style="list-style-type: none"> • Communiquer la démarche de création dans le processus d'innovation de produit • Commenter l'intérêt du design de produit |

Approches spécifiques du design en STI2D en phase projet

>> Exemple sur un **PRODUIT**

| 1 Collecter | 2 Classer | 3 Questionner | 4 Développer | 5 Crée |
|---|--|--|--|--------------------------|
| Des informations sur internet et auprès des fabricants ou distributeurs... (faire un état des lieux de l'existant sur le marché) | Ordonner les différentes fonctions, les différents matériaux, les différentes formes et techniques déjà utilisées, incidences sur l'environnement, les techniques en conception. | À quoi ça sert ? Qui l'utilise ? Quelle relation entre forme et matière ? Comment est-il fabriqué dans le domaine industriel ? À quel coût ? | Appropriation des investigations en les restituant afin de les confronter à des systèmes ou des produits existantes. Confronter les idées lors de la séance de créativité Sélectionner | Évaluer les propositions |

Commentaires : les outils de carte heuristique pourront être utilisés pour **analyser** et **trier** les idées lors du processus de recherche d'idées en phase de séances de créativité (brainstorming).

>> Exemple en **ARCHITECTURE**

| 1. Collecter | 2. Classer | 3. Questionner | 4. Développer | 5. Crée |
|---|---|---|--|--------------------------|
| Des informations sur internet et auprès des professionnels, des tendances actuelles (ancrage culturel)... | Ordonner les différentes fonctions, les différents matériaux, les différentes formes et styles techniques déjà utilisées, les incidences sur l'environnement, les techniques en conception. | À quoi ça sert ? Qui l'utilise ? Quelle relation entre la forme et les matériaux (l'esthétique et la structure) ? Quelle relation entre la forme et l'environnement ? Quel processus de fabrication ? Est-ce un produit durable ou éphémère ? Pourquoi et comment réhabilite-t-on ? Combien coûte-t-il ? | Appropriation des investigations en les restituant afin de les confronter à des systèmes ou des structures existantes. Confronter les idées lors de la séance de créativité Sélectionner | Évaluer les propositions |

Commentaires : Pour nos formations, le design de produit et l'architecture correspondent à des recherches d'équilibre entre l'esthétisme, la technique, l'ergonomie, les aspects humains (la sociologie) et les enjeux économiques... Le design industriel, au sens large du mot, est devenu pour un grand nombre d'entreprises un outil de développement stratégique à part entière. Il renforce l'image de la marque. A la clé, les entreprises gagnent en compétitivité.

Bilan des objectifs et compétences touchant le Design et l'Architecture

| AC1 | | | AC2 | | | AC3 | | | SIN1 | | | SIN2 | | | SIN3 | | | |
|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| C011 | C012 | C013 | C021 | C022 | C023 | C031 | C032 | C033 | C011 | C012 | C013 | C021 | C022 | C023 | C024 | C031 | C032 | C033 |
| X | X | | | | | | | X | X | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | X | | | | | | | | | | |
| ITEC1 | | | | ITEC2 | | | | ITEC3 | | | EE1 | | | EE2 | | | EE3 | |
| C011 | C012 | C013 | C014 | C021 | C022 | C023 | C024 | C031 | C032 | C033 | C011 | C012 | C013 | C014 | C021 | C022 | C023 | C024 |
| X | X | | | | | | | | | X | X | X | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Exemples d'approche « design » dans des études de dossiers techniques

| Spécialités | exemples | commentaires |
|--|--|--|
| Architecture et Construction | Projet architectural : <ul style="list-style-type: none"> Nouveaux projets (aménagement de sites, création d'un bâtiment ou d'un ouvrage d'art,) Réhabilitation d'un existant (projet de réaménagement urbain, remodeler des façades existantes changement d'usage de locaux, mettre aux normes) ... | |
| Énergie et Environnement | Étude d'une éolienne, projet d'implantation de petits générateurs éoliens dans des pylônes existants, | |
| Innovation Technologique et Eco Conception | Étude d'ergonomie et de sécurité d'un robot industriel. Étude des matériels médicaux en milieu hospitalier. Étude de matériel de production du BTP (grues de chantier). Étude de chariot élévateur plus ergonomique et plus productif. ... | On veille à établir un lien avec les enseignements du tronc commun |
| Système d'Information et Numérique | Étude ergonomique des écrans tactiles (smart phone, écran tv). Tablette. ... | |

Commentaires : Dans la plupart des cas, un designer industriel n'est ni un technicien ni un ingénieur compétent dans des technologies industrielles sans cesse plus performantes. C'est avant tout un créatif. Le designer de produit est à l'objet ce que l'architecte est au bâtiment : un maître d'œuvre.

☒ Normalisation, propriété intellectuelle et innovation

Le programme de STI2D comporte un chapitre sur les paramètres de la compétitivité qui doit permettre de présenter la place de la normalisation et de la protection des innovations. Il ne s'agit en aucun cas d'un apprentissage des contenus des normes qui ne sont utiles que pour l'enseignant. Globalement, ces champs seront toujours abordés de façon contextualisée à l'occasion des diverses activités pédagogiques. Cette partie détaille les attendus en ce domaine.

La normalisation (complément en annexe 6 et 7)

Qu'est ce qu'une norme et à quoi ça sert ?

Les normes sont des documents de référence qui définissent des règles du jeu sur une thématique donnée. Elles peuvent concerner :

- des éléments de terminologie pour disposer d'un langage commun pour tous ;
- les spécifications techniques des produits, des procédés et des services ;
- des méthodes de mesure communes pour favoriser la comparaison des résultats ;
- des méthodes d'organisation performantes des organisations (management de la qualité, de l'environnement, méthodes d'éco-conception, management de l'innovation,...).

Élaborées par des organismes de normalisation reconnus, elles représentent un consensus obtenu entre l'ensemble des acteurs intéressés par le thème de la norme.

Documents d'application volontaire, elles sont principalement utilisées dans les échanges commerciaux pour faciliter les transactions. Les normes sont souvent intégrées dans les cahiers des charges des contrats commerciaux et dans les appels d'offre publics. Elles représentent l'état de l'art et sont généralement utilisées par les professionnels d'un secteur d'activité donné.

Aujourd'hui intégrées dans notre environnement quotidien (un grand nombre de produits de la vie courante sont conformes à des normes) elles facilitent notre vie de tous les jours (en favorisant notamment l'interchangeabilité et plus généralement l'interopérabilité des pièces et des systèmes, comme par exemple les cartes bancaires, les clés USB, les containers ...).



Système
métrique
ISO 1000



Containers
ISO 668



Format A4
ISO 216

La normalisation, un outil stratégique au service de l'innovation

Outil d'intelligence économique, de veille technologique et vecteur de diffusion des innovations, la normalisation est au service de l'innovation.

Au stade de l'idée, les bases de normes constituent une source d'informations importante qui permet de repérer les règles qui régissent le marché, afin de ne pas partir dans de mauvaises directions.

Au stade de l'accès au marché, développer des normes sur des solutions innovantes contribue à établir des règles du jeu qui vont favoriser le développement économique, notamment en rassurant les utilisateurs. Normalisation et innovation vont donc de pair.

De nombreux industriels se sont orientés vers la normalisation depuis longtemps pour proposer au marché des règles du jeu s'appuyant sur leur savoir faire, contribuant ainsi à acquérir un avantage concurrentiel. Depuis le pneu radial de Michelin, jusqu'à la normalisation des nanotechnologies ou du véhicule électrique, la normalisation contribue à créer un socle commun reconnu par tous qui favorise l'accès au marché de nouvelles technologies.

De plus, ces technologies brevetées, construire une stratégie de développement alliant normes et brevets peut s'avérer extrêmement avantageux et permettre de devenir leader sur le marché.

Dans un contexte de compétition internationale exacerbée et de montée en puissance des pays émergents, l'enjeu réside maintenant dans le développement de normes le plus tôt possible, pour diminuer le temps d'accès au marché de solutions innovantes. L'adage « Qui fait la norme détient le marché » devient dès lors de plus en plus vrai...

La norme GSM, établie par l'ETSI¹ à la fin des années 1980, a ainsi largement contribué au développement de la téléphonie mobile en Europe et dans le monde entier. Aujourd'hui, 80% des opérateurs de téléphonie mobile dans le monde utilisent la norme GSM.



La normalisation est au cœur des discussions sur le développement du véhicule électrique : quel système sera retenu pour les prises et connecteurs électriques, les batteries de recharge des véhicules, les techniques et stations de charge, les dispositifs de fourniture et de stockage de l'énergie électrique ? Les choix retenus dans les normes qui s'imposeront au plan international seront fondamentaux pour favoriser le développement de ces nouvelles technologies. Ils auront en effet des répercussions économiques colossales sur les investissements pour l'adaptation des infrastructures.



Organiser une complémentarité entre normes et brevets pour une stratégie gagnante

L'innovation et la recherche donnent naissance à des technologies souvent protégées par des brevets. Le développement de normes sur ces technologies implique donc de plus en plus la confrontation à des brevets, voire la reprise de spécifications techniques brevetées dans les normes. Or, un brevet est fait pour interdire l'exploitation d'une invention par un tiers, alors que la norme est faite pour être utilisée par tous. Il convient donc de trouver un équilibre entre ces objectifs qui apparaissent contradictoires.

Les organismes de normalisation internationaux ont donc élaboré une politique relative aux Droits de Propriété Intellectuelle, dans l'objectif d'encourager l'utilisation de technologies brevetées. Selon ces règles, un brevet peut être intégré dans une norme si les droits de propriété intellectuelle sont rendus accessibles sur une base raisonnable et non discriminatoire (règles dites FRAND pour Fair Reasonable and Non Discriminatory).

Les industriels qui placent des brevets dans les normes y trouvent plusieurs avantages :

- orienter le marché vers une technologie ;
- augmenter le nombre d'utilisateurs de cette technologie et développer un marché ;
- augmenter ses revenus avec le montant des licences accordées (les brevets de l'institut allemand Fraunhofer dans la norme internationale sur le MP3 lui ont rapporté 100 M\$) ;
- acquérir de la notoriété.

Ces pratiques se rencontrent souvent dans le secteur des technologies de l'information et de la communication, mais avec la complexité croissante des technologies, elles devraient s'étendre à d'autres secteurs. Les normalisateurs agissent avec précaution lorsqu'un brevet est cité dans une norme : en effet, le détenteur du brevet acquiert alors une position dominante sur le marché. Il faut alors veiller à ne pas créer une distorsion du marché.

¹ ETSI : European Telecommunications Standards Institute. C'est l'organisme de normalisation européen dans le secteur des télécommunications.

Cependant, certains industriels ont bien compris l'intérêt d'allier normes et brevets dans leur stratégie de développement, et cet usage se développera probablement dans les années à venir.

La nécessité d'innover

Une entreprise favorise la mise en place de processus d'innovation pour permettre à ses clients d'utiliser des produits exclusifs et répondre à leurs besoins. Pour l'entreprise cette stratégie couplée à une stratégie de protection industrielle lui permet de renforcer son image de marque, de s'imposer par rapport aux concurrents, de créer des relais de croissance (par exemple la technologie 3D est un relai de croissance pour les constructeurs de téléviseurs à écran plat) et conquérir de nouveaux clients.

Les innovations proviennent en général de l'observation, de l'écoute, de remontées de problèmes, de la recherche et du développement, d'une nouvelle technologie, d'une tendance sociétale, de la volonté d'une marque ou de signes précurseurs (signaux faibles).

Des perceptions de l'innovation différentes selon la place que l'on occupe.

Un produit peut paraître très innovant du point de vue de l'utilisateur alors qu'il n'intègre aucune innovation technologique. Nous sommes sur un axe de rupture d'usage. Travailler sur cet axe permet d'accroître la diversification des produits. À l'inverse un produit peut intégrer des innovations technologiques majeures du point de vue du concepteur qui peuvent être non perceptibles par l'utilisateur. Nous sommes sur un axe de rupture technologique. Travailler sur cet axe permet de perfectionner les produits proposés et/ou promouvoir de nouvelles technologies. Cette démarche est en général plus coûteuse que l'innovation d'usage.

Il convient de travailler ces deux axes de l'innovation produit (d'usage et technologique) par le choix de supports pédagogiques permettant d'illustrer ces deux aspects.

L'amélioration de produits correspond à un niveau de rupture technique et/ou d'usage faible.

L'innovation technologique correspond à un niveau de rupture technologique fort. Cette innovation s'appuie sur des découvertes scientifiques et la mise en œuvre de nouvelles technologies.

L'innovation d'usage s'appuie sur une modification du comportement des usagers et permet pour l'entreprise porteuse de l'innovation d'accroître le marché sur lequel elle évolue.

L'innovation radicale agrège l'innovation d'usage et l'innovation technologique. Elle est le but recherché pour toute entreprise soucieuse de conserver l'avantage par rapport à ses concurrents.

Exemples de supports innovants.

Exemples d'innovations d'usage : distributeur automatique de savon, Renault Logan, chaussures one many...

Exemples d'innovations technologiques : aspirateur autonome, lecteur MP3 compteur de longueurs de bassin...

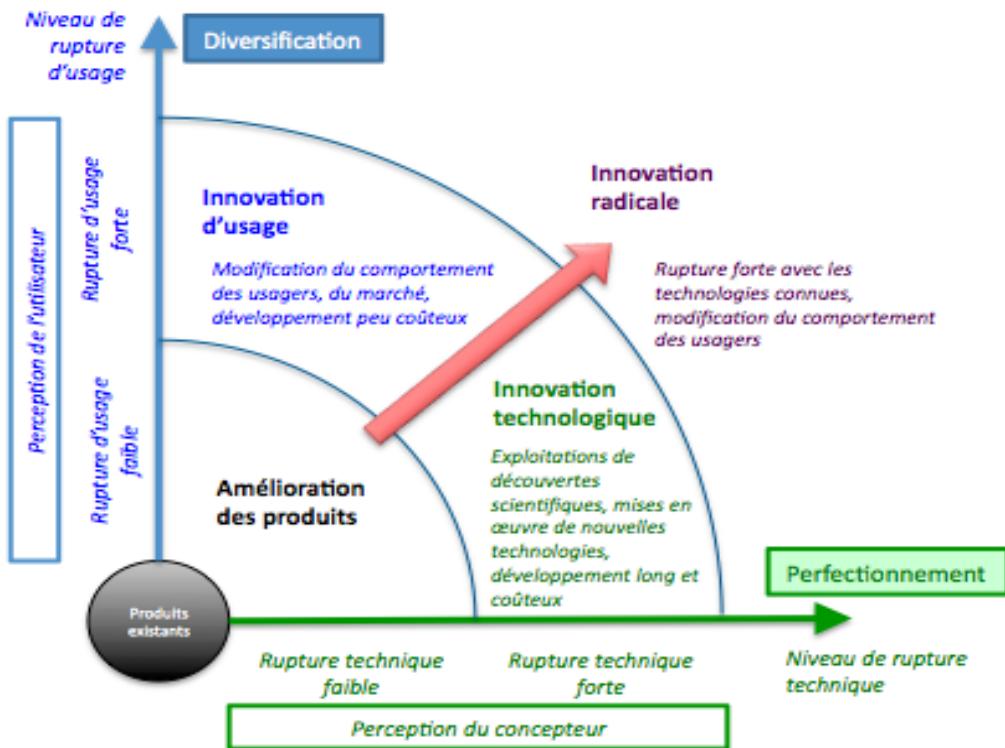
Exemples d'innovations radicales : velib, générateur solaire autonome, ipad...

Développer un filet de tennis de table rétractable et s'adaptant sur tous les supports est une innovation d'usage qui correspond à un niveau de rupture d'usage fort. Ce produit au design très étudié n'introduit pas la maîtrise de technologie nouvelle mais modifie profondément le comportement des usagers et permet ainsi d'augmenter la taille du marché pour l'entreprise porteuse de l'innovation. Ces types de produit ne mobilisent pas de solutions technologiques innovantes et sont donc facilement copiables par la concurrence. Se pose alors la notion de protection industrielle de ce type de produit qui est cruciale pour assurer l'exclusivité de l'innovation.

Ces types de produits peu coûteux fourniront de nombreux exemples permettant d'illustrer les stratégies de protection industrielle et de dépôts de brevets. Ils permettent d'aborder facilement et rapidement la dimension design d'un produit et l'impact d'une approche design sur les fonctions, la structure et les solutions techniques. Ils sont à privilégier en début du cycle de formation.

Travailler sur ce type de produit permettra à l'élève d'adopter une vision décalée, stimulera sa créativité et l'originalité dans son approche produit. La mise en œuvre du projet d'étude en fin de formation sera alors facilitée.

L'éco conception et l'étude des procédés de fabrication peuvent également prendre appui sur ces produits simples intégrant une innovation d'usage.



Les produits intégrant une innovation technologique en rupture forte sont en général plus difficiles à appréhender pour l'élève. Issus de travaux de recherche et de développement, ces produits permettent cependant d'illustrer efficacement un principe, une démarche scientifique. Ils permettent des développements en activité projet par l'amélioration du niveau d'idéalité du système. Ces supports ne sont pas à privilégier au début du cycle formation.

Ressources

Site « Espace enseignants » d'AFNOR : <http://www.enseignants.afnor.org/>

Site INPI : <http://www.inpi.fr/>

www.marketingpouringenieurs.com

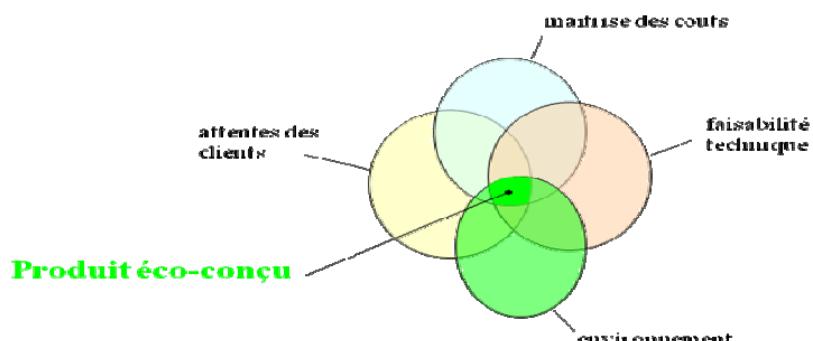
Palmarès mensuel de l'innovation IPSOS/LSA : www.ipsostransactions.com

L'éco conception

L'éco conception est une composante principale du programme STI2D. Les commentaires qui suivent proposent une définition de l'éco conception et une description sommaire des principaux concepts mis en œuvre. Cette approche pourra être avantageusement complétée par l'étude du module de formation en ligne dans Pairform@nce correspondant.

Introduction à l'éco conception

Jusqu'à récemment la conception d'un produit devait tenir compte de trois critères principaux : l'attente des clients, la maîtrise des coûts et la faisabilité technique. Ces trois critères permettaient à un produit d'être compétitif. L'éco conception rajoute un quatrième critère et a pour objectif principal de réduire les impacts environnementaux négatifs des produits dans la conception et le développement des produits manufacturés. Le produit éco conçu se placera donc à l'intersection de ces ensembles de contraintes qui ne sont pas, à priori, hiérarchisables les unes par rapport aux autres.



Les contraintes environnementales ne doivent donc pas être un prétexte à une étude de produit complètement orientée vers le développement durable et négliger les autres facteurs essentiels à son existence en termes de besoins comme de faisabilité technique. D'ailleurs dans la démarche d'éco conception, l'efficience d'une solution ne se mesure pas qu'à la réduction d'impact. Il sera donc nécessaire de mettre en relation les réductions d'impact avec les coûts engendrés par ceux-ci, on parlera alors d'éco efficience.

Lors d'une démarche d'éco conception, il faut garder à l'esprit que tout produit a besoin de matière et d'énergie pour être fabriqué ; que tout produit a besoin d'être emballé et transporté et que tout emballage ou produit deviendra un jour un déchet. Il n'existe donc pas de produit zéro impact. C'est pour cette raison que le cycle de vie du produit sera toujours pris en considération (voir figure ci-dessous).

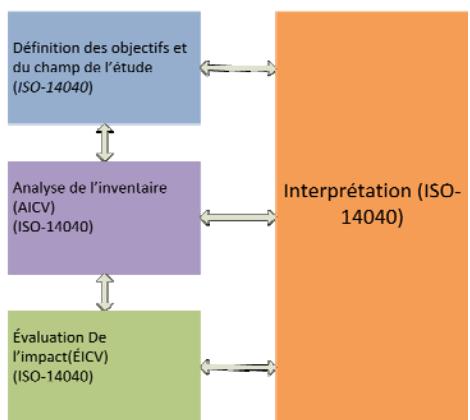


La démarche d'éco-conception n'a de sens que si elle est intégrée dans une démarche globale de conception. Les outils d'analyse de la valeur et de créativité doivent être utilisés en parallèle pour répondre efficacement aux besoins énoncés.

Cadre ACV

Présentation succincte de l'analyse du cycle de vie selon la norme 14040

L'analyse du Cycle de Vie est un outil scientifique encadré par la série 14040 des normes ISO. Il vise la prise en compte de tous les impacts environnementaux, sociaux et économiques sur l'ensemble du cycle de vie du produit ou d'un service. Cette méthodologie permet ainsi d'éviter que les améliorations locales ne résultent en un déplacement des problèmes (pollution, conditions sociales...). C'est ce qu'on appelle le transfert d'impact.



Lors de l'utilisation de la méthodologie ACV avec les élèves, il faudra bien avoir à l'esprit que cette démarche est exhaustive et demande beaucoup de temps. C'est pour cette raison que nous nous limiterons à l'étude d'objet simple ou de système simplifié pour mettre en évidence les différents concepts liés à cette méthode. L'objectif n'étant pas d'être expert dans le domaine mais de montrer que cet outil à un grand champ d'application comme par exemple la comparaison d'un service avec un produit répondant à la même fonction.

Dans la réalisation d'une analyse du cycle de vie du produit on devra être capable de fournir des informations sur l'unité fonctionnelle (UF), les hypothèses et les limitations. Dans le

processus de l'analyse du cycle de vie on devra être capable d'identifier clairement la typologie du produit à étudier (phase du cycle de vie) et les types d'impacts, les méthodologies d'évaluation ainsi que les voies d'amélioration.

Préconisations pédagogiques possibles autour de l'Analyse du cycle de vie

Unité fonctionnelle (UF)

On pourra proposer des activités sur la définition de l'unité fonctionnelle et comparer les conséquences sur les impacts en fonction du choix de celle-ci. L'UF représente la grandeur quantifiant le service rendu par le produit ou le système. Par exemple pour une perceuse, sa fonction principale est de permettre à l'utilisateur de réaliser un trou sur une cloison tandis que le service d'une perceuse est la quantification de la fonction principale selon une unité de référence (temps, distance, cycle...). On déduit l'unité fonctionnelle à partir du service rendu.

Deux unités fonctionnelles sont possibles pour une perceuse :

- UF = réaliser 50 trous par jour pendant deux ans → Service rendu pour un professionnel
- UF = réaliser 10 trous par an pendant 5 ans → Service rendu pour un particulier.

L'unité fonctionnelle nous servira de base d'une part pour quantifier les différents impacts et d'autre part pour la comparaison de différents scénarios.

Limites du système

Dans le cadre d'une comparaison de produits les limites du système devront être identiques pour tous les scénarios étudiés. Pour des raisons de complexité, on pourra se limiter à un composant, une fonction, tout en précisant explicitement le périmètre de l'étude pour ne pas induire de confusion sur les résultats obtenus.

Lors de la définition de l'inventaire du cycle de vie on s'arrêtera à l'inventaire des processus les plus caractéristiques du produit en tenant compte de l'ensemble des étapes du cycle de vie.

Évaluation des impacts

L'évaluation des impacts se fera à l'aide d'un logiciel. Il sera intéressant de pouvoir donner des équivalences parlantes (en km parcourus ou nombre d'arbres abattus, ...) afin que l'élève puisse avoir une représentation concrète des impacts. Nous prendrons comme référence de calcul la méthode CML ou l'empreinte écologique. Il ne sera pas utile de montrer tous les indicateurs d'impact, on choisira les indicateurs pertinents et parlants pour les élèves (consommation d'eau, empreinte écologique, énergie primaire consommée et changement climatique...). Les différentes études menées pourront être monocritères mais si le but de l'étude est de montrer ou de vérifier qu'il y a un transfert d'impact alors plusieurs indicateurs devront être utilisés.

Voies d'amélioration

À partir des évaluations d'impacts, il faudra identifier les fonctions, composants, phase du cycle de vie à optimiser. La recherche de solutions peut se faire à partir de multiples outils de créativité et d'innovation.

Dans le cadre du baccalauréat STI2D nous nous appuierons sur la roue de l'écoconception (Brezet et Al1997) pour réaliser une conception raisonnée qui nous donnera les grandes pistes d'amélioration de produits pour réduire leurs impacts sur l'environnement. Le tableau ci-dessous synthétise les pistes possibles d'amélioration.

| | | |
|---|---|--|
| 1 | Choix des matériaux | moins toxiques, renouvelables, peu énergivores, recyclés, Recyclables. |
| 2 | Réduction de l'emploi de matériaux | réduction de la masse ou du volume ou du nombre de matériaux. |
| 3 | Techniques propres de production | moins d'étapes de production, moindre consommation d'énergie, moindre production de déchets |
| 4 | Optimisation du système de distribution | moins d'emballages, Ou emballages réutilisables, plus propres, moins nombreux, moins volumineux, Modes de transport moins énergivores, moins polluants |
| 5 | Phase d'utilisation | moins de consommation énergétique, sources d'énergie plus propres, moins d'énergie non renouvelable |
| 6 | Durée de vie des produits | durabilité et fiabilité, maintenance et réparation, structure modulaire, lien produit-consommateur (fonction) |
| 7 | Fin de vie | réutilisation, désassemblage, « refabrication », recyclage, incinération |
| 8 | Optimisation des fonctions du produit | dématerrialisation, partage entre utilisateurs, nouvelles fonctions, optimisation fonctionnelle |

Les solutions ne seront validées qu'après une comparaison entre les impacts environnementaux initiaux et ceux découlant de l'amélioration du produit.

Éco conception par typologie

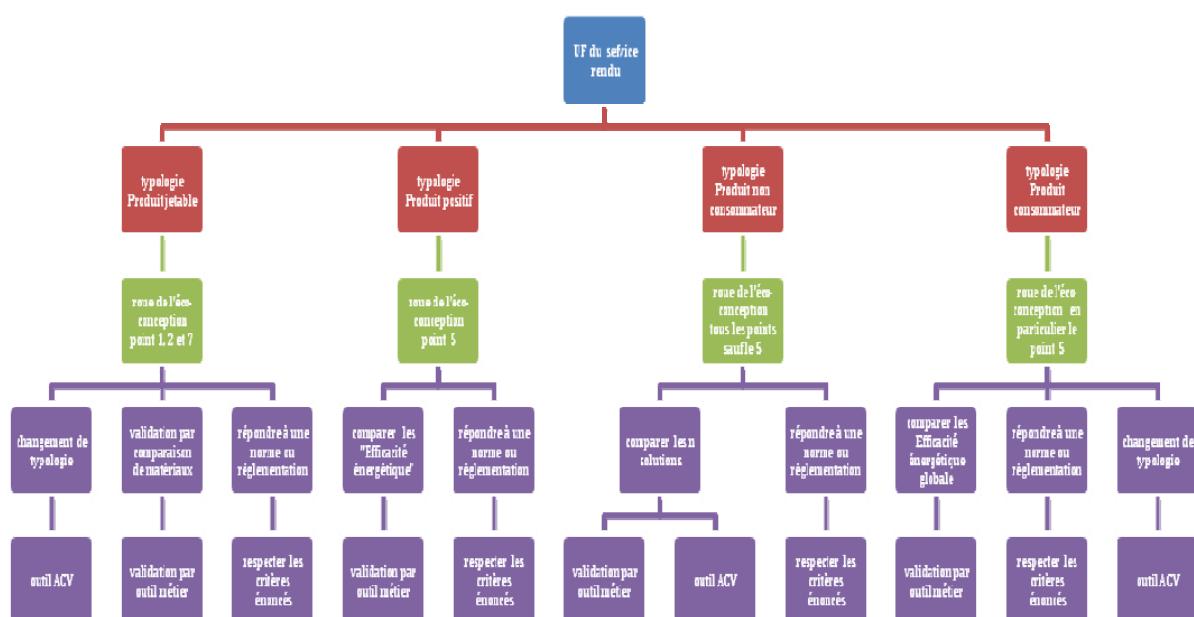
La typologie s'utilise dans une première approche lorsque l'on peut la définir sans équivoque. Elle permet notamment d'éviter un calcul d'impact. Néanmoins on définit la typologie à partir du service ou produit et de l'unité fonctionnelle qu'on lui associe.

Définitions

Nous pouvons définir quatre typologies :

- un produit ou système est dit **consommateur** lorsque les impacts de la phase d'utilisation sont dominants. On retrouvera donc les produits utilisant de l'énergie mais aussi ceux utilisant des consommables ;
- un produit est considéré **non consommateur** lorsque les impacts de la phase d'utilisation ne sont pas dominants. Une chaise de bureau peut être considérée comme un produit non consommateur ;
- un produit est considéré **jetable** ou de courte durée de vie si son nombre d'utilisation reste faible ;
- un produit est considéré **positif** lorsque les impacts de la phase d'utilisation (vie en œuvre) sont négatifs.

Pour simplifier les recherches de solutions qui peuvent être nombreuses, une fois la typologie définie, nous appliquons quelques règles de la roue de l'eco conception, on permet ainsi de cibler les améliorations possibles, une phase de validation est nécessaire, on retrouve, dans le graphique ci-dessous, les différentes possibilités



Quelques exemples :

A- Deux unités fonctionnelles pour une perceuse :

- UF = réaliser 50 trous par jour pendant deux ans → typologie consommateur → recherche de solutions pour diminuer la consommation et augmenter la durée de vie.
- UF = réaliser 10 trous par an pendant 5 ans → typologie non consommateur → optimiser les transports, choix de matériaux recyclés, prévoir une filière de fin de vie, prévoir la réutilisation de pièces.

Remarque : pour un même produit nous avons deux services rendus différents, les scénarios ne peuvent pas être comparés.

B- Deux systèmes pour une unité fonctionnelle percer 10 trous par an pendant 5 ans :

- Le service : mise à disposition d'une perceuse professionnelle → typologie consommateur (plusieurs utilisateurs partagent avec le même produit) → recherche de solutions pour diminuer la consommation et augmenter la durée de vie
- L'acquisition : achat d'une perceuse bas de gamme → typologie non consommateur (peu de trous percés donc peu de consommation d'énergie) → optimiser les transports, choix de matériaux recyclés, prévoir une filière de fin de vie, prévoir la réutilisation de pièces, ...

Dans les deux cas les choix d'éco conception ne sont pas les mêmes mais ils peuvent répondre à une stratégie d'entreprise, rien empêche de comparer ces deux solutions, elles répondent à la même unité fonctionnelle.

Remarques :

On peut donc proposer des problématiques liées à la production de masse de certains appareils électriques « dormant » en proposant des solutions alternatives liées à un changement sociétal.

Un produit peut être considéré comme consommateur ou non suivant le contexte dans lequel il est utilisé, le filtre d'un lave-vaisselle pourra être pris comme non consommateur alors que le filtre à essence peut être pris comme consommateur puisqu'il contribue pour une part à la consommation d'énergie, dans ce cas il est nécessaire d'identifier de façon claire la nature du produit.

Les produits consommateurs

En règle générale, ce sont des produits utilisant de l'énergie, il est donc nécessaire de réduire cette consommation, mais les solutions sont parfois différentes suivant le contexte. Par exemple pour un filtre à essence on essaiera de diminuer sa masse tout en gardant ses qualités d'usage. Pour une habitation plusieurs solutions sont envisageables, réduire la consommation par des systèmes de chauffage peu énergivore ou proposer une isolation. On s'aperçoit que l'on utilise plusieurs items de la roue de l'éco conception, celle-ci n'étant ici que pour donner des pistes d'actions.

La validation des solutions peut se faire de manière simple par comparaison d'efficacité énergétique entre les deux solutions mises en concurrence. Si nous sommes dans le cadre d'une contrainte réglementaire de type DEEE, il faudra vérifier la validité des solutions par rapport aux critères de celle-ci.

Les produits non consommateurs

Ils ont un champ plus large de problématiques, ils sont souvent moins complexes ce qui permet d'aborder de manière simple les problématiques liées aux phases du cycle de vie autre que celles traitées par les produits consommateurs. Les problématiques pouvant être abordées : tendre vers les matériaux monomatiériau, augmenter la durée de vie en prévoyant des échanges standard, favoriser le désassemblage, optimiser le transport en prévoyant un volume réduit, ...

La validation des choix de conception en termes d'impact peut se faire en quantifiant les deux solutions par exemple compter le nombre de matériaux utilisés tout en respectant la qualité d'usage, mesurer le volume des solutions... Certains produits peuvent être éco labellisés ou réglementés, les critères de ces écolabels ou réglementations peuvent aussi servir de validation

Les produits jetables

Ils sont un des points d'entrée pour la partie matière et les problématiques liées à celui-ci, on pourra donc s'interroger sur la nature (recyclable, renouvelable, recyclé), sur les réserves estimées et sur les moyens de production mais aussi sur les filières de recyclage existantes pour chaque type de matériaux.

Les produits positifs

Ils permettent, en général, la récupération d'énergie. La validation de solutions peut se faire en comparant le ratio énergie produite sur énergie grise pour chaque solution. Il faut garder à l'idée que les solutions comparées devront répondre à la même unité fonctionnelle.

Le changement de typologie

Pour le changement de typologie, il est nécessaire d'identifier l'impact de chaque phase du cycle de vie pour vérifier que la phase d'utilisation n'est plus impactante, on sera obligé de passer par la méthodologie ACV mais elle peut être réalisé sur un seul critère. L'objectif est de montrer qu'un produit n'est pas figé dans une typologie mais qu'il peut évoluer en fonction des différentes solutions de conception qu'on lui apporte.

Normes et ressources

Eco conception cycle de vie

- NFX E01-005 ; NF EN 62430 ; CEI 62430 ; NF EN ISO 14040

Impact environnemental

- NF EN ISO 14001

Développement durable

- NF ISO 15392 ; FD X30-021 ; NF P01-020-1

✖ Domaine de la matière

Introduction

Un système technique pluri technologique peut agir sur la matière, l'énergie et l'information en la déplaçant, la stockant ou la transformant (voir tableau sur les systèmes). Pour cela, tout système a besoin d'une structure matérielle qui l'abrite, le protège ou protège les utilisateurs et permet d'effectuer les actions attendues. Cette structure utilise des matériaux retenus pour certaines caractéristiques de résistance, d'optimisation de l'efficacité énergétique du système, de transmission des informations, d'architecture et de design, de diminution des coûts, etc.

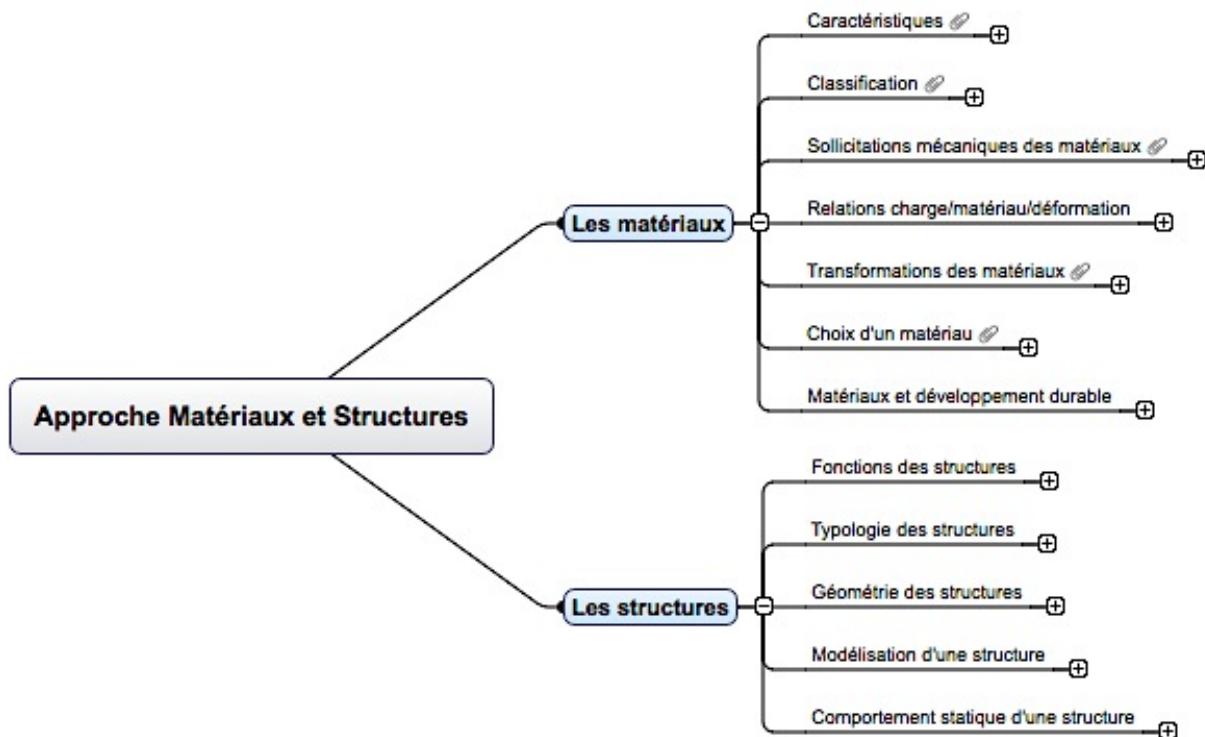
L'approche MEI du baccalauréat STI2D s'intéresse d'abord aux matériaux et aux structures associées au fonctionnement d'un système technique, pour analyser comment le choix d'un matériau ou la conception d'une structure permet d'améliorer sa compétitivité et de répondre aux critères du développement durable.

Dans l'approche matériaux des systèmes, il faut tenir compte du fait que cette approche est présente dans le programme de technologie collège et il conviendra de passer rapidement sur des notions de base (classification en particulier) qui ont déjà été étudiées au collège.

L'approche des matériaux et des structures dans le bac STI2D s'articule autour des deux thèmes matériaux et structures. Elle permet l'étude de concepts technologiques fondamentaux, comme les caractéristiques et le choix des matériaux et de leurs comportements, le comportement mécanique des systèmes et celui des structures porteuses.

Il existe une différence entre la matière, qui est une des composantes de l'approche MEI qui englobe les matériaux (qui sont des matières, pures ou mélangées, traitées pour être industrialisées, et répondant à des critères précis de constitution et de caractéristiques) et les structures réalisées avec ces matériaux, qui permettent la réalisation de constructions ou de produits manufacturés.

La figure ci-dessous illustre un premier niveau d'analyse et d'étude des 2 champs abordés.



L'approche matériaux

L'optimisation de la compétitivité des produits et la prise en compte du développement durable remettent les matériaux au centre de recherches fondamentales, industrielles et économiques (métaux rares des produits électroniques et électriques, diminution du poids des structures en déplacement, réduction des impacts écologiques dans la déconstruction de systèmes, etc.) et de la compétitivité des produits.

Le programme STI2D se doit d'intégrer et de donner une place non négligeable à l'approche des matériaux et à leur choix selon des approches multi critères.

Cette approche ne doit pas se résumer à l'étude précise d'une famille particulière de matériaux, comme cela a pu être le cas à une époque avec la métallurgie. Il s'agit, en STI2D, de proposer une approche très globale de tous les matériaux, en les replaçant systématiquement dans un contexte technique donné et en s'efforçant de montrer que leur utilisation est presque toujours le résultat de compromis scientifiques, techniques, économiques, écologiques.

Un lien fort peut et doit exister entre l'approche technologique des matériaux en STI2D et le programme de Physique - Chimie, qui propose également une entrée Matière et des approches scientifiques associées, permettant de justifier les comportements et des caractéristiques physico chimiques à partir de leur structure atomique ou moléculaire.

Le choix des matériaux

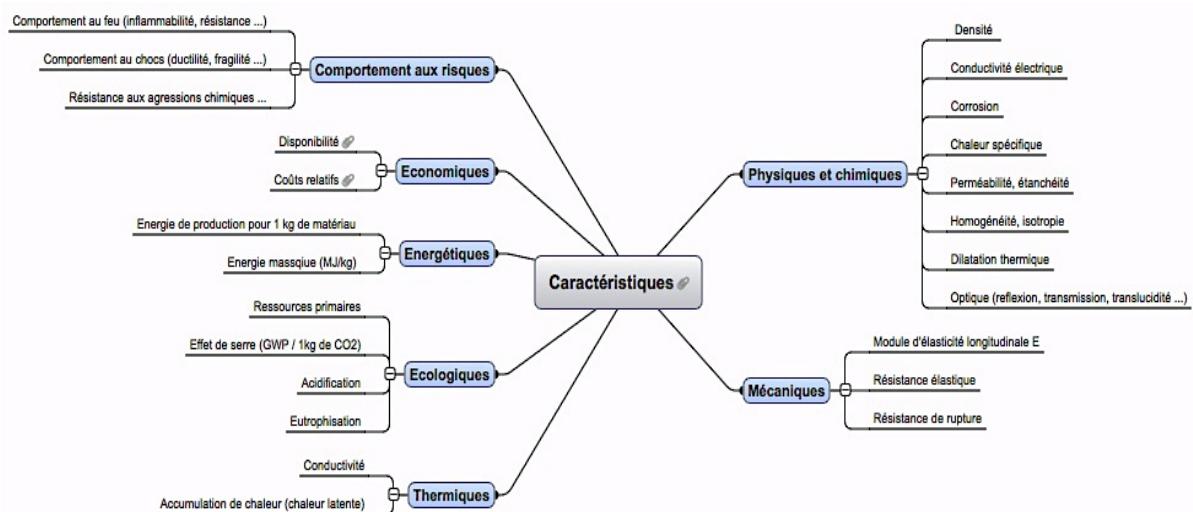
Ce choix est issu de l'analyse des interactions entre un produit (exigeant des caractéristiques précises), des matériaux (familles aux caractéristiques différentes) et des procédés de transformation (qui permettent de fabriquer le produit avec un matériau). Ces trois composantes amènent à des choix multi critères parfois complexes qu'il conviendra de simplifier en ne retenant que les contraintes principales (en particulier au niveau des procédés, qui ne seront abordés qu'au niveau de leurs principes et de leurs possibilités générales). Il s'agit d'identifier les critères permettant d'effectuer un choix des matériaux à partir d'une base de données, dans le respect du cahier des charges et des contraintes de développement durable. Il répond à des objectifs précis (minimiser des impacts environnementaux, des coûts, des masses en mouvement, un volume, une durée de vie...) et se

fondé sur l'analyse multi critères de propriétés (résistances mécaniques, résistivité électrique, conductivité thermique, par exemple).

Ce choix peut avantageusement utiliser des bases de données de matériaux structurées, permettant de classer les matériaux selon des critères précis, de procéder à des sélections successives amenant, après une suite d'itérations, à identifier une famille de matériaux en privilégiant des présentations graphiques aux qualités pédagogiques indéniables. On se limitera, dans l'utilisation de ces outils graphiques, à l'exploitation de critères simples, pouvant se traduire par des indices de performance élémentaires facilitant le tri dans une analyse multi-constraints et multi-objectifs.

Les critères économiques sont des critères de choix importants mais difficiles à appréhender.

Lorsque cela est possible et simple (sur une pièce donnée, par exemple), le professeur pourra proposer des prix issus des sites spécialisés, en tenant compte de la très grande variabilité de ces derniers. Il sera aussi possible d'utiliser des tableaux de comparaison de prix relatifs entre matériaux, quantifiant le prix d'une matière par rapport à une base fixe. La figure ci-dessous propose un exemple de caractéristiques des matériaux pouvant être abordées en lien avec la Physique - Chimie.



Le comportement des matériaux

Pour choisir un matériau, il faut connaître certaines de ses caractéristiques. Le programme de STI2D propose l'étude des caractéristiques mécaniques de base, qui permettront aux élèves de comprendre les lois de la résistance des matériaux et de pouvoir aborder la justification et le dimensionnement de certaines structures simples.

L'expérimentation du comportement d'éprouvettes sur des machines d'essai de caractérisation est le moyen à privilégier pour étudier les caractéristiques de base des matériaux, métalliques, organiques ou composites.

Pour les matériaux métalliques il est conseillé d'utiliser un système expérimental polyvalent, permettant de traiter des éprouvettes en traction, compression, flexion simple, ductilité et dureté.

Ce type de machine d'essai présente la particularité de générer manuellement (en tournant une manivelle) l'effort appliqué sur l'éprouvette et donc de ressentir son comportement (zone de résistance à l'effort, de rupture). Cette approche kinesthésique est liée au mesurage par capteur des déformations et à une sortie informatisée des courbes effort/déformation.

L'essai de traction permet de formaliser l'allongement % et les limites élastiques et de rupture à l'extension, montrant ainsi les plages de comportement élastiques et plastiques d'un matériau.

La zone de comportement élastique permet d'introduire le concept de contrainte, le module d'élasticité longitudinal et la loi de Hooke reliant effort, contrainte et déformation.

L'essai de ductilité permet de montrer le comportement plastique d'un matériau, par le biais d'un essai d'emboutissage d'une plaque d'aluminium, par exemple et d'introduire le concept de déformation permanente.

L'essai de dureté permet de montrer la résistance à l'enfoncement d'un poinçon sur la surface d'un matériau, important en cas de frottements et d'usures superficielles.

D'autres types d'essais peuvent être menés en lien avec le programme de Physique - Chimie, comme :

- l'essai de thermoplasticité, qui caractérise le comportement d'une matière plastique en fonction de sa température (en lien avec sa structure moléculaire) ;
- la conductivité thermique, caractérisant le coefficient lambda de conductivité thermique d'un matériau ;
- la résistivité électrique et la perméabilité électromagnétique.

Chaque famille de matériau doit également être étudiée selon ses possibilités de transformation.

Il ne s'agit pas, en STI2D, de développer un cours sur les procédés et les processus, qui relèvent de formations professionnelles et qui seront abordés dans les formations post baccalauréat.

Par contre, il convient de proposer une classification simple et logique des principaux procédés de transformation :

- les procédés primaires qui permettent de créer la forme d'une pièce (fonderie, moulage, déformation) ;
- les procédés secondaires, qui permettent de modifier la forme d'une pièce (on se limitera à l'usinage et à la découpe) ;
- les procédés tertiaires, qui améliorent les propriétés d'une pièce (on citera, sans les expliquer finement, les principaux traitements thermiques et traitements de surface).

Ces connaissances ne donnent pas lieu à l'étude de processus mais permettent, lors du choix d'un matériau, de comprendre l'interaction avec un procédé existant.

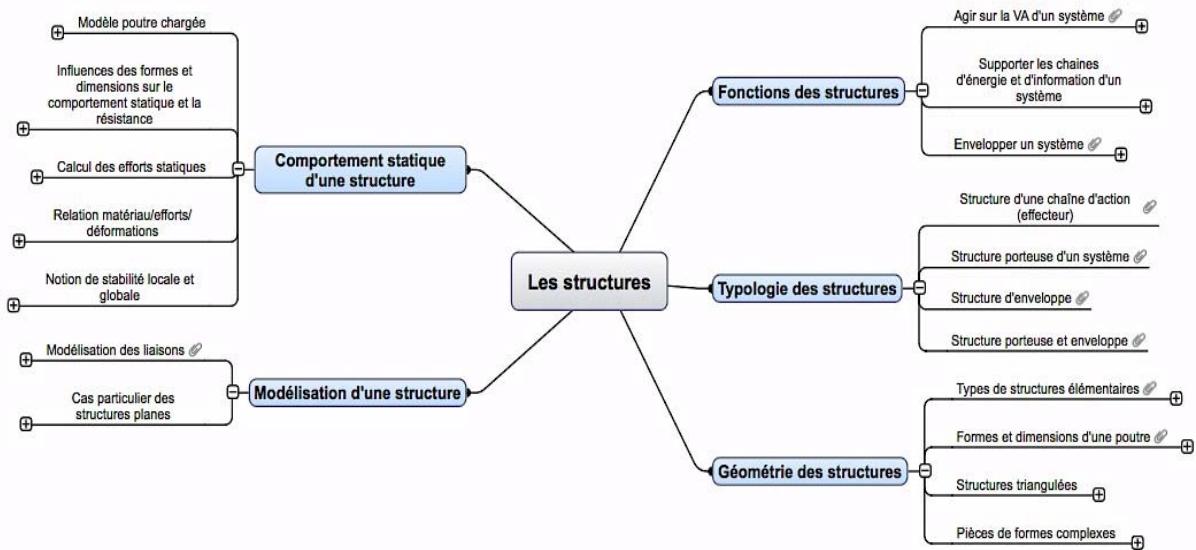
Le comportement mécanique des structures

Certaines structures peuvent comporter des mouvements de fortes amplitudes et être soumises à des contraintes dynamiques non négligeables (produits mécatroniques, moyens de transports, par exemple, mais également bâtiments en zone sismique). Pour ces structures, on se limitera à l'étude des systèmes mécaniques simples, pouvant être modélisés dans le plan, pour les dimensionner en fonction des matériaux retenus et garantir le meilleur fonctionnement possible.

D'autres structures se révèlent très peu mobiles (voire hyperstatiques) et leurs déplacements sont très peu visibles (ouvrages et bâtiments, châssis rigide de véhicule, mat d'éolienne,...). Pour celles-ci, on étudiera le comportement de structures porteuses simples en fonction des actions mécaniques qu'elles subissent.

L'étude de ces systèmes mécaniques induit, en relation avec le cours de Physique - Chimie sur les forces et moments, l'introduction de la modélisation torseuse des forces et des moments dans une liaison. On se limite, dans le programme STI2D, à la présentation des torseurs cinématiques et statiques, en lien direct avec chaque liaison. **Cette approche limitée du concept de torseur est suffisante pour renseigner un logiciel de simulation de comportement mécanique d'un système et ne doit pas déboucher sur la résolution torseuse de l'équilibre d'un solide.**

La figure ci-dessous propose un ensemble des points pouvant être abordés dans le cadre de l'étude des structures, de systèmes mécatroniques comme de constructions.



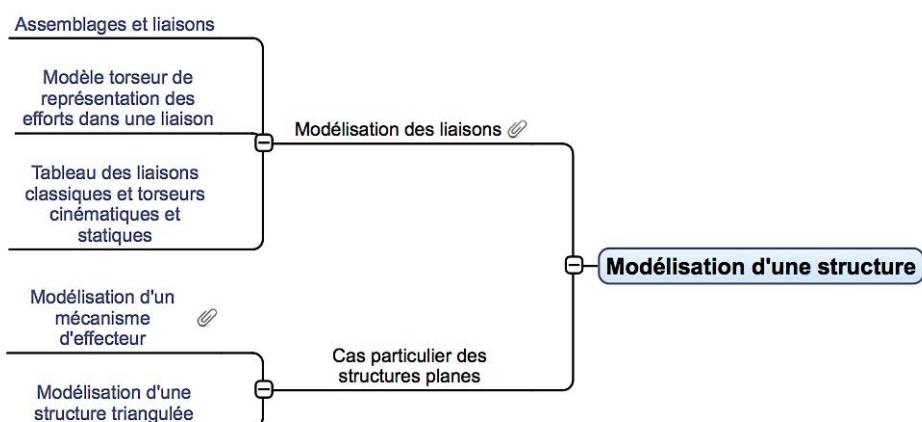
Même si elles respectent les mêmes critères d'analyse (degrés de mobilité), les liaisons mécaniques des systèmes sont partagées entre les systèmes mécatroniques et les constructions. Il conviendra donc d'aborder les liaisons de façon globale, pour montrer aux élèves qu'à partir de toute solution d'assemblage de deux constituants, il est possible de définir une liaison qui caractérise cet assemblage.

Le lien entre la solution constructive (qui définit les degrés de liberté) et le modèle de liaison retenu est fondamental. Il permet de montrer aux élèves qu'il est possible de retenir des modèles différents d'un même assemblage en fonction de la prise en compte d'un jeu fonctionnel ou d'une déformation élastique d'une pièce.

Les liaisons du système mécanique étant modélisées, le programme prévoit d'aborder l'équilibre statique d'un système en se limitant à l'application du principe fondamental de la statique pour un mécanisme plan, soumis à l'action de 2 ou 3 forces extérieures au maximum et résolu de manière graphique.

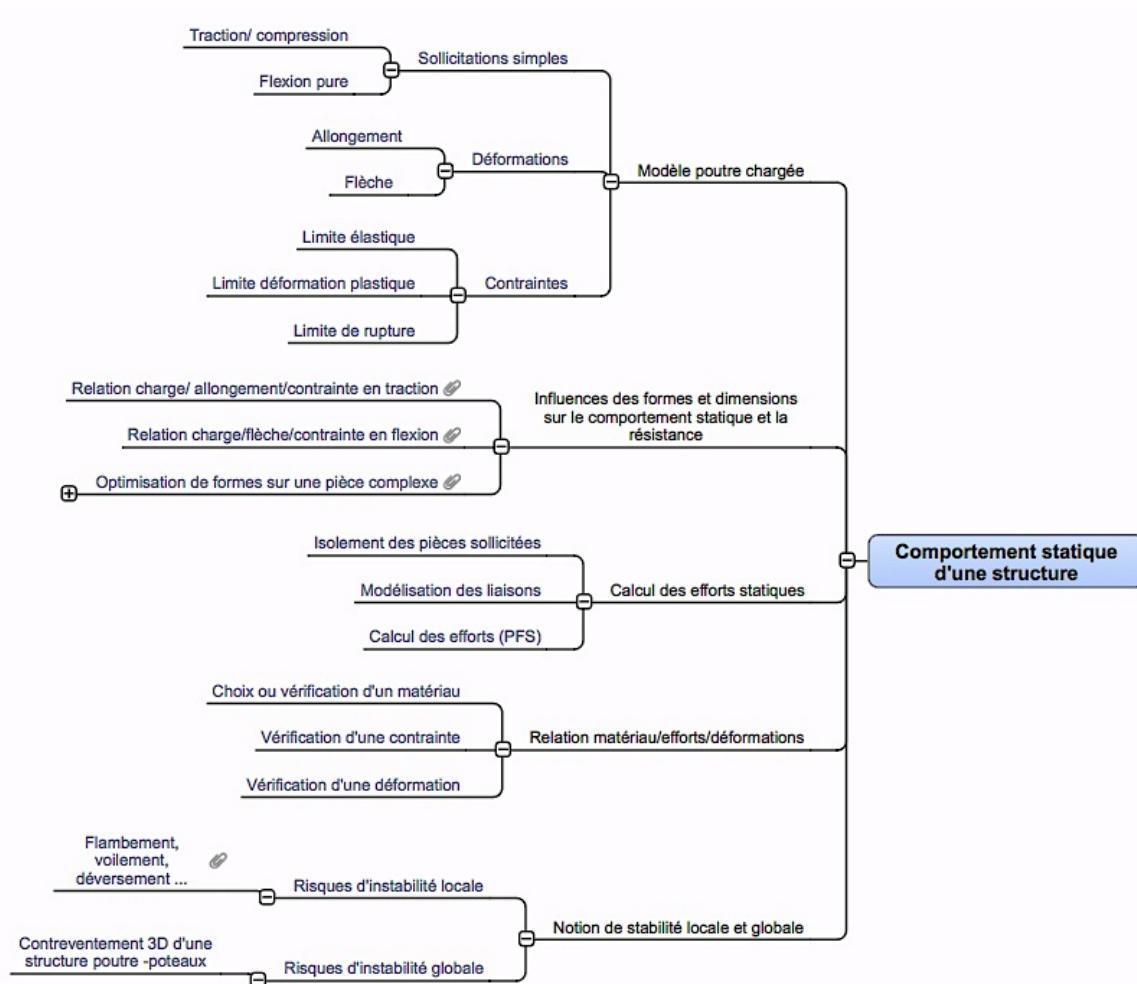
Cette approche permet aux élèves de comprendre les bases de l'équilibre statique des mécanismes sans entrer dans la complexité de résolution des mécanismes complexes. Les systèmes spatiaux soumis à l'action de plusieurs forces seront étudiés par simulation.

Dans ce cas, il faudra privilégier la justification du modèle (choix des liaisons, des charges, par exemple) et des résultats (choix et exploitation des graphes ou des tableaux de résultats).



L'étude statique d'un système ne se justifie que s'il faut vérifier le dimensionnement de certaines pièces sollicitées par rapport au choix d'un matériau constitutif.

On se limitera, dans cette dernière étape, à l'application de la loi de Hooke sur une poutre en traction ou compression simple et pour un matériau donné dont on pourra vérifier la résistance ou le respect d'une limite de déformation cible. Le concept de coefficient de sécurité peut être abordé dans ce cas simple mais la notion de concentration de contrainte n'est pas au programme.



Là encore, les simulations du comportement d'un solide ou d'une structure sous charge complexe peuvent aider à aborder le cas de pièces de forme complexe ne répondant pas aux critères de la théorie des poutres.

La justification de cas de chargement et le choix et l'exploitation de simulations de déformations et d'iso contraintes peuvent être proposés aux élèves lorsqu'ils auront été préalablement mis au point par les enseignants.

L'étude des structures porteuses permet d'aborder les ouvrages et l'habitat, qui intègrent tous une structure de ce type en bois, béton, structure métalliques et structures mixtes. Ces structures se décomposent en superstructures (apparentes) et infrastructures (le plus souvent enterrées et non visibles une fois la construction terminée). Ces structures doivent :

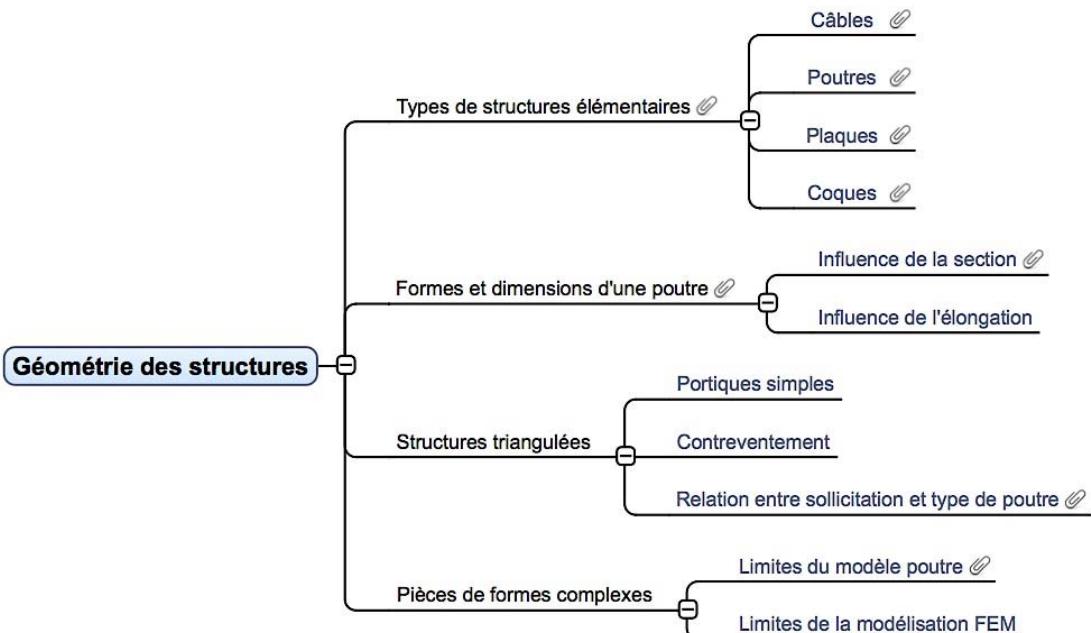
- supporter le poids des espaces créés dans un bâtiment ou les charges associées à un ouvrage ;
- encaisser et acheminer les charges mécaniques subies jusqu'aux points d'ancre au sol par le biais des fondations ;

- résister aux actions de l'environnement aérien (vents, intempéries) et souterrain (poussées du sol, pressions hydrauliques, vibrations sismiques, etc.).

On se limitera à des cas simples, montrant la résistance aux poids propres et le compromis nécessaire entre l'allégement des structures pour limiter la charge, diminuer le coût matériau et les contraintes de confort (acoustique, thermique, sécurité, etc.).

Pour le comportement des structures, on se limitera au transfert des charges verticales et des types de sollicitations associées (flexion, compression, traction, flambage) et au comportement d'une structure sous chargement horizontal (justification d'un contreventement).

On pourra aborder, à l'aide de simulations numériques, les notions de descentes de charges.



Le dimensionnement des structures se limitera à l'étude de cas simples (de type portiques isostatiques) amenant à calculer des dimensions de constituants limitant des déformations locales. Le concept d'hyperstaticité n'est pas au programme et les cas des structures hyperstatiques ne sont abordés que par la simulation numérique.

Domaine de l'énergie

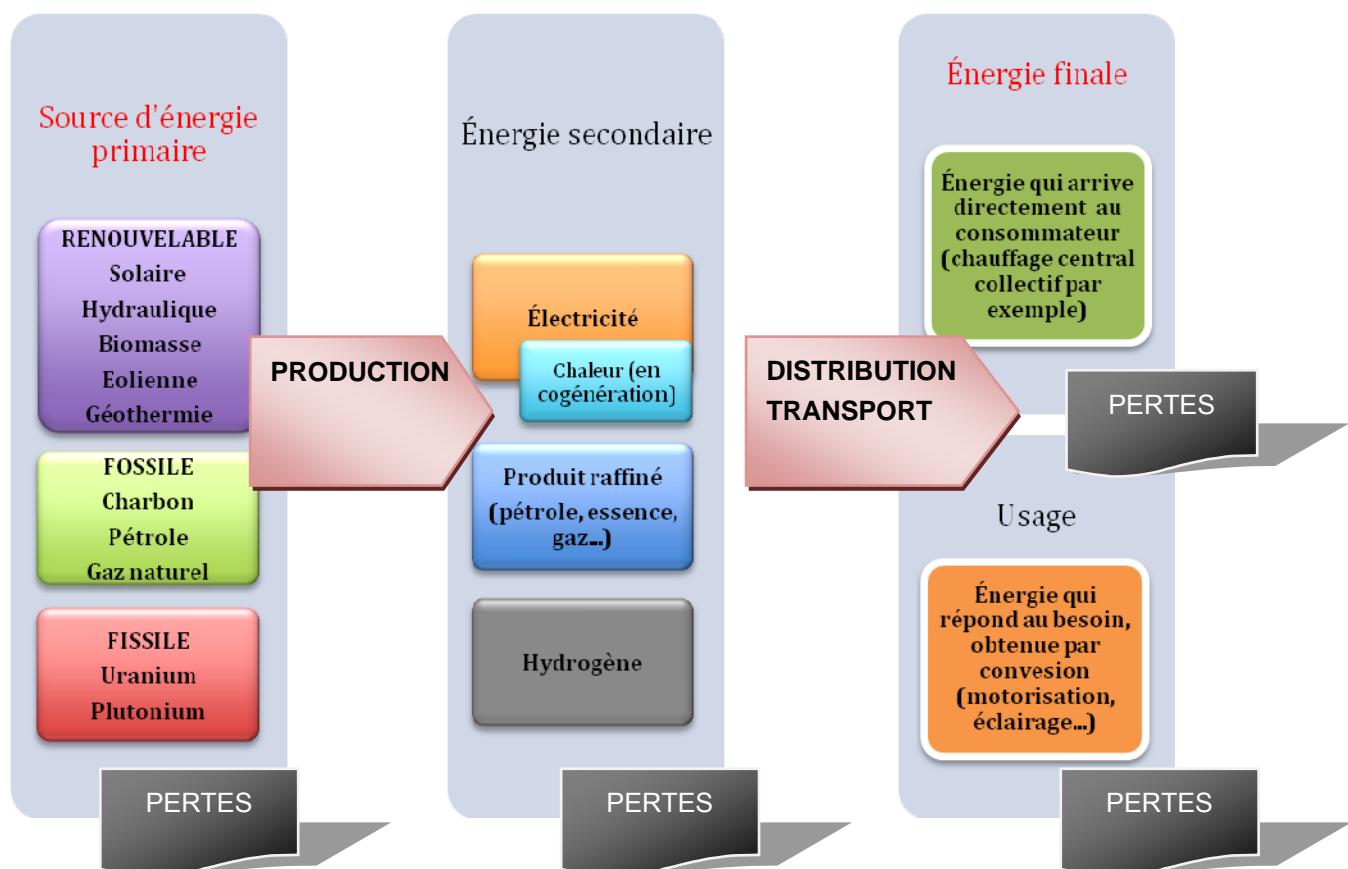
Le **Développement Durable** suppose, entre autre, une utilisation optimale et réfléchie des ressources énergétiques disponibles. Au cours de l'étude de systèmes techniques, un regard critique sera porté sur leur **efficacité énergétique**.

De l'extraction à l'utilisation de l'énergie

Chaîne d'utilisation des énergies

L'énergie peut être mécanique, électrique, thermique, hydraulique, chimique ou nucléaire. On distingue les **sources d'énergies renouvelables et non renouvelables**. Une fois produite, l'énergie est acheminée jusqu'à son utilisation par un **vecteur énergétique** : électricité, fluide caloporteur (eau, air, vapeur).

L'énergie peut être transformée, stockée, transportée. L'agriculture, le résidentiel et le tertiaire, l'industrie sont de gros consommateurs d'énergie.



Dans cette chaîne énergétique, les **pertes** sont présentes à tous niveaux. Un des enjeux essentiels est **d'améliorer le rendement**.

Aussi, plusieurs actions sont possibles :

- améliorer le taux d'extraction des énergies primaires (aujourd'hui, les cadences de puisage imposées nécessitent une injection massive d'eau dans les gisements, le pétrole ainsi extrait est utilisable à 35% à cause du mélange avec l'eau) ;
- améliorer l'efficacité des procédés qui utilisent les énergies secondaires (un moteur électrique possède un rendement autour de 90% alors qu'un moteur thermique avoisine les 45%) mais aussi celle du stockage (le stockage par pompage-turbinage utilisé dans les barrages hydrauliques permet une utilisation de cette énergie pour fournir l'électricité additionnelle lors des pics de consommation) ;

- améliorer l'efficacité dans la consommation (rôle important des normes qui règlementent l'utilisation des appareils ménagers par exemple).

Les vecteurs énergétiques

Depuis sa production vers son utilisation, il est nécessaire de véhiculer l'énergie. Le dihydrogène, mais aussi les fluides thermiques, les ondes magnétiques... sont des **vecteurs énergétiques**.

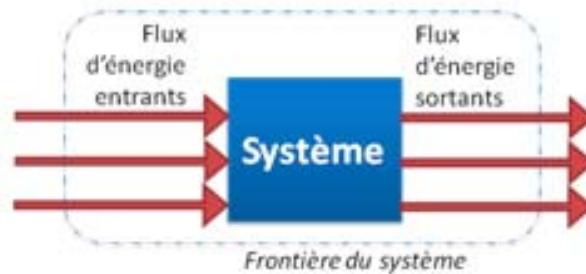
Plus du tiers de l'énergie primaire est convertie en énergie électrique. L'électricité est donc un vecteur énergétique essentiel qui facilite l'exploitation industrielle des sources d'énergie primaire. Elle permet le transport de grandes quantités d'énergie facilement utilisables pour des usages industriels ou domestiques : déplacer une charge, fournir de la lumière et de la chaleur, etc.

Les pics de consommation de plus en plus fréquents, l'introduction des énergies renouvelables et l'intégration dans le réseau de distribution électrique des productions locales, la mise en place de nouveaux modes de stockage complexifient la gestion globale de l'énergie et conduit à développer un réseau intelligent (Smart Grid) ainsi qu'à la mise en place de nouveaux « compteurs » facilitant la gestion active de la demande.

Typologie des systèmes énergétiques

Définition du système énergétique

Un système énergétique est caractérisé par la circulation des flux d'énergie qui le traversent.



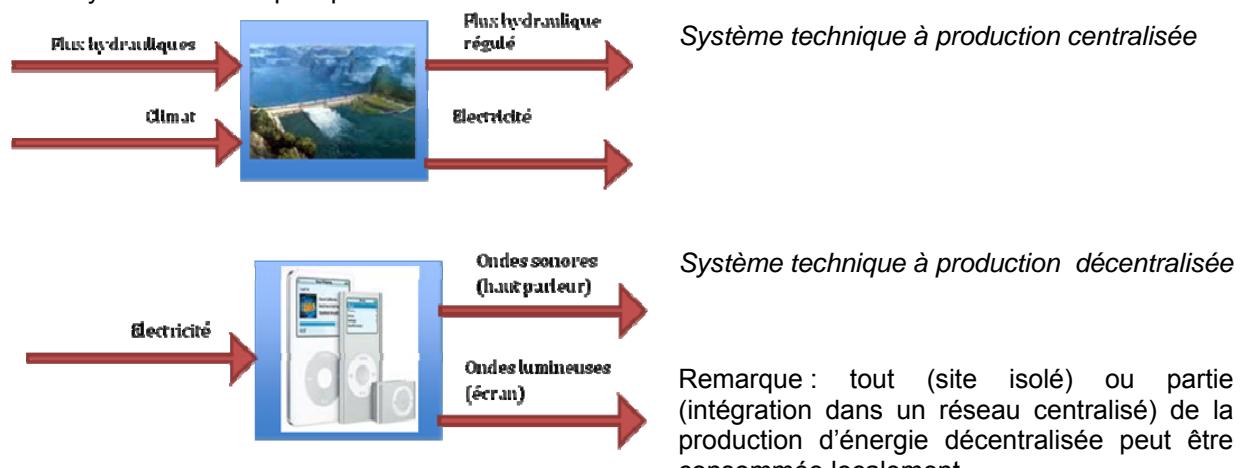
Le système peut être **naturel**. Notre environnement naturel regorge de systèmes énergétiques.

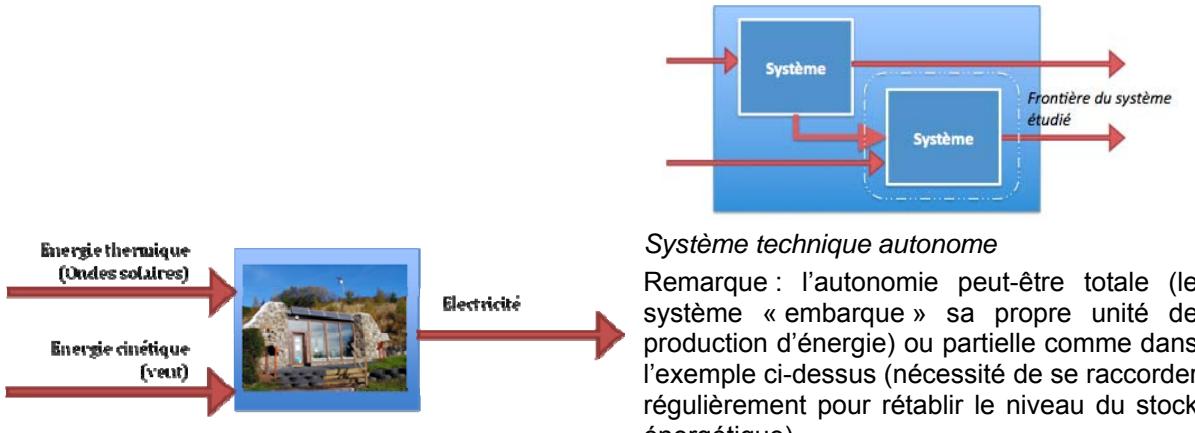
Le corps humain en est le premier exemple (une quantité de calories lui est nécessaire pour fournir un travail). Les volcans, les marées et à plus grande échelle, notre planète sont autant de systèmes naturels.

Fort de ses observations, l'être humain a su créer des systèmes énergétiques reproduisant les flux d'énergie naturels. On parle alors de système **technique**.

Les systèmes techniques

Les systèmes techniques peuvent être classés en 3 familles :





Système technique autonome

Remarque : l'autonomie peut-être totale (le système « embarque » sa propre unité de production d'énergie) ou partielle comme dans l'exemple ci-dessus (nécessité de se raccorder régulièrement pour rétablir le niveau du stock énergétique).

Frontière d'étude des systèmes techniques

Par une approche expérimentale, l'élève de STI2D sera en mesure d'identifier les systèmes selon les flux énergétiques observés. Les **frontières d'étude du système** seront définies au préalable par l'enseignant.

Remarque : les systèmes envisagés permettront d'étudier des principes simples :

- l'énergie électrique « conduite » (pas de magnétisme), le stockage d'énergie (piles, super condensateurs) ;
- l'énergie mécanique abordera les notions de cinématique et de dynamique, avec possibilité de stockage d'énergie (ressort, inertie) ;
- l'énergie thermique sera abordée par une application simple des modes de transferts thermiques conduction/convection/rayonnement (échangeur d'énergie thermique, capteur solaire...), le stockage d'énergie thermique sous forme sensible ou latente ;
- l'énergie hydraulique traitera des fluides incompressibles (eau, huile), avec une présentation simplifiée de la formule de Bernoulli.

Caractéristiques des systèmes techniques

La gestion d'un système dépendant de sa structure, l'élève pourra classer les systèmes selon deux procédés de conversion ou transfert d'énergie : les systèmes mono source et les systèmes multi sources.

Système Mono source :

Un **système mono source** est un système de production d'énergie utilisable à partir d'une seule forme d'énergie primaire ou secondaire.

Les flux d'énergie sont de type chaleur, électricité, travail mécanique :

- panneaux solaires photovoltaïques
- chaudière gaz murale ;
- traction ferroviaire ;
- distribution d'eau sous pression ;
- éclairage domestique.



Un **système mono source à production combinée** est une application particulière : il véhicule ou produit des flux de charge multiple (chaleur et électricité par exemple) à partir d'une seule source d'énergie :

- chaudière électrogène (moteur Stirling) ;
- unité de co-génération par moteur.



Système Multi sources ou Hybride :

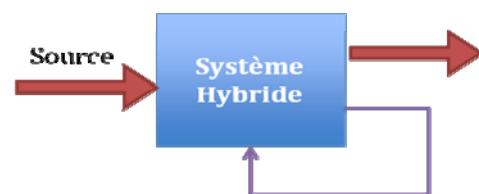
Un **système multi sources** est utilisable à partir de plusieurs sources d'énergie primaire(s) ou secondaire(s). Depuis l'essor des énergies renouvelables, ces systèmes se développent de manière importante :

- système combiné photovoltaïque-éolien en site isolé pour la production d'électricité ;
- pompe à chaleur.



Un **système hybride**, qui est une sous-famille des systèmes multi sources, utilise l'énergie produite par des technologies différentes pour véhiculer ou développer une même forme d'énergie utilisable :

- vélo à assistance électrique ;
- véhicule hybride ;
- chauffe eau solaire Individuel (CESI) avec appoint électrique.



Remarque :

La frontière entre un système multi-source et un système hybride est souvent délicate à cerner. Beaucoup de concepteurs, installateurs et utilisateurs utilisent le terme « hybride » pour un système multi-source.

Fonctions dans les systèmes

Fonctions d'un système global

Comme nous l'avons vu précédemment, l'efficacité énergétique des systèmes passe par une étude approfondie du rendement.

Un usage raisonnable, couplé à une gestion intelligente, permet de limiter les consommations d'énergies excessives, et, éventuellement, de stocker une partie de l'énergie produite en période « creuse » pour la restituer lors des pics. Aujourd'hui le rôle du technicien ou de l'ingénieur est d'apporter des solutions constructives.

Un système global peut se décliner en 3 modèles (des exemples sont donnés en annexe) :

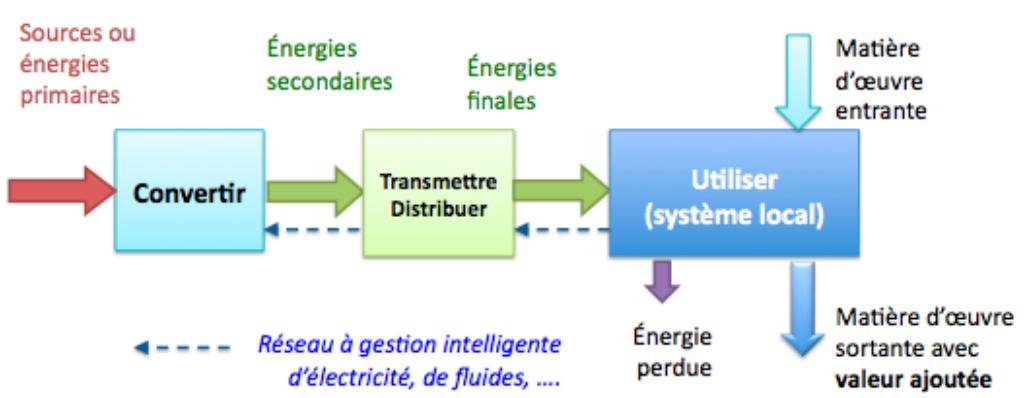


Diagramme fonctionnel d'un système technique à production centralisée (connecté à un réseau d'énergie électrique ou de fluides)

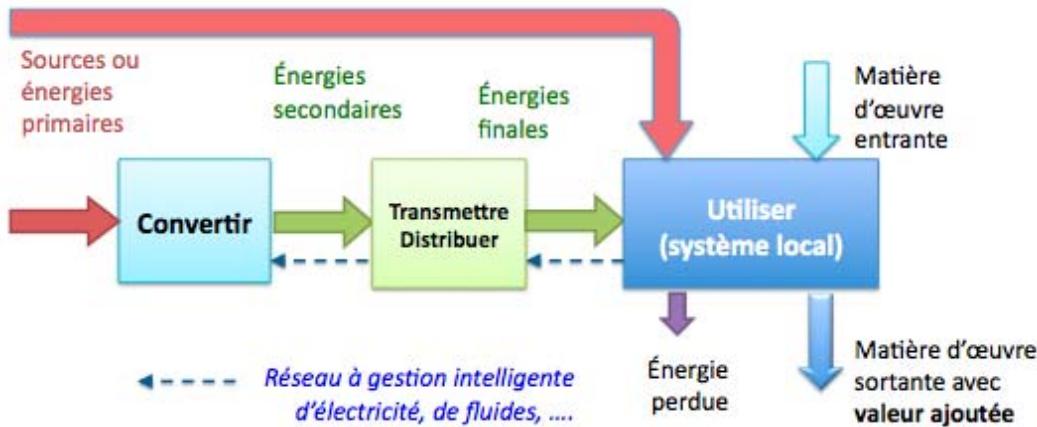


Diagramme fonctionnel d'un système technique à production décentralisée mais semi autonome (partiellement connecté au réseau et/ou directement dépendant d'une source primaire)

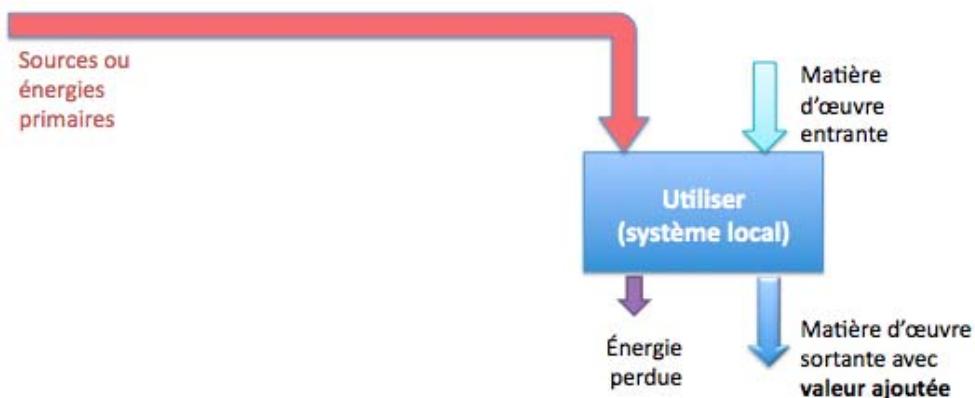
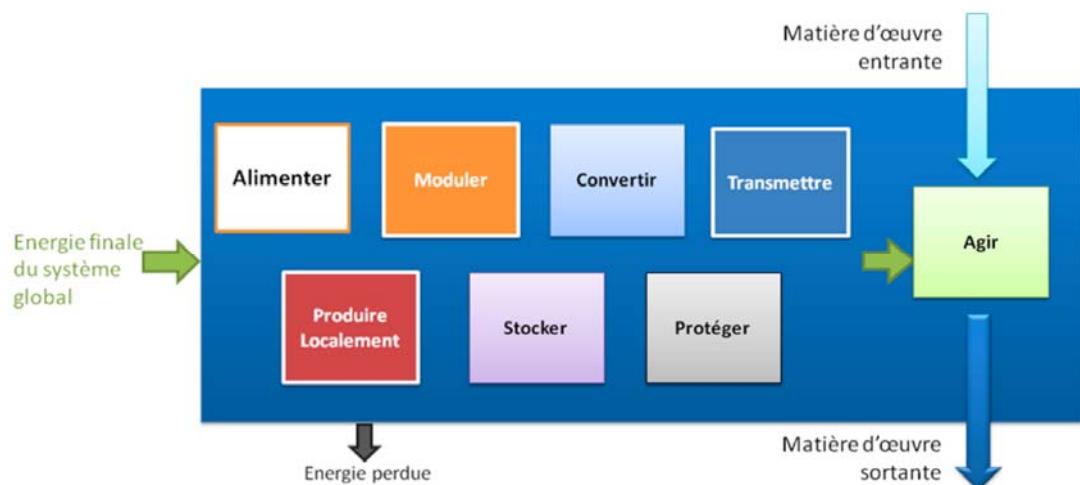


Diagramme fonctionnel d'un système technique autonome (indépendant d'un réseau d'énergie centralisé ou décentralisé).

Fonctions d'un système local

Les pertes les plus importantes sont issues de l'utilisation que l'on fait des énergies finales (une ampoule à incandescence produit par exemple seulement 10% d'énergie lumineuse pour 90% de pertes dissipées sous forme thermique).

L'analyse de la structure interne d'un système local (voir figure ci-après) et la connaissance des technologies de gestion d'énergie permettra de proposer des solutions constructives pour la maîtrise d'énergie.



Remarque : La diversité des systèmes d'aujourd'hui impose de ne plus réduire les fonctionnalités à une simple chaîne d'énergie. Les fonctions définies sur la figure peuvent être présentes tout ou partie, et les flux d'énergie peuvent circuler dans des sens divers (cas de la réversibilité ou du stockage par exemple). Chaque diagramme doit être adapté à la structure du système étudié. Des exemples sont donnés en annexe.

Une gestion efficace se manifeste au travers de l'adaptation de l'énergie à son utilisation :

- pour la mécanique par la structure d'adaptation réducteur / multiplicateur variateur (transmission) ;
- pour l'électrique par les transformateurs et modulateurs d'énergie ;
- pour le thermique par le détendeur (pression) et mitigeur pour la température.

Avant d'aborder la gestion d'énergie et de proposer des solutions constructives pour optimiser les consommations, une étude des composants d'un système local est obligatoire.

Cette étude se fera par l'analyse des flux entrant et sortant sur des maquettes didactiques réelles ou virtuelles si de tels systèmes ne permettent pas l'accès (domaine du bâtiment par exemple).

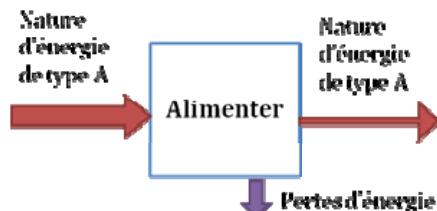
La mise en évidence des pertes d'énergie sera abordée de manière concrète.

On peut distinguer les **fonctions principales** (qui agissent directement dans la chaîne d'énergie) des **fonctions auxiliaires** (qui viennent compléter les fonctions principales).

FONCTIONS PRINCIPALES

Fonction Alimenter

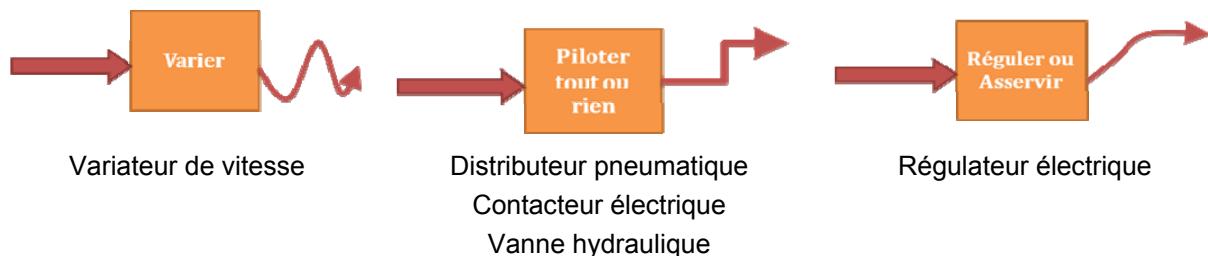
Cas particulier qui décrit une source d'énergie disponible à l'entrée du système isolé, sans tenir compte de la production de cette énergie.



Exemples : transformateur électrique, régulateur pneumatique...

Fonction Moduler

Cette fonction essentielle peut se décliner selon 3 modèles :

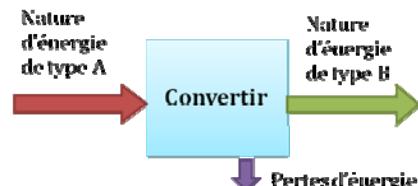


Fonction Convertir

Fonction principale du système qui délivre l'énergie utile.

Exemples : générateur électrique (méca/élec), générateur thermique (élec/thermique), générateur de lumière (élec/lumière)

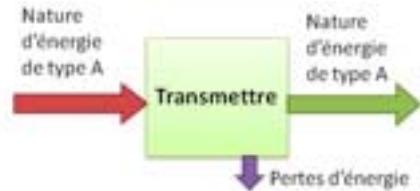
...



Fonction Adapter - Transmettre

Cette fonction permet le transfert et l'adaptation d'une énergie, souvent du convertisseur vers l'effecteur.

Exemples : transmission mécanique (arbres, réducteurs, embrayages, accouplements, etc.), circuits électriques, circuit hydraulique...

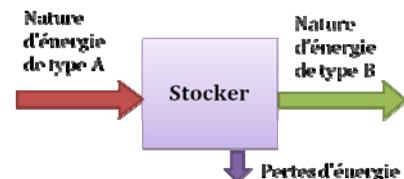


FONCTIONS SECONDAIRES

Fonction Stocker

Cas particulier d'un transformateur qui permet de stocker de l'énergie (en changeant ou non de nature).

Exemples : réservoir hydraulique, supercondensateur, ressort, ballon d'eau chaude...

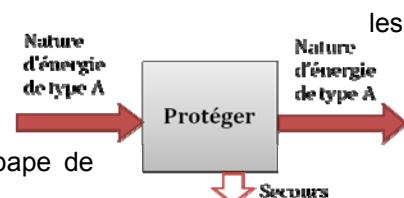


Fonction Protéger

Fonction particulière du système local protégeant les personnes et biens de la dangerosité des énergies par rupture ou dérivation du flux d'énergie.

Cette fonction n'induit généralement pas de pertes.

Exemples : disjoncteur électrique, sectionneur pneumatique, soupape de sécurité...



Fonction Produire Localement

Fonction particulière du système local qui assure une production d'énergie locale pour un système en site isolé ou totalement autonome.

Exemples : unité photovoltaïque sur borne d'éclairage solaire ...



Gestion de l'énergie

Maîtrise de la consommation et efficacité énergétique

Maitrise et usage raisonné

Aujourd'hui, le cadre réglementaire oriente les usages et comportements énergétiques ce qui impose un certain nombre d'améliorations.

Les objectifs visent à optimiser la consommation d'énergie dans les systèmes par :

- gestion des systèmes d'éclairage intérieur et extérieur ;
- intégration de variateurs de vitesse sur les systèmes de pompage et de ventilation ;
- gestion technique centralisée des installations de chauffage, ventilation, climatisation, production d'ECS ou de froid ;
-

L'usage raisonnable passe par la connaissance et la détermination des rendements et des coefficients de performance. Il faut distinguer rendement instantané et le bilan de consommation.

L'usage raisonné de la charge doit donc mettre en évidence la recherche d'un optimum énergétique dans le transfert.

Exemples :

- point de fonctionnement entre circuit hydraulique et pompe (puissance hydraulique de la pompe / pertes de charge dans le circuit) ;
- point de fonctionnement entre panneau solaire, convertisseur et résistance.

Efficacité énergétique

Les normes internationales, directives européennes et décrets nationaux définissent les mesures à prendre dans le cadre de l'amélioration des performances énergétiques (norme NF EN 16001).

L'Efficacité Energétique Passive intègre l'utilisation de produits performants qui tendent à limiter les pertes ou consommer moins d'énergie (l'isolation des bâtiments, l'utilisation d'ampoules basses consommation, d'appareils technologiques économies...)

L'Efficacité Energétique Active propose des solutions pour réduire la facture énergétique (intégration de systèmes de régulation, d'automatismes, de mesure et contrôle...)

Pour apprécier l'efficacité énergétique, il conviendra de distinguer les systèmes mono source, où l'efficacité se traduira par un rendement énergétique (systèmes d'éclairage, VMC...), et les systèmes multi sources, où la recherche de l'efficacité énergétique passe par la recherche d'un compromis entre les optima énergétiques de chaque source prise séparément.

Points de fonctionnement

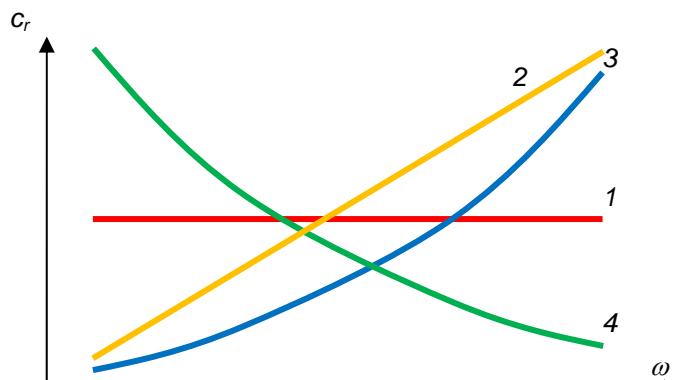
On appelle **charge** un composant qui « consomme » de l'énergie et qui la convertit en une autre forme d'énergie : chaleur, travail, lumière.

Chaque composant possède des caractéristiques propres qui influent sur le comportement énergétique du système dans lequel il est intégré.

Exemple électromécanique :

En **régime permanent**, des charges mécaniques entraînées par un moteur ont des caractéristiques effort-vitesse qui dépendent du type de composant.

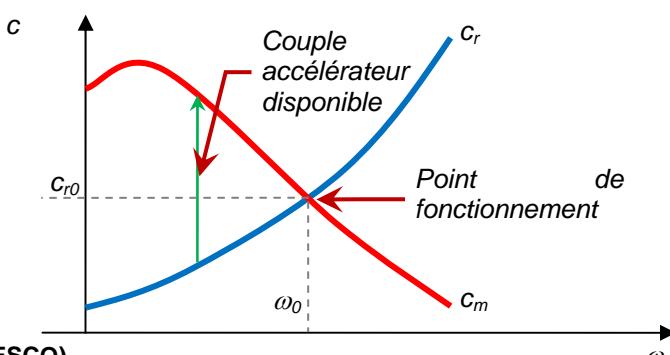
- Couple résistant constant (1) : compresseurs, pompes à pistons, bandes transporteuses, broyeurs concasseurs, levage...
- Couple résistant proportionnel à la vitesse (2) : presses, freins à courants de Foucault, machines-outils...
- Couple résistant proportionnel au carré de la vitesse (3) : pompes et compresseurs centrifuges, ventilateurs, pompes à vis et à hélice, centrifugeuses...
- Couple résistant inversement proportionnel à la vitesse (4) (c'est-à-dire une puissance constante) : bobineuses, tours, dérouleuses à bois...



On peut connaître la vitesse angulaire ω_0 atteinte lorsque le régime permanent est installé en superposant la courbe caractéristique du moteur à celle de la charge mécanique. Ce point caractéristique détermine le point de fonctionnement de l'ensemble moteur / charge.

Pour que l'ensemble de la chaîne d'énergie soit efficace, il est nécessaire que ce point corresponde à un fonctionnement optimal du moteur, un réducteur inséré entre le moteur et la charge pourra permettre cette adaptation.

De plus la charge n'étant pas fixe en général mais variable dans le temps, il faut en permanence rechercher ce point. Cela se fait grâce aux adaptateurs d'énergie ou /et à l'aide de modulateurs pilotés par une chaîne d'information.



Dans tous les cas, c'est un compromis fonctionnement adapté / efficacité / consommation d'énergie qu'il faut trouver.

Notions de régulation et d'asservissement

La modulation de l'énergie nécessite d'aborder les notions d'asservissement et de régulation :

- on parle d'asservissement quand la grandeur de sortie suit une entrée de référence variable (ex : asservissement de position) ;
- on parle de régulation quand la grandeur de sortie s'aligne avec la consigne d'entrée constante (ex : régulation de température).

Ces notions relèvent des mêmes outils de caractérisation et d'analyse et on parlera d'asservissement globalement. Les asservissements seront abordés dans le cadre de l'étude des systèmes, au niveau de leur pilotage. L'expérimentation, la simulation seront privilégiées en évitant les développements mathématiques trop complexes à ce niveau. Le programme porte sur :

- les structures en boucle ouverte et en boucle fermée ;
- les constituants d'une chaîne d'asservissement ;
- les outils de représentations (schéma bloc) ;
- les performances d'un système asservi : stabilité, précision, écart, rapidité, amortissement, temps de réponse ;
- les correcteurs et leur impact (limitation aux actions proportionnelles et intégrales).

Remarque : les limites de stabilité seront observées mais ne feront pas l'objet d'une analyse fréquentielle.

L'objectif est de montrer la nécessité de contrôler la sortie par rapport à l'une des entrées ainsi que l'influence des différents constituants.

L'étude des asservissements peut se traiter sur les systèmes énergétiques définis en amont :

- régulation de température pour le bâtiment ;
- régulation de vitesse sur un système de levage ;
- asservissement de niveau d'eau dans un réservoir (ballon ECS...) ;
- asservissement de position de panneaux photovoltaïques (recherche d'efficacité d'énergie rayonnante) ;
- régulation de débit d'air d'un système de ventilation avec contrôle de qualité d'air ;
- régulation de température d'un CESI.
-

Normes et ressources

Efficacité énergétique d'un système

- NF EN 15900 : Services d'efficacité énergétique.
- NF EN 16001 : Systèmes de management de l'énergie.
- NF ISO 23045 : Conception de l'environnement des bâtiments.
- NF EN 50285 : Efficience énergétique des lampes électriques à usage domestique. Méthodes de mesure.
- NF EN 15316 : Systèmes de chauffage des bâtiments.

Domaine de l'information

Introduction

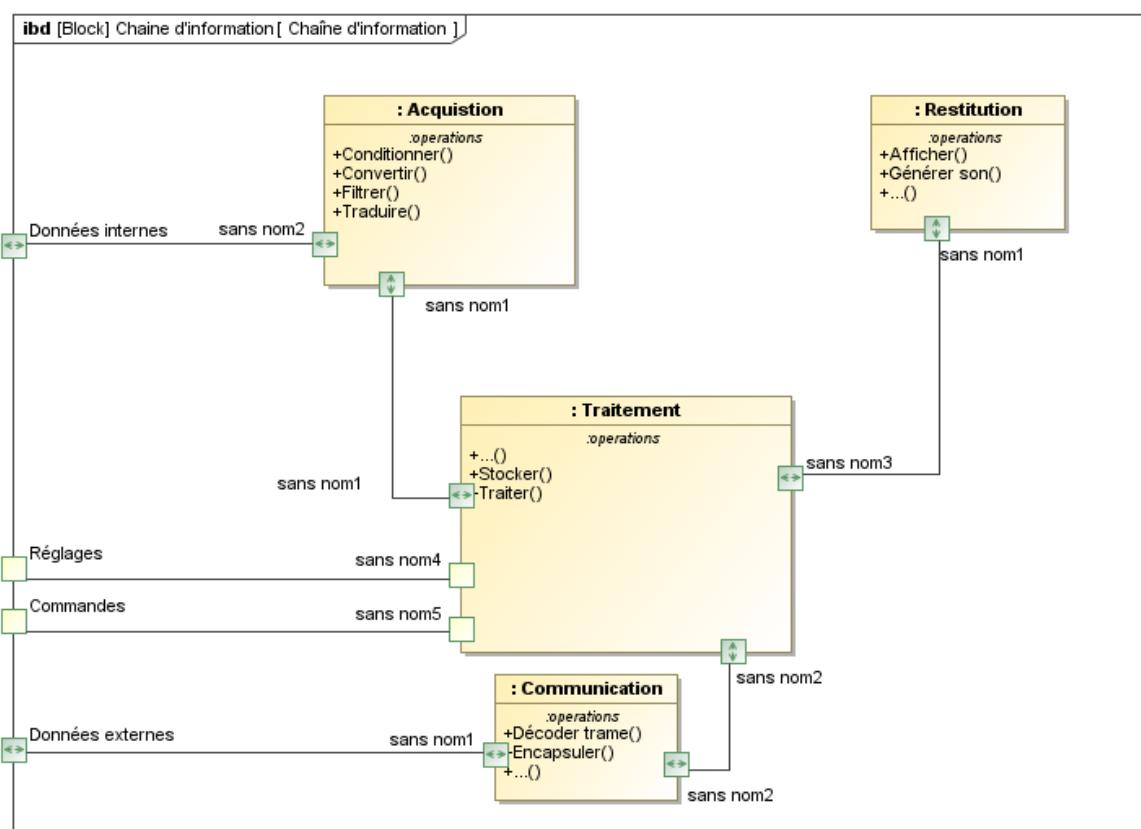
Tous les systèmes pluri techniques actuels intègrent une part grandissante relative au domaine de l'information :

- soit afin d'optimiser leur fonctionnement ou performances par mesures d'éléments liés au contexte par des capteurs, paramétrage et compte rendu de fonctionnement via une IHM (interface homme-machine), automatisation de procédés, ...
- soit parce qu'ils permettent de gérer et restituer des flux de données, notamment VDI (voix, données, images), dans les différents systèmes d'informations mis à la disposition des usagers : réseau de télécommunication, de télévision, accès et partage d'informations ou d'applications sur des réseaux locaux ou distants, etc.

Le programme traite de ces différentes formes et usages de l'information :

- de son support physique, souvent un signal électrique ou optique ; c'est le domaine de l'analogique ;
- de sa conversion sous forme numérique pour faciliter les traitements logiques ;
- de l'identification à des variables complexes et du traitement informatique ;
- de son acheminement via les réseaux et leurs protocoles.

Exemple en description SysML de décomposition du bloc lié à l'information utilisée en interne au système ou pour de la communication externe :



De façon générique, les structures et opérations présentées constitueront la majorité des chaînes d'information rencontrées dans les systèmes en étude.

Des adaptations pourront être faites notamment à partir de la proposition d'opérations ou de liaisons particulières, en fonction de cas spécifiques.

Le modèle proposé ici met en évidence les différents éléments concernés par l'information : les flux qui transitent entre les blocs en subissant à chaque traversée de bloc les opérations qu'il contient, des éléments de commande qui vont déclencher des opérations spécifiques en fonction de l'état de ces entrées.

On voit ici tout l'intérêt de la modélisation SysML qui permet de traduire sur un même diagramme, la structure d'une chaîne d'information à partir des blocs, la façon dont ils sont reliés entre eux ou vers l'extérieur, le comportement attendu à travers les opérations ou fonctions réalisées. La présentation du comportement peut être complétée par des diagrammes documentant le fonctionnement séquentiel et/ou logique.

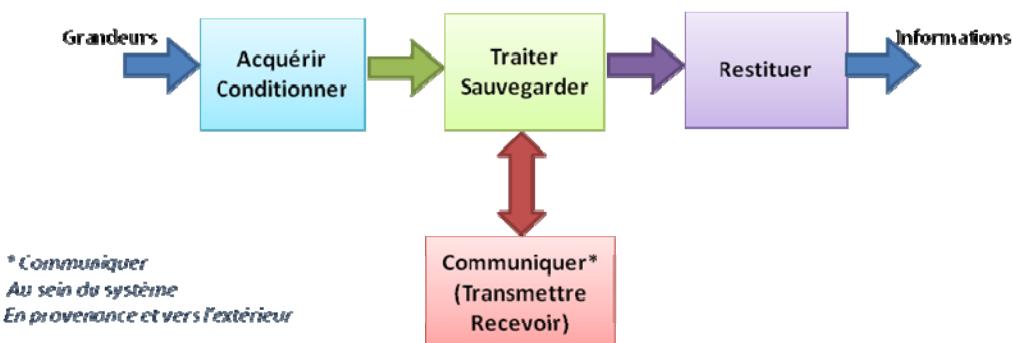
Parce qu'elle utilise un langage qui se veut être le plus complet et précis possible, cette modélisation peut être complexe à manipuler et il conviendra donc de proposer des études progressives tout au long du cycle de formation STI2D.

Aussi peut-on simplifier l'approche en se limitant à une représentation qui ne fait intervenir que les opérations réalisées sur les flux d'informations ou données de pilotage.

Cette « modélisation » limitée, déjà utilisée par ailleurs dans différents niveaux de formation, est utile à la compréhension de l'enchaînement des fonctions mais ne pourra seule suffire à représenter précisément la réalité du système et des choix technologiques effectués.

Approche fonctionnelle de la chaîne d'information.

La décomposition proposée dans l'IBD du précédent paragraphe relatif à la constitution de la chaîne d'information met en évidence une suite possible d'opérations qui sont présentées ici sous un point de vue purement fonctionnel :



Ce schéma laisse apparaître une organisation avec une seule chaîne d'Acquisition – Traitement – Restitution. Il peut cependant être dupliqué en partie ou en totalité dans le cas d'architectures plus complexes : multiplicité indiquée dans le Block Definition Diagram (BDD) système MEI.

La **fondation Communiquer** peut faire correspondre le système avec l'environnement extérieur ou lier différents sous-ensembles internes (adaptation de l'IBD et de la chaîne fonctionnelle associée). Elle intègre donc de façon générale, le cas de communications au sein même du système (par bus de terrain) et le cas de communications réalisées avec des éléments de l'environnement extérieur (Internet par exemple).

Dans ce dernier cas, les limites du système deviennent plus difficiles à définir. Nous emploierons alors la notion de système global en lieu et place de système local, terme utilisé dans la classification des systèmes quand les communications font apparaître uniquement un réseau interne.

La fonction **Traiter** est incontournable dans les systèmes numériques ou informatiques actuels. Elle apparaît au centre des échanges et traitements. L'approche des autres fonctions devra donc être réalisée en permanence en relation avec cette dernière.

Le présent document a pris le parti de regrouper les différents éléments du programme dans de grands ensembles qui peuvent être mis en relation avec tout ou partie du schéma fonctionnel présenté ci-dessus. Ces regroupements de connaissances peuvent servir de guide pour présenter différents aspects des fonctions de la chaîne d'information. Ils complètent les préconisations et limites précisées dans le programme. Ils proposent des scénarii d'activités qui pourront être menés sur les supports disponibles dans le laboratoire.

Il est bien évident que chaque aspect de la chaîne d'information et de ses structures ou fonctions, doit être abordé progressivement.

Le choix judicieux des supports de formation, systèmes ou outils de caractérisation doit permettre de concevoir les différentes situations nécessaires à la mise en œuvre du programme sur les deux années de formation.

Une attention particulière doit être apportée à la construction de la progression destinée à l'enseignement transversal en tenant compte des enseignements de spécialité, et plus particulièrement SIN pour la chaîne d'information.

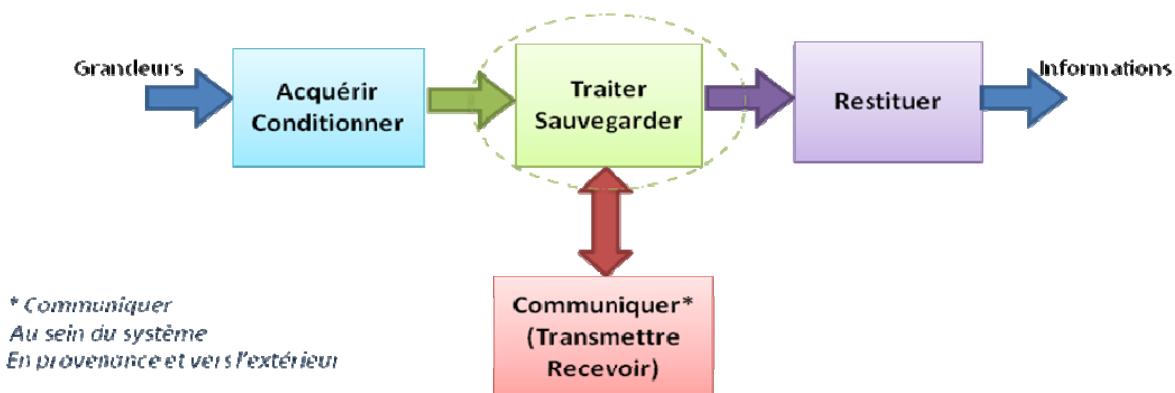
Les apprentissages liés aux principales fonctions d'une chaîne d'information

Fonction Traiter

La fonction **Traiter** est une des fonctions incontournables de tous les systèmes pluritechniques. Son développement ou implémentation a permis de réaliser des gains significatifs en termes de performances et fonctionnalités des systèmes. Les technologies utilisées aujourd'hui toujours plus complexes (type et nombres de processeurs ou mémoires, organisation des traitements séquentiels et/ou parallèles, disponibilité de fonctions d'E/S évoluées, etc.) permettent une intégration facilitée, une réduction des coûts. Par contre, l'augmentation des performances fonctionnelles ou temporelles doit être confrontée à l'augmentation des consommations énergétiques, même si des améliorations sensibles sont aujourd'hui réalisées.

Le développement de la chaîne d'information au sein des systèmes, est source d'innovations faisant évoluer nombre de solutions issues d'autres champs disciplinaires.

La fonction **Traiter** regroupe des éléments très variés, allant de la prise en compte de deux informations à l'aide d'un simple opérateur logique jusqu'aux programmes les plus complexes développés à partir d'une approche orientée objet et nécessitant un microprocesseur de dernière génération fonctionnant sous un système d'exploitation temps réel.



Les structures et fonctions associées permettent le séquencement du traitement (horloge), la réalisation d'opérations élémentaires sur les données (MPU), la mémorisation des traitements souhaités et des variables (différents types de mémoires), les transferts synchronisés des données (bus et adressage).

Il est à noter que l'étude des différentes fonctions de la chaîne d'information se fera toujours en relation avec la fonction **Traiter**. Cette relation implicite sera indiquée ultérieurement par l'encadrement en pointillé des autres fonctions étudiées.

En fonction de la progression prévue par le professeur, les différentes approches de la fonction **Traiter** seront à installer tout au long de la formation, en utilisant au mieux les illustrations que peuvent apporter les systèmes dans la présentation de solutions réelles ou virtuelles, et les outils d'édition et simulation.

Ces situations permettent de développer les compétences attendues en ciblant les différentes connaissances du programme (paragraphes 2-1-2, 2-2-2, 2-3-6,3-1-4).

| Éléments de connaissance abordés | Préconisation | Exemple de situation de formation |
|--|--|--|
| Codage Traitemen t de l'information numérisée | L'analyse du comportement attendu d'un système et des fonctions de gestion associées permet de définir le besoin en termes de représentation, traitement et stockage de l'information. | Identifier l'organisation fonctionnelle et structurelle de la chaîne d'information. |
| | Pour la représentation de l'information, on se limite aux représentations de type bit, octet ou mot. | Identifier les informations traitées ou échangées au sein d'un système. Par la mise en œuvre de tout ou partie d'un système, la mesure, établir le lien entre le réel et les modèles. Caractériser des signaux et information dans leur forme électrique, temporelle et logique. |
| Traitemen t programmé | <i>Pour la représentation des caractères, on se limite à la représentation ASCII. L'Unicode peut être abordé en enseignement de spécialité.</i> | Analyser et mettre en œuvre la gestion d'entrées-sorties du système au regard de cas d'utilisation et de leur documentation par un diagramme de séquence ou d'activité. |
| Systèmes événementiels | Pour l'approche des systèmes séquentiels, seule la description par diagramme d'états-transitions est attendue. Les fonctions spécialisées peuvent être abordées dans le cadre de l'enseignement de spécialité en vue de la programmation d'un EPLD. | Représenter et simuler un traitement séquentiel. Implémentation de diagrammes états-transition à partir d'outils graphiques. On rappelle que le grafcet n'est plus utilisé. |

| | | |
|----------------------------|--|---|
| | <p>La compression des données est abordée à travers le stockage et le transfert d'une information de type texte, son ou image (vidéo). Elle se limite à une approche liée sur la nécessité de compresser en relation avec la capacité de stockage ou la capacité de transmission du support et insiste sur les notions de compression avec et sans dégradation sans faire appel aux outils mathématiques associés à ces notions. A cette occasion, certain type de formats de fichiers peuvent être présentés (WAV, MP3,...)</p> | |
| Programmation objet | <p>La programmation objet se limite à l'utilisation d'objets possédant une représentation visuelle et donc une interface facilement identifiable. Les notions de classes virtuelles et de polymorphisme sont hors programme.</p> <p>L'objectif étant de montrer la constitution d'un objet à travers notamment les méthodes et variables internes, leurs réutilisations, et l'intérêt de la programmation objet pour un projet « complexe ».</p> | <p>Analyser et modifier le programme lié à un comportement d'un système réel ou virtuel.</p> <p>Mettre en œuvre des outils graphiques pour l'édition/instanciation d'objets, la programmation associée à un simulateur.</p> |

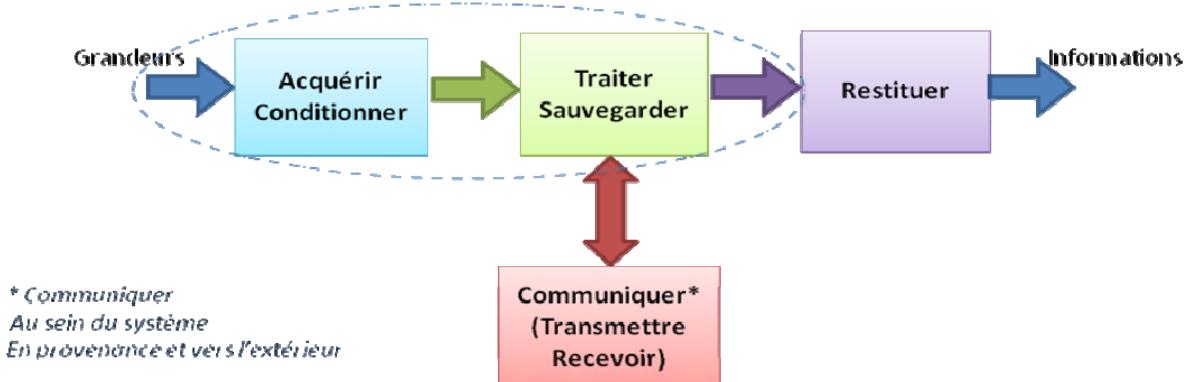
Fonctions Acquérir et Conditionner

Pour les fonctions **Acquérir et Conditionner**, le flux d'information est considéré initialement comme un flux à caractère analogique. Les grandeurs sont des grandeurs analogiques issues de capteurs dont le principe de fonctionnement peut être étudié en physique. Le signal utile est généralement de faible amplitude et peut être entaché de bruits. Il convient alors de le conditionner, c'est-à-dire de le rendre apte à être transformé en information numérique. Le conditionnement fait généralement appel à des notions de traitement du signal par amplification et par filtrage.

La dernière phase qui transforme l'information analogique en information numérique se nomme la phase de numérisation. À sa suite, l'information issue du capteur est alors prête à être stockée et traitée.

Si le traitement analogique de l'information est « asynchrone », il n'en est pas de même de la numérisation et du stockage. En conséquence, l'analyse complète de la fonction **Acquérir** nécessite la mise en œuvre d'une unité de traitement.

Les paragraphes **2.1.2, 2.3.6, 3.1.4, 3.2.3** indiquent les connaissances à aborder autour de cette fonction



| Éléments de connaissance abordés | Préconisation | Exemple de situation de formation |
|---|---|--|
| Acquisition Conditionnement - Filtrage | <p>- La fonction filtrage est abordée uniquement à travers la nature du traitement effectué (passe-haut, bas, bande, réjection). Les caractéristiques du filtre sont données par un gabarit. La vérification de la performance du filtre est réalisée soit par simulation soit par mesurage.</p> <p>L'étude des procédés de conversion numérique – analogique et analogique numérique relève de l'enseignement de spécialité, cependant il est nécessaire de préciser en enseignement transversal les critères de choix (durée de conversion, nombre de bits) d'un convertisseur en fonction du type d'information à convertir et de la précision souhaitée.</p> <p>Pour la fonction blocage, seul le bloqueur d'ordre 0 est abordé. L'approche se limite à la présentation de la nécessité de stabiliser l'information à convertir pendant la phase de conversion.</p> <p>L'aspect mathématique des distorsions du spectre induites par la fonction blocage n'est pas abordé.</p> <p>Il sera important de montrer qu'à partir de la numérisation, l'information est discrétisée/échantillonnée ce qui a des conséquences sur la qualité de sa représentation et nécessitera des précautions et traitement spécifiques.</p> | <p>L'acquisition d'informations est abordée à travers l'analyse et la mise en œuvre de chaînes d'acquisition de systèmes comportant différents types de capteurs : détecteurs TOR, mesure de grandeurs physiques, acquisition son ou image.</p> <p>Le suivi du signal par mesure et/ou simulation permet d'identifier et caractériser les éléments associés au conditionnement du signal issu du capteur via des procédés analogiques élémentaires (amplification/filtrage) avant l'étape de numérisation.</p> <p>L'émulation de la fonction traitement permet la commande de la numérisation.</p> <p>L'utilisation d'un oscilloscope « mixte » associant mesures analogique et représentation logique facilite la compréhension de l'approche séquentielle de l'acquisition et d'en mesurer certaines performances.</p> <p>Des outils de simulations permettent aussi d'appréhender les traitements et l'évolution des différentes grandeurs.</p> <p>L'utilisation d'une chaîne d'instrumentation virtuelle permet d'associer l'étude des composants d'acquisition et le traitement de l'information.</p> |

Fonction Restituer

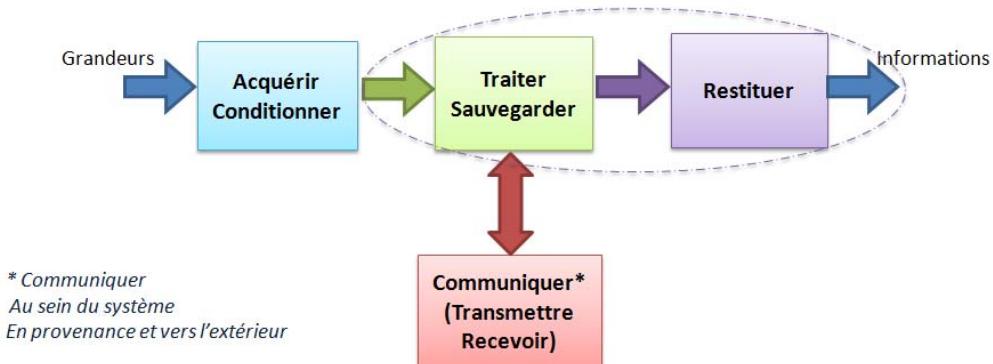
Pour la fonction **Restituer**, il est à noter que le flux d'information à restituer peut être de deux natures différentes :

- d'une part la restitution d'une information peut se faire à partir de la production d'une grandeur analogique par exemple via la commande d'un dispositif de signalisation, la production d'un son.
- d'autre part cette restitution peut rester entièrement numérique dans le cadre, par exemple, d'une information à destination d'un écran de visualisation de type LCD.

Dans le premier cas, l'opération inverse à la numérisation doit avoir lieu. On parle alors de conversion numérique analogique, c'est-à-dire du passage d'une grandeur échantillonnée à une grandeur continue. Cette étape de conversion peut être suivie d'une phase d'adaptation de la grandeur en vue de son utilisation.

Dans l'autre cas, la restitution de l'information est réalisée à partir d'informations exclusivement numériques. La fonction **Traiter** (en relation ou non avec la fonction **Communiquer**) présente des données directement exploitables par la fonction **Restituer** par le biais d'éléments standardisés.

L'interface de restitution embarque dans ce cas, sa propre intelligence, qui est capable d'interpréter des informations de commande ou des messages.



| Éléments de connaissance abordés | Préconisation | Exemple de situation de formation |
|---|---|--|
| Restitution 2.1.2 +3.2.3 | <p>La fonction restitution permet d'aborder la conversion numérique analogique avec les mêmes limites que celles proposées lors de la conversion d'un signal analogique. Les principes de conversion relèvent de l'enseignement de spécialité alors que les critères de choix du convertisseur sont abordés en enseignement transversal.</p> <p>La fonction blocage (par bloqueur d'ordre 0) est abordée pour mettre en avant les distorsions dans l'information restituée.</p> <p>Le suivi du signal par mesure et/ou simulation doit permettre de caractériser les éléments associés à cette phase de restitution.</p> <p>Le suivi des données numériques peut se faire par un mesurage adapté.</p> | <p>L'analyse et la caractérisation de la fonction restitution s'appuient sur les systèmes pertinents du laboratoire. Elle met en œuvre outre les composants réels, des appareils de mesure et des outils de simulation.</p> <p>La restitution d'informations analogiques peut être abordée dans le cadre de l'élaboration d'une grandeur physique de type sonore par exemple, ou d'une commande destinée à un préactionneur.</p> <p>La restitution d'informations numériques vers un sous ensemble numérique peut être abordée lors des phases de paramétrages des fonctions spécialisées réalisant ce traitement (fonctions de gestion d'un afficheur LCD par exemple). On se limite aux types de données énoncés précédemment.</p> |

Fonction Communiquer

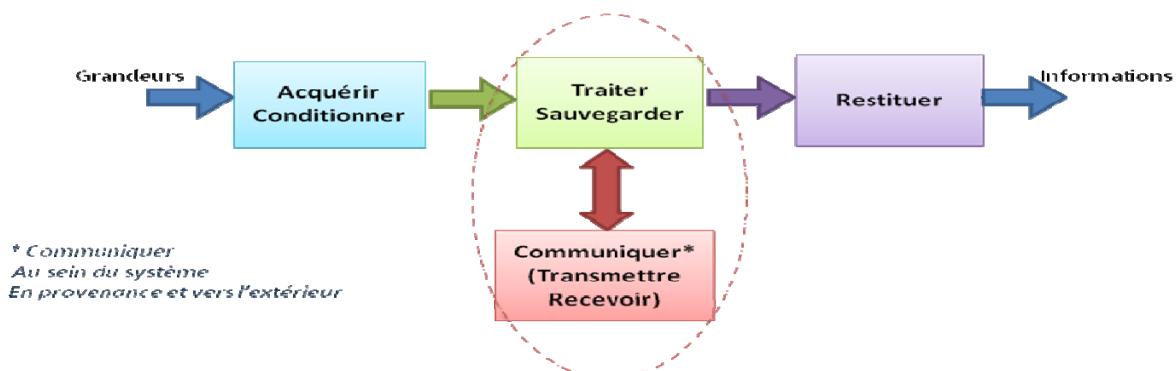
Grace à l'apparition et au développement des réseaux en général et du réseau Internet en particulier, la fonction **Communiquer** est devenue une fonction essentielle dans les systèmes pluritechniques actuels. Elle a permis de rendre ces derniers totalement communicants, facilitant l'échange des données, le diagnostic ou la prise de commande à distance. Dans certains cas, l'autonomie est complétée par des phases de mise à jour : vérification de versions et téléchargement de mises à jour.

Pour cette fonction, le flux d'informations sera considéré comme uniquement numérique.

Il est à noter que plusieurs niveaux d'analyse peuvent être associés à cette fonction de la chaîne d'information.

Au niveau de l'unité de traitement et dans le cas de certains bus ou réseau de terrain, tout ou partie de la fonction **Communiquer** est souvent associée à un microprocesseur ou directement intégrée dans un microcontrôleur qui réalise par ailleurs l'essentiel de la fonction **Traiter**. La frontière physique peut ainsi devenir difficile à établir. Si l'on souhaite néanmoins dissocier « physiquement » ces fonctions, il convient alors de prendre en compte les schémas structurels ou l'architecture du microcontrôleur intégrant ces deux fonctions.

Sur un point de vue plus « macroscopique » de la chaîne d'information, la fonction **Communiquer** intègre les périphériques permettant de relier en toute sécurité le système au réseau de communication de haut niveau de type internet par exemple.



| Éléments de connaissance abordés | Préconisation | Exemple de situation de formation |
|---|---|---|
| Transcodage / Transmission des informations Encapsulation/sécurité 3.1.4+3.2.4 | <p>Le transcodage des informations est abordé lors des opérations de transformation de l'information binaire en information adaptée au support de communication et inversement. On se limite aux codages de type NRZ et NRZI.</p> <p>La transmission des informations entre équipements sur un bus ou réseau doit permettre d'aborder les notions d'architecture matérielle et de protocoles.</p> <p>Les concepts d'adresses physique et logique seront développés. Dans le cas du protocole IP, il convient de montrer au travers de logiciels d'analyse de réseau, la relation entre adresse physique et adresse logique (protocole ARP - who has).</p> <p>Le processus d'encapsulation est abordé à travers la caractérisation des protocoles de transmission des flux d'information, l'analyse des trames ainsi que par le passage des différentes couches du modèle associé à un réseau. S'il se limite au modèle OSI, des exemples associés à la pile TCP/IP peuvent être présentés.</p> <p>La prise en compte de la raréfaction des adresses IP disponibles est l'occasion d'introduire les notions de NAT (Network Adress Translation) et PAT (Port Adress Translation).</p> <p>La mise en évidence de la redondance des informations liées à la sécurité se limite à la présentation des bits de parité et à une approche de la notion de CRC sans faire appel en détail aux outils mathématiques associés à cette notion.</p> | <p>L'analyse et la caractérisation de la fonction Communiquer s'appuie sur les systèmes du laboratoire comportant différents types de bus (I2C) ou réseaux (CAN, Ethernet...). Le standard qu'est devenu le la pile TCP/IP permet d'aborder les protocoles requis au niveau de l'enseignement transversal.</p> <p>Des situations de formations proposées permettent d'analyser, configurer la communication entre composants reliés par des bus informatiques (I2C) ou de terrain (CAN, ...).</p> <p>D'autres situations de formation permettront d'analyser, configurer des communications via des réseaux de type ethernet : gestion et paramétrage d'un nœud de réseau.</p> <p>L'utilisation de commandes liées aux protocoles (arp –a, ipconfig, ...) permet d'appréhender les notions d'adressages.</p> <p>L'utilisation d'outil d'analyse de trame, permettent de visualiser l'encapsulation des données associés aux protocoles.</p> |

✖ L'enseignement de technologie en langue vivante 1

Le programme STI2D prévoit un enseignement de deux langues vivantes dans les enseignements obligatoires correspondant à un horaire globalisé de 3 heures. Le programme de cet enseignement s'inscrit dans la continuité des programmes du collège et de la classe de seconde et reprend les grands principes et orientations du programme du cycle terminal de la voie générale. Il respecte la référence commune à toutes les langues qu'est le Cadre européen commun de référence pour les langues du Conseil de l'Europe (CECRL).

En complément de cet enseignement de tronc commun, l'article 6 de l'arrêté du 29 mai 2010 prévoit un enseignement technologique en langue étrangère (dans la langue vivante 1) : « l'enseignement technologique en langue vivante 1 est de 36 heures annuelles, soit en moyenne une heure hebdomadaire ».

Cet enseignement technologique est pris en charge conjointement par deux enseignants : un enseignant de langue et un enseignant de technologie pour les séries STD2A, STI2D et la spécialité Biotechnologies de la série STL.

Il repose entièrement sur le programme de technologie de la série concernée et il fait intervenir des démarches collaboratives et complémentaires entre les deux disciplines ainsi que des modalités pédagogiques variées (présence simultanée ou alternée des professeurs).

L'entrée par la discipline technologique doit enrichir et motiver la communication dans la langue étrangère (lexique technique), les activités proposées aux élèves et les productions, notamment **orales**, qui en découlent n'en seront que plus concrètes et pratiques. Cette approche particulière permettra aux élèves d'être capables d'effectuer des présentations orales en LV1 en utilisant les TIC.

Si les professeurs de disciplines technologiques qui interviennent dans cet enseignement conjoint ne sont pas obligés de maîtriser la langue vivante utilisée comme peuvent le faire les enseignants de langue, il est néanmoins indispensable qu'ils puissent intervenir dans les activités partagées entre l'enseignant de langue vivante et les élèves. Cela correspond à la possibilité de comprendre et d'intervenir dans la langue vivante enseignée comme peuvent le faire des ingénieurs et techniciens dans une entreprise traitant avec des partenaires s'exprimant en langue étrangère. Cela conduit donc à l'acquisition ou le renforcement des compétences linguistiques initiales pour la grande majorité des enseignants de technologie. Cette compétence particulière peut être évaluée et certifiée par l'habilitation à une certification complémentaire à l'enseignement à une langue (cf. note de service n°2004-175 du 19-10-2004 publiée au B.O. n°39 du 28 octobre 2004). Il convient d'encourager chaque professeur susceptible de réussir cette habilitation à s'y préparer et à s'y présenter.

Comme dans l'enseignement de tronc commun, l'enseignement technologique en LV1 doit respecter une approche équilibrée des activités langagières en réception et production, une approche par compétence, le respect des niveaux attendus (B2 pour la LV1) et une visée « actionnelle » (la communication et les apprentissages passent par la réalisation de tâches concrètes).

Les activités de réception correspondent à :

- utiliser la langue vivante étrangère dans le champ de la discipline technologique, ce qui implique la compréhension de documents informatifs, de consignes tant à l'oral qu'à l'écrit (textes, audio, vidéo);
- favoriser des scénarii pédagogiques permettant l'entraînement des élèves autour d'activités de réception les plus concrètes et现实istes possibles.

Exemples d'activités:

- suivre des consignes techniques ;
- comprendre une fiche technique, une notice ;
- respecter un protocole ;
- analyser un compte-rendu d'expérience ;
- lire une note d'information ;

- résumer un texte, document, article présentant un protocole d'analyse, de productions, des résultats d'analyses, des bilans ou étapes de réalisation ;
- comprendre et synthétiser des légendes, articles de presse, textes critiques,...

Les activités de production correspondent à :

- la pratique de l'oral et la structuration de la prise de parole fondamentales dans le contexte technologique;
- la maîtrise de la communication orale pour fluidifier les échanges d'informations, faciliter les démarches collaboratives et favoriser l'acquisition de techniques de présentation. L'utilisation des TIC doit participer également de cet entraînement;
- la pratique écrite sera abordée à la fois dans sa relation à l'oral (prise de notes, etc.) et dans un rôle plus fonctionnel de consignation et de synthèse.

Exemples d'activités à l'oral:

- produire et transmettre des notes d'information ;
- présenter un projet ;
- synthétiser une recherche contextualisée d'informations ;
- rendre compte d'un stage ou d'une visite en entreprise ;
- formuler des hypothèses, comparer, interpréter ;
- démontrer et conclure à partir de notes ou d'un diaporama ;

Exemples d'activités à l'écrit:

- entrer en communication avec un partenaire étranger ;
- rédiger un cahier des charges ;
- produire le dossier d'accompagnement d'un projet ;
- transmettre des informations sur le suivi d'une analyse, d'une production pour traçabilité.

Les activités d'interaction orale

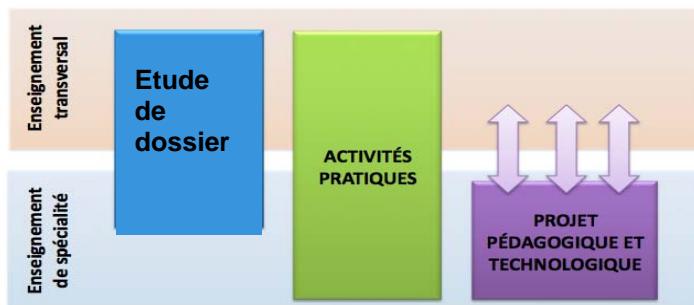
La démarche de projet ancré dans une thématique scientifique ou technologique génère des besoins de communication immédiate et par conséquent de fréquentes situations d'interaction orale.

Exemples d'activités:

- animer des échanges collaboratifs autour d'une étude de cas ;
- argumenter et débattre en vue de la résolution d'un problème scientifique ou technique ;
- questionner, confronter, échanger à partir d'un dossier d'accompagnement d'un projet ;
- communiquer à distance (E-Twinning).

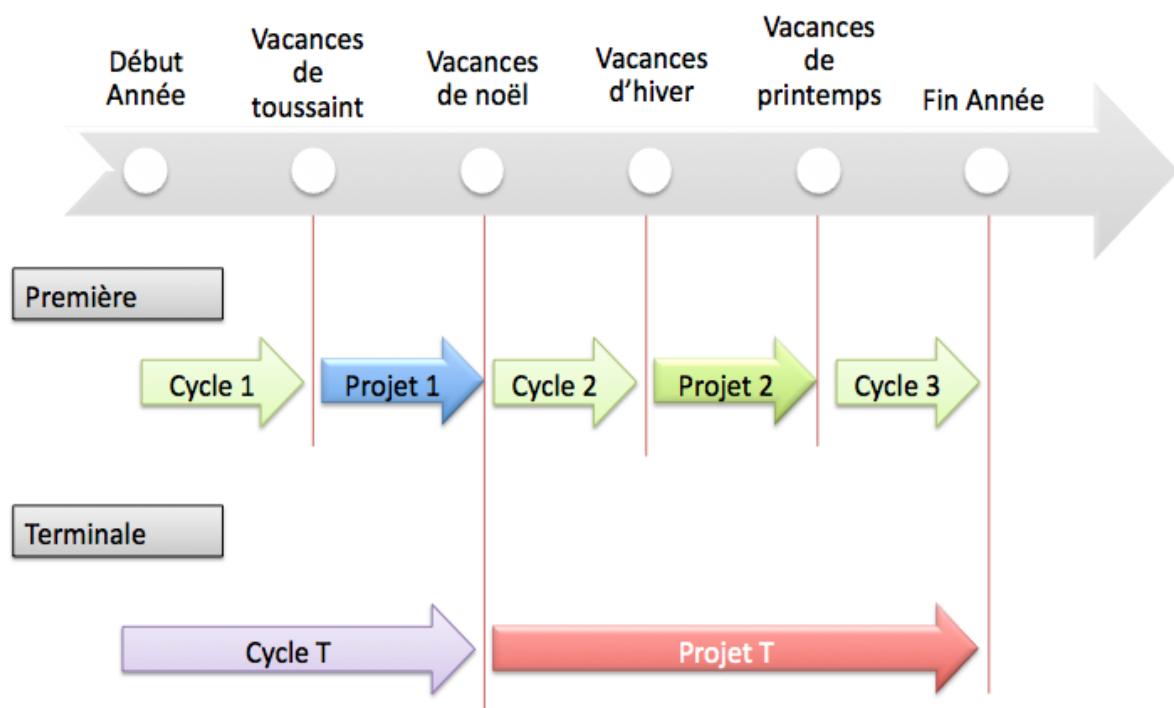
✖ Les enseignements spécifiques de spécialités

Les enseignements spécifiques de spécialités sont organisés autour des mêmes activités que les enseignements transversaux (voir chapitre comment enseigner) avec une place très importante laissée aux projets technologiques de formation ou terminal d'évaluation (d'environ 70 heures). Le règlement de l'examen précise l'encadrement organisationnel et temporel du projet d'évaluation.



La démarche de projet peut et doit être initiée dès la classe de première au travers de courtes séquences visant à préparer l'élève à la démarche de projet, par la proposition de mini projets permettant de vivre plusieurs étapes du projet pour résoudre un problème technique limité ou par des activités pratiques amenant à maîtriser des techniques particulières utiles dans le déroulement global d'un projet. La proposition qui suit constitue un minimum dans l'utilisation de l'activité de projet, elle concerne les heures à effectif réduit qui selon les configurations d'établissements peuvent énormément varier. Une alternance est proposée entre cycles de formation et projets.

projets permettant de vivre plusieurs étapes du projet pour résoudre un problème technique limité ou par des activités pratiques amenant à maîtriser des techniques particulières utiles dans le déroulement global d'un projet. La proposition qui suit constitue un minimum dans l'utilisation de l'activité de projet, elle concerne les heures à effectif réduit qui selon les configurations d'établissements peuvent énormément varier. Une alternance est proposée entre cycles de formation et projets.



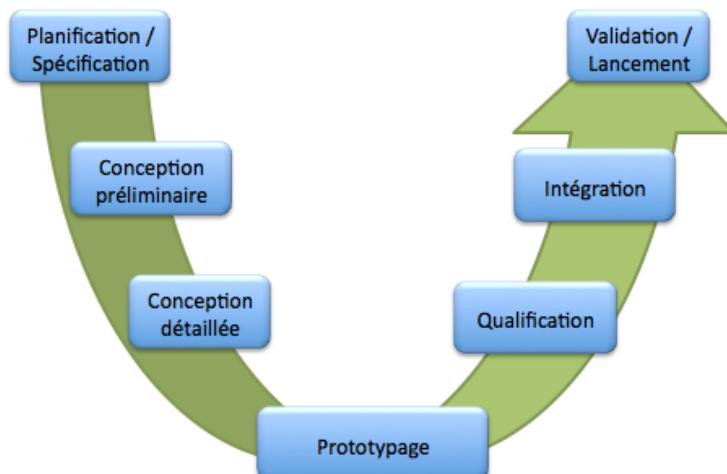
Un cycle de formation peut comprendre :

- étude de dossier technique ;
- activités pratiques ;
- travaux dirigés ;
- cours.

Un projet comprend :

- tâches collectives ;
- tâches individuelles ;
- revues de projet.

Les problématiques techniques traitées doivent s'intégrer dans un contexte de développement durable et les différentes étapes du projet, que l'on retrouve sur le schéma suivant, peuvent s'appuyer sur la norme d'écoconception ISO 14062. Le projet est destiné à immerger les élèves dans un processus de réflexion et de création collectif et motivant. On s'attachera à faire comprendre que le déroulement d'un projet résulte d'une démarche structurée et collective d'analyse, de proposition, de réalisation et de communication.



La réalisation de maquettes ou de prototypes ne doit pas supplanter l'analyse et la réflexion. Une sous-traitance de tout ou partie d'un prototype est envisageable et même souhaitable afin d'éviter toute réalisation chronophage.

Le projet peut également consister à suivre un projet réel en cours, en étudiant le cahier des charges, les variantes possibles, en proposant des solutions et en recherchant des moyens d'évaluer les performances des propositions. On pourra par exemple dans la spécialité AC étudier des variantes de conception architecturale, ou de

plannings établis en fonction de choix de réalisation particuliers (comparer le planning d'un pont poussé à un pont réalisé in situ, celui d'une démolition-reconstruction à celui d'une réhabilitation), en tenant compte des effets induits par les choix sur les performances environnementales du projet.

L'étape de planification / spécification

Cette étape essentielle de début de projet permet de répartir, à partir des exigences du cahier des charges, les tâches collectives et individuelles. Ces tâches peuvent correspondre à des éléments à concevoir ou à des fonctions à satisfaire.

Il est important de fixer le planning prévisionnel du déroulement du projet et d'assigner les tâches à chaque participant. En effet, le travail collaboratif ne peut se faire qu'au travers de tâches individuelles qui permettront aux élèves d'échanger au cours de la conception et des revues de projets.

Chaque groupe d'élèves produit une analyse collective structurée autour d'un thème en relation avec une problématique sociétale telle que la protection ou l'amélioration du cadre de vie, l'optimisation des structures ou des performances énergétiques, la diminution des impacts environnementaux (qui peut servir de point d'entrée au projet).

Un cahier des charges de la production attendue peut-être proposé par le groupe d'élèves et soumis à la discussion et à l'accord de l'enseignant, chargé de veiller à la faisabilité du projet.

La démarche de projet est mise en place et imposée par l'enseignant. Elle inclut obligatoirement l'analyse du cahier des charges et de l'environnement du projet et des revues de projet ponctuant son développement (dont une revue de l'existant inspiré de la notion de veille technologique). La démarche se poursuit par une analyse collective des problématiques soulevées et des solutions technologiques envisageables. L'enseignant veille à la répartition équilibrée des tâches au sein d'un groupe, il impose et anime les revues de projet régulières retenues tout au long du projet.

Les étapes de conception préliminaire et détaillée

Dossier de conception préliminaire

Résultat de l'étude d'avant-projet permettant de dégager les possibilités techniques les mieux adaptées aux besoins. Cette étude s'appuie sur des études préalables (marché, faisabilité, expression du besoin d'un maître d'ouvrage) et aboutit à l'étude d'un avant-projet sommaire permettant de définir une ou des solutions d'ensemble exprimées à l'aide de modèles numériques (maquette virtuelle), croquis et schémas, maquettes...

Dossier de conception détaillée

Résultat de l'étude de conception qui permet de définir dans un dossier de définition l'ensemble des moyens techniques et humains capables de satisfaire les besoins de l'utilisateur et de répondre aux contraintes de l'avant-projet sommaire. L'avant-projet détaillé propose de mettre en œuvre des solutions optimisées et validées techniquement et économiquement, en utilisant les moyens propres de réalisation ou de sous-traitance (optimisation technico-économique des solutions techniques retenues).

Maquettes et prototypes en STI2D

Un prototype est une réalisation qui permet d'obtenir et de vérifier les principales caractéristiques d'un système, même si les solutions techniques utilisées ne sont pas les mêmes que celles qui seront mises en œuvre dans la réalisation industrielle du système.

Le concept de prototypage peut s'appliquer à :

- un système pluri technique complexe, dans ce cas il met en œuvre des solutions prototypées relevant des différents domaines techniques nécessaires à la réalisation du produit (matériaux et structures, énergie et information) ;
- un sous-système particulier d'un système global, défini par un cahier des charges précis, pouvant donner lieu à la réalisation de prototypes dans un domaine technique donné (une structure, une commande de système, une production d'énergie par exemple). Dans ce cas, les conditions de validation du prototype partiel intègrent des contraintes issues du système global.

Le concept de maquette peut prendre différentes acceptations selon les domaines techniques et les utilisations. Globalement, une maquette permet de valider un objectif particulier associé à la conception ou à la modification d'un système technique. La maquette n'exige pas de devoir vérifier la majorité des fonctions du système et permet de focaliser l'attention sur une classe de problèmes limités. Cette limitation permet l'étude de sous-systèmes, l'expérimentation et la comparaison de solutions techniques par rapport à un problème identifié. Selon l'objectif à atteindre, la maquette pourra utiliser les constituants industriels réels ou mettre en œuvre des solutions techniques aux performances équivalentes. Elles sont construites pour répondre le plus efficacement possible au besoin exprimé et peuvent être plus ou moins réalistes, selon le résultat recherché et les moyens de réalisation choisis.

Les simulations de comportement de maquettes virtuelles permettent de valider certaines solutions en évitant la réalisation de prototypes fonctionnels coûteux.

Prototypes et maquettes peuvent également être en vraie grandeur (échelle 1) ou à échelle réduite. Dans ce cas, il est nécessaire de vérifier que les objectifs de validation sont compatibles avec le changement d'échelle. Compte tenu de la complexité de réalisation des prototypes, on veillera à ce que les maquettes d'ouvrages, d'expérimentation et les matériaux utilisés restent adaptés aux contraintes d'un laboratoire de spécialité STI2D. Les maquettes devront également garder une dimension raisonnable, et leur production ne devra pas nécessiter la maîtrise de logiciels complexes.

En STI2D, on se limitera aux situations décrites ci-après.

- **maquettes d'ouvrages** (surtout utilisés en Architecture et Construction et parfois en Innovation Technologique et Eco Conception), qui sont des reproductions à échelle réduites de structures matérielles réalisées éventuellement par prototypage rapide. Ces maquettes permettent de vérifier une architecture globale, un impact esthétique (formes, proportions) sans pouvoir vérifier des contraintes techniques réelles ni permettre de véritables simulations de comportement (résistances, déformations, comportements) ;

Exemples : maquette d'un habitat individuel ou collectif, d'une structure de bâtiment ou d'ouvrage.

- **maquettes de systèmes** (utilisables dans les 4 spécialités) qui reproduisent le fonctionnement de tout ou partie d'un système, soit par une approche globale MEI, soit en privilégiant un ou deux domaines particuliers. Ces maquettes sont le résultat d'un agencement de composants existants qui pourront être assemblés par des moyens provisoires ou non et réglés, paramétrés ou programmés en fonction du cahier des charges et des propositions des élèves ;

Exemples : maquette d'amélioration de l'efficacité énergétique d'une chaîne d'énergie à l'aide de constituants standard de variation de vitesse programmables ; maquette d'un sous-système de commande de gestion de l'énergie réalisée à l'aide de composants électroniques programmables de type Psoc, maquette d'étude d'une solution d'isolation thermique ou sonique dans un habitat...

- **prototypes** qui amènent au fonctionnement réel d'un système technique global dont on a modifié certains constituants (pièces mécaniques, constituants de la chaîne d'énergie ou d'information) qui permettent de vérifier des performances et de conclure sur la pertinence des modifications proposées. En STI2D, un prototype ne sera pas nécessairement construit entièrement mais pourra correspondre souvent à la modification d'un système existant.

Les étapes de qualification, d'intégration et de validation

La qualification en STI2D concerne plus particulièrement le point de vue lié à la spécialité, c'est une qualification d'un constituant (physique ou logiciel) pris individuellement.

L'intégration de l'ensemble des constituants vers le système permet une validation au regard des exigences du cahier des charges, d'un point de vue MEI ou au moins sur deux axes de ce triptyque.

Pour permettre les boucles d'itération de façon optimale à toutes les étapes du projet, il est nécessaire de travailler autour d'une chaîne numérique continue. En situation de projet, il sera nécessaire de mettre en place les outils numériques permettant de modéliser dans un contexte d'assemblage partagé.

Par exemple, les modeleurs volumiques mettent à disposition des outils de collaboration simples permettant le travail collaboratif « minima ». Certains outils plus avancés permettent d'aborder les notions de PDM (Part Data Management) ou de PLM (Product Lifecycle Management). Ces derniers bénéficient de fonctions évoluées mais nécessite un travail important d'administration et ne sauraient être exigés.

Prévention des risques et sécurité

Les activités d'enseignement en STI2D ne sont pas professionnelles et excluent toute possibilité, pour les élèves, d'interventions au voisinage de flux d'énergies potentiellement dangereux (électriques et autres).

Concernant les enseignements transversaux, le laboratoire devra comporter des systèmes et des équipements de mesures conformes à la réglementation en termes de sécurité intrinsèque. Les élèves pourront ainsi intervenir en sécurité vis à vis des flux énergétiques.

La réalisation de maquettes et prototypes dans les enseignements de spécialité peut amener à travailler à « proximité » de flux d'énergies, une formation aux risques et dangers relatifs aux énergies utilisées est proposée dans le cours normal des activités d'enseignement.

Si les élèves peuvent réaliser l'agencement de constituants "hors énergie (système consigné)", c'est l'enseignant qui assume la responsabilité des trois points suivants :

- il s'assure que la structure envisagée et l'agencement des constituants garantissent la sécurité des personnes et des biens avant d'effectuer la mise en énergie, la mise en service et l'utilisation ;
- il assure sans possibilité de délégation, la mise en énergie du dispositif (déconsignation par l'enseignant) ;
- il vérifie que le fonctionnement et l'utilisation du système répond aux exigences de sécurité.

Les systèmes anciens réutilisés devront être mis en sécurité pour répondre aux exigences précédentes.

Quel que soient les enseignements technologiques, les mesures faites sous énergie dans le cadre d'activités d'optimisation ou de mise au point d'un modèle de comportement devront être réalisés à partir d'un système d'acquisition ou de points de mesure accessibles sans risque (le système peut être installé dans une armoire de confinement à titre d'exemple).

Si les professeurs qui assurent ou contrôlent la réalisation et les essais des systèmes didactiques, des maquettes et prototypes doivent être habilités dans le cadre normal des dispositions en vigueur, la préparation à l'habilitation électrique des élèves, obligatoire dans les formations professionnelles, n'est en aucun cas exigible dans le contexte de formation STI2D.

Dans le cas particulier de la spécialité Énergie et Environnement, il est possible d'envisager une sensibilisation des élèves aux risques électriques. Dans ce cas, il est conseillé aux équipes enseignantes de s'inspirer des dispositions correspondant à la **référence B1V²** pour proposer un enseignement d'une dizaine d'heures maximum qui seront intégrées dans le cours normal de la formation. Cette formation ne rentre pas dans le cadre d'une habilitation réglementaire et obligatoire

Le détail des spécialités ci-après :

- présente l'ensemble des activités à conduire ;
- propose des centres d'intérêt afin de construire une progression pédagogique sur les deux années et fait le lien avec les moyens matériels ;
- propose une classification des thématiques pouvant faire l'objet d'un projet.

² **BIV*** : B caractérise les ouvrages et les installations du domaine BT (basse tension) et TBT (très basse tension) ; 1 signifie qu'il s'agit de personnel exécutant des travaux d'ordre électrique (exécutant électricien) ; V indique que le titulaire peut travailler au voisinage ou en présence de tension. La référence B1V permet également d'effectuer des tâches relevant des références BE (intervention de mesurage) ou BP (intervention sur des panneaux photovoltaïques).

L'enseignement spécifique Architecture et Construction

Les ouvrages de ce domaine de spécialité se caractérisent par une très forte dimension sociétale (projets d'intérêt public ou privé, habitat, développement du territoire, protection des citoyens vis-à-vis des risques naturels).

À la différence d'autres productions industrielles, ces ouvrages sont le plus souvent uniques du point de vue de leur conception et de leur réalisation. Des enjeux importants sont pris en compte lors de la conception et la mise en œuvre d'un projet de construction, comme leur forte intégration dans le site et l'impact qui en découle, leur durée de vie. La dimension des ouvrages, le coût global et le temps nécessaire à la réalisation, les contraintes réglementaires imposées par les processus de décision et de financements publics sont autant de caractéristiques et exigences prises en compte tout au long du processus de création.

Le programme de l'enseignement spécifique Architecture et Construction privilégie une approche complète de l'ouvrage en partant des étapes de conception architecturale, prenant en compte les choix technologiques qui permettent de répondre à des besoins exprimés, intègre le dimensionnement des éléments et les problématiques de réalisation de l'ouvrage. Le programme aborde également les problématiques et exigences liées à la vie de la construction au service des usagers et en réponses potentielles à des évolutions de la normalisation et des contraintes d'usage.

L'enseignement est destiné à faire découvrir aux élèves l'ensemble du champ du génie civil. Les supports de projet ou d'étude de dossiers techniques peuvent ainsi relever des domaines :

- du bâtiment (habitat individuel ou collectif, salles de sport ou de spectacle, établissement scolaire, lieu public tel que les gares ou les aéroports...);
- des travaux publics (ponts, barrages, éoliennes, réseaux ferrés ou routiers, canaux, aménagement portuaires, écluses...);
- de l'urbanisme (éco-quartier, réseaux de distribution ou de rejet de fluide...).

Les activités pédagogiques en AC

Les activités pédagogiques en spécialité AC seront basées sur des études de cas réels, projetés ou existants. À partir de plusieurs types d'approche (fonctionnelle, structurelle, comportementale), on choisira des supports permettant l'analyse de l'ouvrage tout au long de son cycle de vie qui peut comprendre également l'utilisation de l'ouvrage en service (accessibilité, sécurité et protection, confort, etc.)

Les études seront conduites à partir de dossiers numériques, maquettes réelles ou virtuelles, expérimentations, visites d'ouvrages existants.

Le tableau suivant présente quelques exemples d'études de dossier ou de mini projets.

| Exemple d'approche | Analyse des besoins | Conception architecturale | Conception de la réalisation | Vie en œuvre et adaptation |
|------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|---|
| Fonctionnelle | Étude d'un aéroport | Étude d'un établissement scolaire | Planning travaux | Conception d'un changement de destination |
| Structurelle | Conception d'une structure en bois | Analyse de la Tour Eiffel | Phasage d'un pont poussé | Conception pour l'ajout d'un étage |
| Comportementale | Étude d'un pont | Conception d'une salle de spectacle | Réalisation d'une voûte de cathédrale | Amélioration du confort acoustique |
| Performantielle | Étude d'une labellisation THQE | Étude d'ensoleillement | Planification et suivi de gestion des déchets | Validation d'une labellisation BBC |

| Exemple d'approche | Analyse des besoins | Conception architecturale | Conception de la réalisation | Vie en œuvre et adaptation |
|------------------------|--|--|--|--|
| Historique | Étude de réhabilitation d'un ouvrage en site protégé | Maquette de simulation de la pyramide du Louvre | Analyse historique de l'évolution techniques | Classement d'un habitat historique |
| Pathologique | Conception d'un bâtiment parasismique | Étude de désordres sur une enveloppe du bâtiment | Analyse des outils de gestion de la qualité | Étude du désensablement du Mont Saint Michel |
| Socioculturelle | Étude d'un PLU | Conception d'un Eco quartier | Adaptation ouvrage d'un aux techniques locales | Adaptation d'un ouvrage aux nouveaux usages |

Le tableau ci-dessous présente des exemples de thèmes sociétaux permettant d'ancrer les problématiques dans un contexte de développement durable et d'éco citoyenneté

| Thèmes sociétaux | Problématiques abordables |
|----------------------|---|
| Confort | <ul style="list-style-type: none"> Améliorer le confort ou l'ergonomie d'un système <i>Diminuer les vibrations ressenties dans un bâtiment ou sur un pont</i> Améliorer le confort d'un environnement <i>Contrôler la température et l'humidité dans un gratte-ciel</i> |
| Énergie | <ul style="list-style-type: none"> Diminuer le besoin énergétique <i>Rendre une maison plus économique en énergie</i> Assurer l'indépendance énergétique <i>Rendre un habitat énergétiquement indépendant</i> |
| Environnement | <ul style="list-style-type: none"> Diminuer les nuisances environnementales générées par un système (bruit, vibrations, lumière, émissions de polluants...) <i>Diminuer les rejets de polluants d'une station d'épuration. Rétablir des circulations d'animaux ou de poissons par la création de passerelles</i> Diminuer les ressources matérielles nécessaires à la réalisation ou au fonctionnement d'un système <i>Diminuer la quantité de matériaux nécessaires pour réaliser une passerelle</i> Utiliser des ressources recyclées pour réaliser un nouveau système <i>Utiliser des containers pour réaliser des logements d'urgence</i> |
| Santé | <ul style="list-style-type: none"> Protéger la santé <i>Equiper un habitat afin de limiter les risques d'accidents</i> Améliorer la santé ou pallier à un handicap <i>Equiper une personne d'un système permettant de diminuer son handicap</i> |
| Mobilité | <ul style="list-style-type: none"> Améliorer la mobilité de l'usager <i>Equiper un individu ou un environnement afin d'améliorer sa mobilité</i> |

| | |
|---|--|
| Protection <ul style="list-style-type: none"> • Protéger un environnement vis-à-vis des risques naturels (séisme, avalanches, inondations, incendies, glissements de terrain, cyclones) <i>Modifier une digue pour protéger un littoral d'un raz-de-marée</i> • Protéger un environnement ou un système des tentatives de dégradation ou d'intrusion <i>Utiliser un système de surveillance automatisé pour détecter des dysfonctionnements.</i> | |
| Assistance au développement <ul style="list-style-type: none"> • Fournir des ressources ou des équipements nécessaires à un environnement en manque (eau, énergie, alimentation, matériaux ...) <i>Fournir de l'eau et de l'électricité à un village éloigné de toute infrastructure</i> | |

L'approche élève des activités

Les études de dossier technologiques et les projets peuvent être abordés selon plusieurs approches qui permettent à l'enseignant de proposer des questions et des situations problèmes dont certaines sont résumées dans le tableau ci-après :

| Exemple d'approche | Exemple de questionnement associé |
|----------------------------------|---|
| Approche fonctionnelle | À quoi sert cette construction ? |
| Approche structurelle | Pourquoi ces constituants sont-ils reliés ainsi ? |
| Approche comportementale | Comment se comporte cette partie de l'ouvrage lorsqu'on change certains paramètres ? |
| Approche « performances » | Quelles sont les performances de deux solutions technologiques différentes ? |
| Approche historique | Quelles sont les principales différences de solutions technologiques entre ces deux ouvrages d'époques différentes ? |
| Approche maintenance | On observe sur cet ouvrage une dégradation (fissure, corrosion, déformation, baisse de performance énergétique). Quelle peut en être la cause ? |
| Approche socioculturelle | Quelles différences de conception, de mise en œuvre, de solutions technologiques sont induites par des différences socioculturelles ? |

Liens entre les enseignements spécifiques AC et l'enseignement transversal

L'enseignement spécifique Architecture et Construction doit permettre une réutilisation des compétences (connaissances, compétences, comportements) développées en enseignement transversal.

Les ouvrages de l'architecture, comme tous les systèmes techniques étudiés en STI2D sont soit physiques (on peut les toucher) soit conceptuels (un algorithme est également conçu pour répondre à un besoin mais on ne peut que le représenter et pas le toucher, tout comme une énergie ou une information). Pour nombre de systèmes, de multiples solutions technologiques peuvent être utilisées et présentées aux élèves (matériaux, fonctions, structures, agencements, etc.). L'objectif du

programme de spécialité AC est de montrer leurs effets sur le comportement de tout ou partie du système, sur les entrées, transformations et sorties de flux au travers de ce même système.

Toute réponse d'un système technique à un besoin peut imposer aux ouvrages d'agir sur tout ou partie de la matière (réchauffer l'air), de l'énergie (capter le rayonnement solaire) et de l'information (mesurer les températures) afin de remplir les fonctions nécessaires (protection, chauffage, ventilation, éclairage).

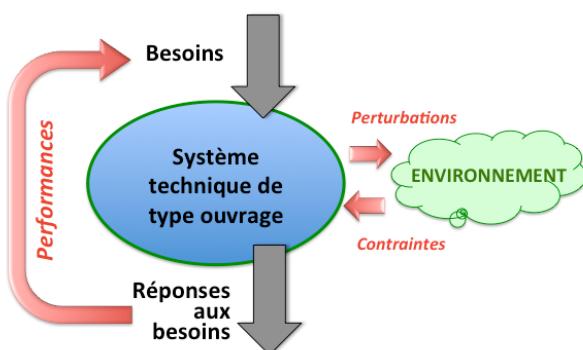


Figure 1 : Situation globale d'une construction

L'enseignement de spécialité AC doit montrer que les choix technologiques ont des répercussions sur les performances de nos ouvrages, ainsi :

- un ouvrage qui répond au besoin voire davantage sera ainsi dit « performant » ;
- un ouvrage qui répond au besoin au prix de faibles consommations de ressources (matériaux par exemple) sera dit "optimisé" ;
- le degré d'utilisation de ces ressources permet de définir « l'efficacité » de notre ouvrage pour répondre au besoin.

L'approche développement durable nécessite désormais d'optimiser les constructions afin de limiter l'utilisation des ressources et l'impact environnemental.

Contenus abordables en début de première

Les éléments du programme de l'enseignement spécifique AC listés ci-dessous peuvent être abordés sans avoir traité les savoirs de l'enseignement transversal. En parallèle, il est donc facile d'établir les liens entre enseignements technologiques transversaux et enseignements technologiques de spécialité, puisque toutes les autres notions s'appuieront nécessairement sur les enseignements transversaux.

Projet technologique

- 1.1. La démarche de projet en s'appuyant sur les compétences en représentation que les élèves ont acquis au collège;
- 1.3. Etablir une organisation de réalisation

Conception d'un ouvrage

- 2.1. Paramètres influents de la conception
 - Repérages des caractéristiques propres de situations architecturales
 - Infrastructure et superstructure: les sols
 - Aménagement du territoire et aménagements urbains

Vie de la construction

- 3.2. Gestion de la vie d'une construction
 - Techniques de relevés des constructions

Proposition de centres d'intérêt en AC

Les enseignements spécifiques peuvent être organisés autour de centres d'intérêt permettant de mener en parallèle des activités de formation différentes centrées sur un même objectif. Le tableau ci-après propose une série de centres d'intérêt que les enseignants pourront utiliser ou modifier en fonction des contraintes organisationnelles et matérielles locales.

| Centre d'intérêt | Outils mis en œuvre | Notions abordées | Réf de compétences visées |
|---|---|---|--|
| CI 1 Participation à une étude architecturale | Maquette numérique, physique Outils de conception collaborative, maquette BIM de suivi d'ouvrage Logiciels de représentation (SysML, carte mentale, modeleur de terrain, de site et de bâtiment, géolocalisation) Logiciel de calcul d'impact Visites sur sites | Analyse fonctionnelle, organigramme fonctionnel, conception bio-climatique, réglementations Modélisation des environnements et des projets Choix et adaptation des dispositions constructives, programme technique détaillé Caractéristiques de solutions architecturales, empreinte carbone Eco-quartier, aménagement du territoire, gestion des flux de personnes | CO7 ac1 |
| CI 2 Vérification de la résistance | Maquette comportementale, simulateurs numériques, bancs d'essais de structures et de matériaux | Géologie et comportement des sols, Eléments d'infrastructures et de superstructures, équilibre statique et dynamique, stabilité locale et globale, résistances mécaniques, déformations, vibrations. Propriétés physiques de matériaux | CO7 ac2 CO8 ac1 CO8 ac2 CO8 ac3 |
| CI 3 Protection | Bancs d'essais de structures et matériaux, Outils de gestion technique du bâtiment, intervenants extérieurs | Enveloppe, clos et couvert, protection thermique, acoustique, étanchéité Sécurité incendie, anti-intrusion, dispositions parasismiques | CO7 ac2 CO8 ac1 CO8 ac2 CO8 ac3 |
| CI 4 Le confort | Maquette comportementale, Simulateurs numériques, bancs d'essais matériaux Essais in situ Systèmes réels Caméra thermique Porte soufflante Sonomètre, luxmètre, solarmètre, nuancier, rendus d'insertion Instrumentation de surveillance d'ouvrage | Dispositifs de confort thermique, acoustique, visuel, respiratoire, Ergonomie Accessibilité Caractéristiques hygrothermiques des matériaux | CO7 ac2 CO8 ac1 CO8 ac2 CO8 ac3 |
| CI 5 Organisation de réalisation | Logiciels de planification, serious game, maquette, simulateurs 3D, base de | Phasage, logistique, procédés de réalisation, impact du chantier. | CO7 ac3 |

| Centre d'intérêt | | Outils mis en œuvre | Notions abordées | Réf de compétences visées |
|------------------|---|---|---|--|
| | | données | Outils de gestion de projet | |
| CI 6 | Vie en œuvre | Théodolite, caméra thermique, photos, équipement de laboratoire de matériaux Porte soufflante Sonomètre, luxmètre, nuancier Logiciel de calcul d'impact | Empreinte carbone, efficacité énergétique, technique de relevés et de pise de mesure Choix des sources d'énergie Pathologie | CO8 ac1 CO8 ac2 CO8 ac3 CO9 ac2 |
| CI 7 | Reconditionnement de l'ouvrage | Modeleur 3D, outils de topographie, Systèmes réels Ouvrages réels Instrumentation d'ouvrage | Réhabilitation, réaménagement, « domotisation », VDI | CO9 ac1 |
| CI 8 | Valorisation de la fin de vie de l'ouvrage | Bases de données Outils de calcul d'impact | Déconstruction, cycle de vie | CO9 ac3 |

Propositions d'activités élèves en projet AC

Les projets peuvent privilégier un ou plusieurs points de vue particuliers spécifiques aux enseignements spécifiques architecture et construction. Le tableau ci-dessous propose, pour chaque grande étape du projet, des exemples d'activités particulières pouvant être retenues pour définir et organiser les tâches attendues ainsi que des exemples de thème de projet.

| Étapes du projet | Points de vue pouvant être privilégiés ou associés dans le projet | | |
|-----------------------------|---|---|--|
| | Conception de l'ouvrage | Réalisation de l'ouvrage | Vie en œuvre et adaptation |
| Analyser les besoins | Analyse fonctionnelle, organigramme fonctionnel, Étude de la réglementation, Prise en compte du programme technique, Budgétisation, Identification des caractéristiques du site. | Analyse des contraintes de réalisation (paramètres de sol, contraintes de site) Budgétisation du chantier Bases de données d'entreprise | Bilan de l'existant, relevé d'échantillons et topographique Efficacité énergétique Économie de ressources Nouveaux besoins, évolution de la réglementation |
| Concevoir | Définition esthétique des volumes Agencement des zones fonctionnelles (circulations, stockages) Conception bio-climatique, Choix de solutions techniques (structure, enveloppe, équipements) par simulation numérique Estimation de l'empreinte carbone Utilisation des outils de pré | Phasage de réalisation Planification des opérations Prévoir les moyens matériels et humains à partir de ratios Identifier les risques Concevoir des ouvrages provisoires Prévoir les énergies et les communications | Reconception des volumes, des zones fonctionnelles, de la structure, des enveloppes, des équipements |

| | | | |
|---|---|--|--|
| | dimensionnement (ratios, surfaces utiles, volumes, portées) | | |
| Réaliser | Maquette architecturale et comportementale physique et numérique Simulations d'éclairage et d'ensoleillement Bilan carbone | Maquette ou simulation, en phase de réalisation Planning de réalisation Analyse et suivi d'un chantier réel | Simulation énergétique, impact carbone Instrumentation d'un ouvrage existant Analyse et suivi d'un chantier réel |
| Valider (le projet et retour sur les compétences ET) | Cahier des charges Analyse fonctionnelle Modélisation et rendus d'insertion dans le site | Estimation de l'énergie grise, l'impact carbone, tri des déchets, délais de réalisation | Prise de mesures sur existant (caméra thermique), observation des pathologies, simulations |
| Exemples de projets | Projet de conception architecturale et technique Réalisation de maquettes réelles et virtuelles : (architecturales, structurelles) Réalisation de maquettes comportementales instrumentées permettant la validation de performances (environnementales, mécaniques, d'éclairage, confort, d'ensoleillement) | Étude de la réalisation d'un projet (planification, suivi de chantier réel) Réalisation d'un ouvrage prototype Réalisation d'une partie d'ouvrage (Sous-traitance d'une partie de la réalisation et de la mise en œuvre) jeu sérieux | Validation par mesures in situ des performances d'un ouvrage (mécanique, architecturale, fonctionnelles) Analyse d'un ouvrage complexe existant (fonctions, solutions techniques, performances) Modification et adaptation d'un ouvrage existant, relevé in situ |

Démarche du projet en Architecture et Construction

Le programme des enseignements spécifiques Architecture et Construction reprend les phases de la démarche d'un projet de construction. Certains points de ce programme pourront paraître redondants, mais l'approche sera modulée et on précisera les savoirs à transmettre en fonction des points de vue (du client, de l'architecte, du programmiste, de l'ingénieur du bureau de maîtrise d'œuvre ou de l'entreprise en charge de la réalisation de l'ouvrage, de l'entreprise de déconstruction). La démarche de projet proposé s'appuie sur les 4 étapes présentées ci-dessous.

L'analyse des besoins

L'analyse du besoin est faite à partir d'un cahier des charges établi par le professeur. Les quatre fonctions de base, définies par Vitruves au 1^{er} siècle avant JC, restent d'actualité et peuvent servir de guide d'analyse. On s'attachera donc à mettre en évidence les besoins liés au:

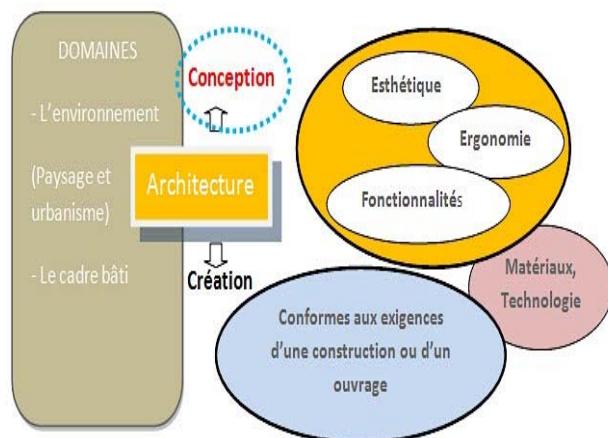
- **Confort** (comoditas), on retrouve ici l'étude des besoins liés à l'ergonomie, à l'accessibilité, au confort thermique et acoustique, aux problématiques liées au renouvellement d'air et à l'éclairage des locaux;
- **résistance** (firmitas), la résistance des sols du site, les structures porteuses, les éléments d'enveloppe contribuent à la stabilité de l'ouvrage, à la protection des personnes et des biens;
- **esthétique** (voluptas), les formes et volumes des éléments, l'agencement des espaces intérieurs, l'harmonie visuelle créée par ces éléments ainsi que l'approche sensible liées au choix des matériaux sont souvent issues d'une expression forte du client à laquelle l'architecte, l'ingénieur, le chef de chantier doivent répondre;
- **contexte** (localitas), la localisation de la construction dans son site est sa première contrainte. L'ouvrage aussi bien dans sa phase de vie que pendant sa réalisation doit s'y adapter et si possible en tirer profit sans générer de nuisances particulières.

À cela viennent aujourd'hui s'ajouter des contraintes induites par les préoccupations environnementales et sociétales. Ces contraintes étant aujourd'hui fortement évolutives et afin d'éviter les sujets polémiques, le professeur s'attachera à les associer aux évolutions de la réglementation.

La conception architecturale

Dans la phase de Conception architecturale, on demande aux élèves de formuler des hypothèses de travail liées aux paramètres présentés sur le graphique ci-contre.

Il s'agit, au travers d'un projet, de collecter des informations, d'analyser la demande, de classer et de hiérarchiser les données, afin de se poser les bonnes questions liées à l'environnement du projet et aux matériaux utilisables dans le cadre d'une démarche de développement durable.



Cette recherche peut être formalisée à l'aide d'un logiciel de cartes heuristiques et se prolonger par la proposition de diverses orientations, comme de développer et confronter des propositions de solutions technologiques au travers de simulations ou de mener des expériences (esquisse, maquettes d'étude, essais de structures...) afin de pouvoir définir des formes, de nouvelles enveloppes en cas de réhabilitation et des aménagements. Ces solutions sont présentées et justifiées lors de la restitution orale et écrite du projet pour mesurer la cohérence avec le cahier des charges initial. On s'intéresse avant tout à la qualité de la démarche d'analyse et non à la qualité d'exécution d'une quelconque réalisation.

La conception de la réalisation

Les études de préparation et de suivi d'un chantier, intégrant l'organisation de la réalisation des ouvrages, peuvent être le support de formation au même titre que la conception de l'ouvrage. Elles mobilisent les mêmes compétences et s'appuient sur des connaissances technologiques intégrant une démarche Matière et Structure, Énergie et Information.

Les impératifs liés au développement durable sont forts, ils présentent l'avantage d'être facilement identifiables et de représenter une unité de temps et de lieux permettant leur étude par des élèves. L'usage de progiciels professionnels, dans leur forme simplifiée ou avec une assistance importante de la part du professeur, permet aux élèves de simuler des impacts environnementaux (rejets de carbone, impact sur la ressource en eau,...) et de justifier, voire de proposer dans le cas de projet des solutions alternatives.

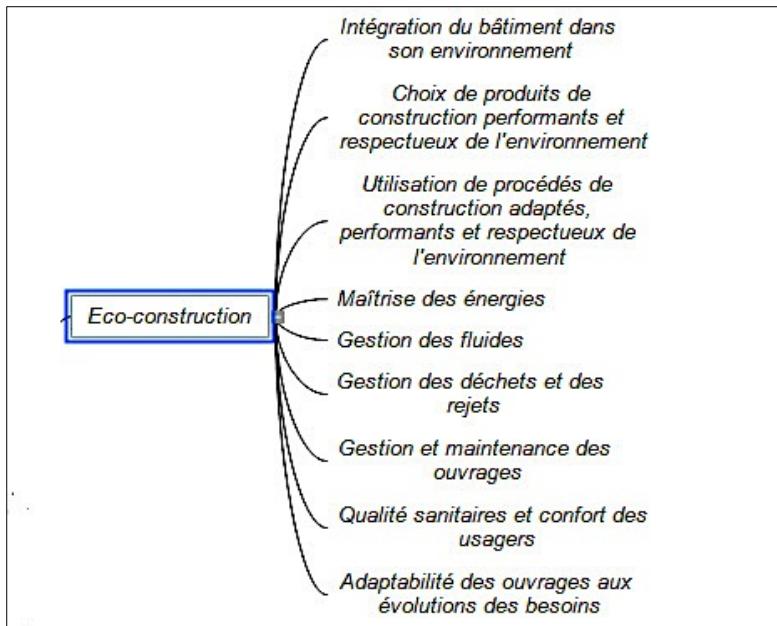
L'étude et le suivi de chantier de construction réels seront privilégiés afin de donner du sens aux études proposées. Des visites de site commentées par des professionnels permettront d'ancrer les projets dans une réalité locale. Le professeur, par sa connaissance du domaine, pourra alors faire le lien entre la conception de l'ouvrage et les conséquences générées sur sa réalisation.

La vie en œuvre, adaptation

L'étude des phases de la vie d'un ouvrage doit permettre aux élèves de se confronter au réel. Les prises de mesures, l'analyse d'échantillons, les relevés de dimensions sont faits à partir de projets réels d'aménagement ou de réhabilitation, de « domotisation » de l'ouvrage, d'adaptation de la construction à un nouvel usage ou à une normalisation plus exigeante.

Les supports d'études pourront être trouvés dans l'environnement direct de la classe afin que la contextualisation soit efficace et perçue par l'élève. Pour les projets de chantier de déconstruction, les professeurs privilégieront les approches liées au traitement des déchets et aux problèmes de sécurité.

La démarche générale du projet en AC



La démarche globale du projet s'appuie sur une démarche d'éco-construction. Les différents points à traiter dans ce type de projet sont repris dans la figure ci-contre.

Dans ce cadre très général, il s'agira de faire découvrir aux élèves les outils et démarches plus spécifiques en usage en Architecture et Construction:

- la démarche HQE ou évolution de ce concept;
- les éco-quartiers et la démarche HQE²R;
- le design universel;
- les notions de coût global d'un ouvrage

Les spécificités pédagogiques des enseignements spécifiques AC

Objectifs du projet

Le projet est destiné à immerger les élèves dans un processus de réflexion et de création collectif et motivant. On s'attachera à faire comprendre que le déroulement d'un projet résulte d'une démarche structurée et collective d'analyse, de proposition, de réalisation et de communication.

La réalisation de maquettes ou de prototypes ne doit pas supplanter l'analyse et la réflexion. Une sous-traitance de tout ou partie d'un prototype est envisageable et même souhaitable afin d'éviter toute réalisation chronophage.

Le projet peut également constituer à suivre un projet réel en cours, en étudiant le cahier des charges, les variantes possibles, en proposant des solutions et en recherchant des moyens d'évaluer les performances des propositions. On pourra étudier des variantes de conception architecturale, ou de plannings établis en fonction de choix de réalisation particuliers (comparer le planning d'un pont poussé à un pont réalisé in situ, celui d'une démolition reconstruction à celui d'une réhabilitation), en tenant compte des effets induits par les choix sur les performances environnementales du projet.

Productions attendues du projet

Chaque groupe d'élèves produit une analyse collective structurée autour d'un thème lié à l'architecture et à la construction des ouvrages, en relation avec une problématique sociétale telle que la protection ou l'amélioration du cadre de vie, l'optimisation des structures ou des performances énergétiques, la diminution des impacts environnementaux (qui peut servir de point d'entrée au projet).

Un cahier des charges de la production attendue peut-être proposé par le groupe d'élèves et soumis à la discussion et à l'accord de l'enseignant, chargé de veiller à la faisabilité du projet.

La démarche de projet est mise en place et imposée par l'enseignant. Elle inclut obligatoirement l'analyse du cahier des charges et de l'environnement du projet et des revues de projet ponctuant son développement (dont une revue de l'existant inspiré de la notion de veille technologique). La démarche se poursuit par une analyse collective des problématiques soulevées et des solutions technologiques envisageables. L'enseignant veille à la répartition équilibrée des tâches au sein d'un groupe, il impose et anime les revues de projet régulières retenues tout au long du projet.

Le projet implique la réalisation de prototypes ou maquettes de constructions réelles ou virtuelles de solutions technologiques traduisant tout ou partie de choix d'agencements (disposition des volumes,

zones fonctionnelles, couleurs, etc.) et de choix structurels (maquette des dispositifs porteurs, des stabilisations, des liaisons, des structures d'enveloppe)

Les réponses des propositions des élèves au cahier des charges s'évaluent obligatoirement par tout ou partie des activités suivantes : simulation logicielles de structures et de comportements, rendus d'insertion dans le site, expérimentations permettant de valider les performances des solutions mises en œuvre à partir de maquettes s'intéressant à un ou plusieurs problèmes techniques précis. Compte-tenu de la complexité de réalisation des prototypes, on veillera à ce que les maquettes d'ouvrages, d'expérimentation et les matériaux utilisés restent adaptés aux contraintes d'un laboratoire de spécialité STI2D. Les maquettes virtuelles devront également garder une dimension raisonnable, et leur production ne devra pas nécessiter la maîtrise de logiciels complexes.

Exemples de prototypes ou maquettes réalisables

Maquette d'ouvrage immobile

Les productions pourront concerner tout ou partie d'ouvrages en situation de service (immeubles, pavillons, chalets, piscines, stade multisports, tunnels, ponts, barrages) permettant de comprendre les compositions et comportements structurels, la stabilité de l'ensemble et des sous-ensembles (gradins, couverture, contreventement, porteurs, dispositifs d'éclairage).

Maquette d'ouvrage mobile

De nombreux ouvrages sont mobiles, soumis à des déplacements (oscillations, vibrations) ou équipés de dispositifs mobiles (téléphérique, pompe de château d'eau, porte d'écluse), et des maquettes peuvent être réalisées présentant les solutions technologiques, les comportements et les principes de fonctionnement (pont, écluse, bâtiment en zone sismique, verrières ouvrantes, ascenseur à bateaux). Ces maquettes peuvent être équipées de pompes, moteurs, capteurs divers et dispositifs d'asservissement issus du domaine de la mécatronique ou du modélisme.

Maquette de situation en phase de réalisation

Elles sont destinées à présenter des techniques de réalisation d'ouvrage : pont poussé, pivoté, construction en encorbellement, contreventement temporaire de structures triangulées.

Utilisation des outils de prototypage

La réalisation de maquettes en mini projet ou en projet nécessite l'aménagement d'une surface dédiée au prototypage. Cette zone fait partie du laboratoire de spécialité AC. Elle est équipée du matériel nécessaire à l'élaboration et au rangement des maquettes en cours de déploiement. Des appareillages adaptés permettront la réalisation de découpes, fixations, assemblages, pose de capteurs sur les maquettes.

Des dispositifs de prototypage rapide peuvent être utilisés pour réaliser des nœuds d'assemblage complexes, permettant de réaliser des maquettes structurelles (passerelles, pylônes, treillis, dômes, etc.) à partir de profilés du commerce (barres, plaques)

L'étude de ces mêmes ouvrages peut représenter un intérêt particulier en situation de travaux, nécessitant la production d'une étude des phases transitoires (maquette de pont poussé, par encorbellement, pivoté).

Ces maquettes peuvent toutes être instrumentées dès lors qu'on souhaite valider des performances ou des comportements (capteurs de température, de déplacement, de lumière, accéléromètres, etc.)

On veillera à utiliser des outils ne nécessitant pas d'apprentissages longs de leur utilisation, permettant de réaliser des maquettes réalistes.

Utilisation des outils numériques

De nombreux logiciels sont utilisés par les architectes et les bureaux d'études. Ils permettent de modéliser des ouvrages et simuler leurs comportements. Une analyse des besoins et des logiciels associés pourra être menée au niveau académique pour retenir et utiliser des outils identiques dans chaque spécialité, de façon à faciliter les échanges et la mutualisation des bonnes pratiques pédagogiques entre enseignants.

Les logiciels utilisables en cours peuvent être de type modeleurs numériques paramétrés ou non, logiciels de simulation mécanique, thermique, aéraulique, acoustique, d'éclairage, etc. Des logiciels de planification (gantt, chemin de fer) peuvent également être utilisés. L'enseignement de spécialité STI2D ne doit pas viser ni nécessiter l'apprentissage de logiciels professionnels complexes. Seules des fonctions simples et rapides à appréhender doivent être utilisées.

Des formats ouverts et interopérables (fichier modifiable par plusieurs logiciels différents, tels que les formats ifc, gbxml) sont de plus en plus utilisés et permettent désormais à un client, un architecte, des bureaux d'études de lire et modifier une maquette numérique commune simultanément. Certains maîtres d'ouvrage imposent désormais l'utilisation de tels modèles nommés BIM (Building Information Modeling) et utilisent les maquettes virtuelles associées pour suivre la vie de l'ouvrage en service (fonctionnement, gestion, entretien, mise en place des plans d'évacuation, de sécurité incendie, etc.) Comme les concepteurs et entreprises sont désormais couramment amenés à intervenir sur des modèles numériques communs et partagés et même si les élèves utilisent un logiciel particulier, on veillera à montrer l'importance des fonctionnalités transversales partagées par l'ensemble des solutions.

La spécialité Énergie et environnement

Les produits caractéristiques de cette spécialité sont des systèmes pluri-techniques intégrant une composante énergétique significative, quelles que soient les natures et les formes des flux énergétiques abordés. Ces produits relèvent donc de tous les domaines techniques :

- l'habitat, à travers la réponse aux besoins de confort, de sécurité et dans certains ouvrages, à partir, de leur commande, des régulations et des déplacements associés ;
- tous les systèmes mécatroniques manufacturés qui intègrent une chaîne d'énergie (autonome ou non) associée à une chaîne d'information et qui peuvent trouver leur place dans des habitats (systèmes de chauffage, de ventilation, de domotique, etc.) et dans la vie quotidienne de notre société (systèmes de transports terrestres, aériens, marins par exemple).

La composante énergétique de ces systèmes est abordée dans le prolongement de ce qui est proposé dans l'enseignement transversal, qui donne une place prépondérante au concept de développement durable à partir de l'amélioration de leur efficacité énergétique et l'utilisation des sources renouvelables.

Cet enseignement utilise une grande partie des connaissances et compétences de l'enseignement transversal tout en abordant de nouveaux concepts comme :

- l'étude des réseaux globaux de transport et de distribution de l'énergie, qui occupent une place centrale actuellement au niveau des systèmes de gestion des énergies (concept Smart Grid, d'utilisation de compteurs d'énergie électriques intelligents, par exemple) ;
- l'approfondissement des solutions techniques de régulation et d'asservissement des chaînes d'énergie, dans une logique d'amélioration des rendements et de l'efficacité énergétique ;
- l'approfondissement des solutions techniques des chaînes d'énergie et de l'analyse des comportements énergétiques des systèmes (dynamiques, thermiques, etc.) ;
- l'évolution des chaînes énergétiques et de leur commande pour répondre à un besoin (amélioration du rendement ou/et de l'efficacité énergétique par maîtrise de la consommation énergétique, introduction d'une source renouvelable, prise en compte de l'évolution de la charge dans le cadre du développement d'un usage raisonnable, de l'amélioration du confort, etc.). Réalisation d'un prototype de validation des solutions proposées et paramétrage de ces dernières.

Les études de dossier, les activités pratiques et les projets s'appuient systématiquement sur un **système existant** (réel et/ou virtuel) et en particulier sur tout ou partie d'une chaîne d'énergie et du système de pilotage et de gestion associé.

Le programme des enseignements spécifiques énergie et environnement s'appuie de manière importante sur le projet, qui permet d'aborder toutes les phases de justification, de conception, de réalisation et de validation de maquettes et/ou de prototypes de systèmes existants optimisés. Cette

démarche intègre la prise en compte des interactions entre la matière, les structures et les systèmes d'information de commande et de gestion, locaux ou globaux.

L'objectif du projet est de faire vivre aux élèves les principales étapes d'un projet technologique justifié par l'amélioration d'un système, la modification d'une chaîne d'énergie ou l'amélioration de performances dans un objectif de développement durable.

L'activité de projet permet de réaliser un prototype ou une maquette de validation correspond à l'**évolution du système** répondant à un problème authentique associé à un cahier des charges. Cela amène les élèves à vérifier l'adéquation des solutions proposées, à effectuer des essais et des réglages en vue d'une optimisation.

Les activités pédagogiques en EE

Les activités pédagogiques en spécialité EE sont basées sur des études de systèmes réels, présents dans le pôle EE, dans le laboratoire d'analyse des systèmes ou présents dans l'environnement proche des élèves [système présent dans le lycée ou dans un contexte facilement accessible (TP à distance par exemple)].

L'approche pédagogique proposée en projet repose sur l'articulation des 3 grandes phases d'un projet de conception industrielle d'un produit : imaginer une solution pour répondre à un besoin, valider des solutions techniques et valider une démarche de conception par la réalisation d'un prototype.

Imaginer une solution pour répondre à un besoin

Cette phase permet de traiter les 2 points suivants :

- identifier et justifier le problème technique d'amélioration en lien avec un cahier des charges (à justifier, éventuellement à compléter, mais jamais à créer de toute pièce) ;
- imaginer, étudier et proposer des solutions possibles pour résoudre le problème technique et valider une solution.

Cette démarche de conception s'appuie sur un problème technique identifié d'amélioration d'un système existant (pas de création ex nihilo) et intègre toujours une dimension d'amélioration des performances associées au développement durable.

Valider des solutions techniques

À partir des résultats de l'étape précédente, cette étape permet de :

- simuler le fonctionnement du système ou d'un sous-système, à l'aide des outils numériques de simulation multi physiques ou métier (CAO et simulation relatives aux énergies mises en œuvre, aux caractéristiques de la structure) ;
- valider ou modifier une solution par rapport aux résultats d'une simulation (vérification de la conformité, dimensionnement d'équipements techniques, évaluation de consommations d'énergie, comparaisons entre systèmes ou optimisation de l'efficacité énergétique) ;
- imaginer et mettre en œuvre un protocole d'essai pour vérifier la performance du système pour mesurer des écarts entre la simulation et le comportement réel.

Valider une démarche de conception par la réalisation d'un prototype

À partir des résultats de l'étape précédente, cette étape correspond aux activités suivantes :

- identifier, en privilégiant l'expérimentation concrète sur des systèmes didactiques ou la simulation à l'aide de logiciels spécifiques, les principaux paramètres influents tant au niveau des flux d'énergie que de la commande ;
- réaliser et valider une maquette ou un prototype de tout ou partie du système à partir de constituants standard disponibles ;
- faire fonctionner la maquette ou le prototype selon un protocole d'essai formalisé, mesurer les performances obtenues ;
- analyser les performances obtenues et l'intérêt des modifications proposées et valider ou critiquer la reconception globale du système.

Les productions attendues du projet EE

Chaque groupe d'élèves produit une analyse collective structurée autour de la résolution d'un problème technique associé à un support existant et intégrant des composantes du développement durable et/ou de créativité technologique et de compétitivité.

Le projet implique la réalisation d'une maquette ou d'un prototype à partir d'un système réel existant et l'évaluation des solutions proposées par l'équipe se fait à partir de l'analyse du fonctionnement de ce prototype.

Les thèmes d'activités relatifs aux activités en EE

Le tableau ci-dessous présente des exemples de thèmes sociétaux permettant d'ancrer les problématiques dans un contexte de développement durable et d'éco citoyenneté.

| Thèmes sociétaux | Problématique |
|------------------|--|
| Confort | <ul style="list-style-type: none">Améliorer le confort ou l'ergonomie d'un système <i>Améliorer la commande locale d'un système de chauffage</i>Améliorer le confort d'un environnement <i>Diminuer le bruit produit par un système</i> |
| Énergie | <ul style="list-style-type: none">Diminuer le besoin énergétique <i>Diminuer la consommation d'énergie d'un système local</i> <i>Etudier un système d'adaptation de la production globale à la consommation et à une production locale (de type Smart Grid)</i>Assurer l'indépendance énergétique <i>Intégrer un générateur d'énergie renouvelable à un système</i> |
| Environnement | <ul style="list-style-type: none">Diminuer les nuisances environnementales générées par un système (bruit, vibrations, émissions de polluants) <i>Diminuer les rejets polluants d'un système jetable ou le remplacer</i>Diminuer les ressources matérielles nécessaires à la réalisation ou au fonctionnement d'un système <i>Changer la motorisation d'un système par une solution plus économique</i>Utiliser des ressources recyclées pour réaliser un nouveau système <i>Récupérer l'énergie d'une source pour créer une cogénération</i> |
| Santé | <ul style="list-style-type: none">Protéger la santé <i>Equiper un système d'une énergie moins polluante</i>Améliorer la performance physique ou pallier à un handicap <i>Alimenter en énergie adaptée un système permettant de diminuer le handicap</i> |
| Mobilité | <ul style="list-style-type: none">Améliorer la mobilité de l'usager <i>Équiper un système et/ou son environnement afin d'améliorer la mobilité des personnes et des biens</i> |
| Protection | <ul style="list-style-type: none">Protéger un environnement vis-à-vis des risques de coupure d'énergie <i>Etudier un système de production locale d'énergie de secours d'une structure (hôpital par exemple)</i>Protéger des personnes et des biens utilisateurs d'une énergie <i>Etudier un système de protection électrique des personnes</i> |

| | |
|-----------------------------|---|
| Assistance au développement | <ul style="list-style-type: none"> • Fournir des ressources ou des équipements nécessaires à un environnement en manque (eau, énergie, alimentation, matériaux) <i>Fournir de l'eau et de l'électricité à un village éloigné de toute infrastructure</i> |
|-----------------------------|---|

L'approche élève des activités

Les études de dossier technologiques et les projets peuvent être abordés selon plusieurs approches qui permettent à l'enseignant de proposer des questions et des situations problèmes dont certaines sont résumées dans le tableau ci-après :

| Exemple d'approche | Exemple de questionnement associé |
|---------------------------------|---|
| Approche fonctionnelle | À quoi sert ce système ? |
| Approche structurelle | Pourquoi et comment ces constituants sont-ils reliés ainsi ? |
| Approche comportementale | Comment se comporte le système énergétique lorsqu'on change certains paramètres ? Quelles sont les performances de deux solutions technologiques différentes ? |
| Approche historique | Quelles sont les principales différences de solutions technologiques entre deux systèmes ? |
| Approche maintenance | On observe, sur un ouvrage, une dégradation (pannes, dégradation de performances énergétiques). Quelle peut en être la cause ? |
| Approche socioculturelle | Quelles différences de conception, de mise en œuvre, d'utilisation, de solutions technologiques utilisées sont induites par des différences socioculturelles ? |

Contenus abordables en début de première.

Les éléments du programme de la spécialité EE listés ci-dessous peuvent être abordés sans avoir traité les savoirs de l'enseignement transversal. En parallèle, il est donc facile d'établir les liens entre enseignements technologiques transversaux et enseignements technologiques de spécialité, puisque toutes les autres notions s'appuieront nécessairement sur les enseignements transversaux.

- 1.1 La démarche de projet : Les projets industriels
- 1.2 Paramètres de la compétitivité
- 3.1 Production et transport d'énergie

Proposition de centres d'intérêt en EE

Les enseignements de la spécialité peuvent être organisés autour de centres d'intérêt permettant de mener en parallèle des activités de formation différentes centrées sur un même objectif. Le tableau ci-après propose une série de centre d'intérêt que les enseignants pourront utiliser ou modifier en fonction des contraintes organisationnelles et matérielles locales.

| Centres d'intérêt proposés | | Outils et activités mis en œuvre | Connaissances abordées | Réf de compétences visées |
|----------------------------|---|--|---|----------------------------------|
| CI 1 | Typologie des systèmes énergétiques | Mise en œuvre un équipement didactique Modélisation des chaînes d'énergie Systèmes techniques intégrant une gestion d'énergie, de charge, d'énergies renouvelables. Systèmes mono source ou multi sources Équipements didactiques du laboratoire EE | Approche fonctionnelle d'une chaîne d'énergie Approche fonctionnelle du système de gestion de la chaîne d'énergie Décodage des procédures d'installation Mise en œuvre d'un système local de gestion de l'énergie | CO7.EE3 CO8.EE4 |
| CI 2 | Production d'énergie | Caractérisation d'un système de production d'énergie Systèmes de production d'électricité, de chaleur et de froid Dispositif d'acquisition de données multi physiques. Études réalisées sur des dossiers réels avec possibilité de faire des visites sur site ou conférence | Types et caractéristiques des centrales électriques, hydrauliques, thermiques Types de solutions de production d'énergies renouvelables, caractéristiques Sûreté de fonctionnement et prévention des risques | CO7.EE3 CO8 CO9.EE1 |
| CI3 | Transport, stockage et distribution de l'énergie et réseaux spécifiques | Caractérisation de la structure d'un réseau de transport et de distribution d'énergie et simulations associées. Le stockage d'énergie et solutions associées Études réalisées sur des dossiers réels avec possibilité de faire une visite sur site ou conférence | Comportement énergétique des systèmes et validation comportementale par simulation Structure d'un réseau de transport et de distribution d'électricité Structure d'un réseau de transport et de distribution de fluides Comptage et facturation de l'énergie. Impact environnemental Sûreté de fonctionnement et prévention des risques | CO7.EE3 CO8 CO9.EE1 |
| CI 4 | Efficacité énergétique passive | Efficacité et rendement d'une chaîne d'énergie Comportement des constituants (modulateurs, convertisseurs, transmetteurs) Solutions passives d'amélioration de l'efficacité énergétique Equipements didactiques pour comparaisons, modifications. Logiciels de simulation (dans le cadre de l'habitat par exemple) | Projet technologique Approche fonctionnelle d'une chaîne d'énergie Sûreté de fonctionnement et prévention des risques Essais et réglages en vue d'assurer le fonctionnement et d'améliorer les performances | CO7 CO8 CO9.EE2 CO9.EE3 |

| Centres d'intérêt proposés | | Outils et activités mis en œuvre | Connaissances abordées | Réf de compétences visées |
|----------------------------|--------------------------------------|--|--|----------------------------------|
| CI 5 | Efficacité énergétique active | Caractérisation du mode de gestion de l'énergie d'un système Paramétrage de l'unité de gestion Evaluation d'une solution active d'amélioration de l'efficacité énergétique. Équipements didactiques intégrant une solution de gestion par l'apport d'un interface de la chaîne d'information paramétrable ou programmable et intégrée à la chaîne d'énergie (automate, régulation, télégestion, télésurveillance, etc.) | Projet technologique Approche fonctionnelle du système de gestion de la chaîne d'énergie Sûreté de fonctionnement et prévention des risques Essais et réglages en vue d'assurer le fonctionnement et d'améliorer les performances | CO7 CO8 CO9.EE2 CO9.EE3 |

Propositions d'activités élèves en projet EE

Les projets peuvent privilégier un ou plusieurs points de vue particuliers spécifiques à la spécialité Énergie et Environnement. Le tableau ci-dessous propose, pour chaque grande étape du projet, des exemples d'activités particulières pouvant être retenues pour définir et organiser les tâches attendues ainsi que des exemples de thème de projet (du mini-projet au projet terminal d'évaluation).

| Activités des élèves en projet | | |
|--------------------------------|--|--|
| Etapes du projet | Points de vue privilégiés | |
| | Efficacité énergétique passive (améliorer les performances de la chaîne d'énergie) | Efficacité énergétique active (optimiser la gestion de l'énergie) |
| Analyser le besoin | À partir d'un système existant comportant une chaîne d'énergie : <ul style="list-style-type: none"> • Analyser une architecture existante pouvant satisfaire le besoin (situation normale, pas d'optimisation) • Rechercher des améliorations possibles permettant : <ul style="list-style-type: none"> - d'agir sur la performance énergétique ; - d'exploiter une source d'énergie renouvelable ; - de répondre à une évolution du besoin (tendre vers un usage raisonné). | À partir d'un système existant comportant une chaîne d'énergie : <ul style="list-style-type: none"> • Analyser une architecture existante pouvant satisfaire le besoin (situation normale, pas d'optimisation ou avec une solution passive déjà intégrée) • Rechercher des moyens d'adapter le fonctionnement du système aux besoins réels : <ul style="list-style-type: none"> - identifier les paramètres caractéristiques mesurables ; - rechercher des solutions de gestion possibles et d'introduction des énergies renouvelables. |

| | | |
|---------------------------|--|--|
| Concevoir | <p>À partir de l'analyse de la chaîne d'énergie du système étudié :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifier les constituants de la chaîne d'énergie • Analyser leurs caractéristiques et leurs performances • Rechercher des solutions équivalentes • Proposer une structure améliorant les performances de la chaîne d'énergie • Si possible, simuler le fonctionnement prévu et définir une structure optimisée | <p>À partir de l'analyse de la chaîne d'énergie du système étudié :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifier les constituants de la chaîne d'énergie • Analyser leurs caractéristiques et leurs performances • Rechercher des solutions équivalentes • Proposer une structure améliorant l'efficacité de la chaîne d'énergie • Si possible, simuler le fonctionnement prévu et définir une solution de gestion adaptée à la structure de la chaîne d'énergie |
| Réaliser | <p>À partir de la définition des modifications de la structure de la chaîne d'énergie à améliorer :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apporter les modifications retenues au prototype/maquette • Modéliser la solution retenue et caractériser les performances recherchées • Instrumenter le prototype/maquette en vue de la validation | <p>À partir de la définition des modifications de la structure de la chaîne d'énergie à améliorer :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intégrer et paramétrier des constituants de la chaîne d'information et les interfaçer avec le prototype/maquette/modèle de comportement de la chaîne d'énergie. • Modéliser la solution retenue et caractériser les performances recherchées • Instrumenter le prototype/maquette en vue de la validation. |
| Valider | <p>À partir de la maquette réalisée :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vérifier expérimentalement que la solution retenue satisfait au besoin • Mesurer ou évaluer l'écart entre la solution de base et la solution proposée par rapport à des critères identifiés : <ul style="list-style-type: none"> - efficacité énergétique en utilisation ; - épuisement des ressources ; - émissions de GES ; - énergie grise ; - meilleure adéquation besoin/consommation énergétique. | |
| Exemples de projet | <p style="text-align: center;">Éclairage public</p> <p>Phase de préparation professeur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organiser une visite d'une installation d'éclairage public • Mettre à disposition des élèves une maquette représentative du réel (lampes incandescences + commande par interrupteur horaire par exemple) <p>Cahier des charges</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyser l'existant (consommation, émission GES) et comparer à la directive EUP (suppression de l'incandescence) | |
| | <p>Conception, Réalisation, Validation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intégrer des ampoules LED avec appoint par photovoltaïque + stockage | <p>Conception, Réalisation, Validation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Justifier l'intégration des ampoules LED avec appoint par photovoltaïque + stockage du point de vue de la minimisation de la consommation énergétique |

| | | |
|----------------------------------|---|--|
| | <p style="text-align: center;">Chauffage d'un Bâtiment</p> <p>Phase de préparation professeur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mettre à disposition des élèves : • Le bilan thermique d'un bâtiment • Une maquette représentative du réel (chauffage gaz ou électrique) <p>Cahier des charges</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyser l'existant (efficacité énergétique de l'équipement raccordé au réseau) et comparer à la réglementation RT2012 (<50kWhep/m²/an) | |
| | <p>Conception, Réalisation, Validation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Étude comparative de solutions techniques multi énergies (PAC, Solaire, Chaudière gaz) dans le but de répondre à la réglementation | <p>Conception, Réalisation, Validation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Étude comparative de solutions techniques multi énergies (PAC, Solaire, Chaudière gaz) dans le but de répondre à la réglementation |
| Usine de traitement d'eau | | |
| | <p>Phase de préparation professeur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organiser une visite d'une installation • Mettre à disposition des élèves une maquette représentative du réel (station de pompage par commande TOR) <p>Cahier des charges</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyser l'existant (consommation énergétique, durée de vie) | |
| | <p>Conception, Réalisation, Validation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remplacer le moteur par un moteur à haut rendement | <p>Conception, Réalisation, Validation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Justifier le remplacement d'un moteur par un moteur à haut rendement du point de vue de l'efficacité énergétique |

L'utilisation des maquettes et prototypes en EE

Le prototypage et la réalisation de maquettes en spécialité EE s'intéressent à la mise en œuvre effective de solutions techniques d'amélioration des performances énergétiques d'un système et/ou d'amélioration de l'efficacité énergétique de ce système (voir aussi le paragraphe 2.10.3 qui définit les concepts de maquette et prototype en STI2D).

Les approches proposées aux élèves peuvent correspondre aux situations suivantes :

- répondre à un nouveau besoin en proposant une solution capable de prendre en compte, par exemple, l'évolution d'une charge d'un systèmes de transfert industriel, le remplacement d'une motorisation impliquant une énergie non renouvelable et polluante par une autre plus performante ou l'intégration d'une source d'énergie renouvelable dans un habitat, etc. ;
- améliorer les performances d'une chaîne d'énergie, en optimisant les critères de fonctionnement, en améliorant un rendement, en pilotant le système au plus près d'un point de fonctionnement optimisé, en changeant certains constituants, en modifiant une structure existante, etc.) ;
- optimiser la gestion d'énergie par l'optimisation du système de pilotage, en intégrant une régulation programmable, en optimisant un asservissement, etc.). Ce système de pilotage peut être local (commande directe du système) ou global (offre de nouveaux services aux usagers et entraînant des économies d'énergie, gestion centralisée d'un système permettant l'ajustement de la production à la consommation, gestion de la récupération d'énergie et de la cogénération d'un système, etc.)

Les maquettes et prototypes réalisés le sont toujours à partir d'un système existant (on ne propose jamais, en STI2D, une réalisation ex nihilo), réel ou virtuel, si possible disponible dans le pôle de spécialité EE ou, à défaut, dans le lycée ou dans son environnement proche.

La réalisation d'un prototype correspond à la modification d'un système réel disponible, sur lequel les élèves peuvent intervenir directement pour le modifier. Les activités correspondent à des changements de constituants, à des modifications de la commande de pilotage ou de gestion, à des remplacements de sous-systèmes sans que cela n'empêche le fonctionnement normal ou optimisé du système. Dans ce cas, c'est le système qui reste le support d'activités des élèves.

La réalisation d'une maquette correspond à la réalisation, en dehors du système, d'une partie de ce dernier. La maquette permet d'imaginer, de réaliser de façon provisoire ou définitive (selon un choix préalable) et de tester une solution, pour vérifier sa faisabilité, mesurer des performances, optimiser une fonction. Un projet peut amener les élèves à faire plusieurs maquettes et à comparer leurs résultats selon des critères pré déterminés (performances, coûts, complexité, sécurité, etc.). La validation du cahier des charges d'une maquette doit prendre en compte les caractéristiques du système étudié de façon à pouvoir conclure de son niveau de pertinence par rapport au système réel de départ.

✖ La spécialité Innovation technologique et éco conception

Les produits caractéristiques de cette spécialité sont des systèmes techniques manufacturés, fabriqués souvent en série sur des moyens de production optimisés dans un contexte global de compétitivité des produits, d'innovation technologique et d'intégration de plus en plus poussée des contraintes environnementales. Même si les produits utilisés en spécialité ITEC sont majoritairement pluri techniques et induisent une approche globale MEI qui justifie leurs caractéristiques, il est possible d'étudier des produits innovants, compétitifs et écologiques ne relevant que d'un champ technique. C'est le cas, par exemple, de nombreux produits permettant la pratique de sports, qui n'intègrent pas d'autre énergie ou information que les capacités physiques et intellectuelles des personnes qui les manipulent.

Le programme de la spécialité permet d'aborder toutes les phases de la justification, de la conception et du prototypage de la structure mécanique d'un système mécatronique, en analysant systématiquement les relations existant entre les solutions technologiques spécifiques (Matière, Énergie et Information) et le fonctionnement global du système.

L'enseignement de spécialité permet des approfondissements dans les 2 champs complémentaires des Matériaux et des structures mécaniques. Il utilise une partie des connaissances et compétences de l'enseignement transversal tout en abordant de nouveaux concepts comme :

- la cinématique des mécanismes, prolongeant l'approche statique développée dans l'enseignement transversal ;
- la caractérisation des matériaux, en lien avec les procédés de transformation ;
- les principes des procédés de transformation, qui permettent de comprendre les relations entre les pièces réalisées, les matériaux et les procédés ;
- la conception des mécanismes et le prototypage des pièces qui les composent.

Les objectifs généraux de la spécialité peuvent se résumer en 3 points :

- approfondir les relations entre les matériaux, les structures et les performances d'un système pluri technique ;
- concevoir des solutions techniques relevant du champ matériaux et structures ;
- prototyper des pièces mécaniques et valider leur conception par leur intégration dans un système pluri technique et la vérification des performances du système pluri technique.

Les activités pédagogiques en ITEC

Les activités pédagogiques en spécialité ITEC sont basées sur des études de systèmes réels, présents dans le pôle ITEC ou visibles dans l'environnement proche des élèves (système présent dans le lycée ou dans l'environnement proche et facilement accessible).

L'approche pédagogique proposée repose sur l'articulation des 3 grandes phases d'un projet de conception industrielle d'un produit : imaginer une solution pour répondre à un besoin, valider des solutions techniques et valider une démarche de conception par la réalisation d'un prototype.

Imaginer une solution pour répondre à un besoin

Cette phase permet de traiter les 3 points suivants :

- identifier et justifier le problème technique, en lien avec un cahier des charges (à justifier, éventuellement à compléter, mais jamais à créer de toute pièce) ;
- proposer, par le biais d'une démarche de créativité, des solutions possibles pour résoudre le problème technique et valider une solution ;
- définir une solution et les pièces associées en utilisant un modeleur volumique de CAO 3D et en intégrant la relation fonctions/matière/procédé permettant de modifier les formes et dimensions d'une pièce en fonction du matériau et du procédé retenu.

Cette démarche de conception démarre d'un problème technique identifié d'amélioration d'un système existant (pas de création ex nihilo) et intègre toujours une dimension compétitivité, innovation ou développement durable. Elle fait appel aux méthodes accessibles de créativité (dans le prolongement de l'enseignement d'exploration CIT de seconde) et utilise obligatoirement un logiciel volumique de CAO 3D (à partir d'une maquette du système pré existante).

En phase de projet, elle permet à chaque élève de définir une pièce de l'ensemble (en tenant compte du procédé retenu) et à l'équipe de définir une maquette numérique de l'ensemble modifié.

Valider des solutions techniques

Cette étape permet de :

- simuler le fonctionnement du mécanisme à l'aide des outils numériques de CAO et de simulation métier (logiciels de simulation dynamique des mécanismes utilisés en modes statique et cinématique, logiciel de résistance des matériaux par éléments finis, logiciels de simulation fluidiques et thermiques, etc.) ;
- valider ou modifier une solution par rapport aux résultats de la simulation ;
- imaginer et mettre en œuvre un protocole d'essai pour vérifier la performance du système, la pertinence de la simulation en les comparant au comportement réel du mécanisme.

La phase de définition et de validation d'une solution permet d'utiliser des logiciels de simulations mécaniques associés aux logiciels volumiques (dans une approche assistée par le professeur et privilégiant l'analyse de différents scénarios amenant à choisir une solution) pour calculer des efforts, vérifier des résistances ou des déformations ou prédire des performances cinématiques. Des simulations particulières (calcul et comparaison des impacts environnementaux et simulations des procédés de transformation) peuvent être utilisés, même s'ils exigeront sans doute une assistance de la part du professeur.

Valider une démarche de conception par la réalisation d'un prototype

Cette étape correspond aux activités suivantes :

- identifier, en privilégiant l'expérimentation concrète sur des systèmes didactiques ou la simulation à l'aide de progiciels spécifiques, les principaux paramètres influents (matériaux, réglages) d'un procédé de transformation et les conséquences sur l'obtention de pièces mécaniques ;
- réaliser et valider une pièce prototypée à partir des systèmes didactiques disponibles ;
- intégrer les pièces prototypées réalisées dans le système pluri technique, mesurer les performances obtenues ;
- analyser les performances obtenues et l'intérêt des modifications proposées et valider ou critiquer la reconception globale du système.

La simulation des procédés se limite aux principaux procédés proposés dans le programme et est menée sur des logiciels de simulation adaptés (en évitant l'utilisation de logiciels professionnels métiers trop complexes à maîtriser), associés à un modeleur volumique. Elle permet de découvrir des procédés non présents dans le pôle ITEC, d'identifier les paramètres importants des principaux procédés et de mener des expérimentations virtuelles sur leurs influences, de définir des pièces en tenant compte de certaines contraintes d'obtention

La découverte des procédés de transformation

Il s'agit de découvrir les principes des principaux procédés de transformation des matériaux, primaires (qui créent la forme), secondaires (qui modifient la forme) et tertiaires (qui améliorent les performances). Cette découverte priviliege l'expérimentation sur des systèmes didactiques de fonderie (moules silicone, fonderie cire perdue), de moulage (injection plastique), de déformation (cambrage, pliage) et d'usinage. Dans chaque situation, on ne mènera pas d'optimisation des processus associés et on se limitera à formaliser un processus logique de réalisation, faisant apparaître un ordonnancement global des opérations, les réglages des principaux paramètres et les critères de validation à vérifier. L'approche des procédés en STI2D ne s'intéresse pas aux processus et à leur optimisation, ce qui n'interdit pas de faire une préparation du travail cohérente dans une démarche de prototypage non reproductible.

Les productions attendues du projet ITEC

Chaque groupe d'élèves produit une analyse collective structurée autour de la résolution d'un problème technique associé à un support existant et intégrant des composantes : développement durable et/ou de créativité technologique et de compétitivité.

Le projet implique la réalisation d'un prototype à partir d'un système réel existant et l'évaluation des solutions proposées par l'équipe se fait à partir de l'analyse du fonctionnement de ce prototype.

Les thèmes d'activités relatifs aux activités en ITEC

Le tableau ci-dessous présente des exemples de thèmes sociétaux permettant d'ancre les problématiques dans un contexte de développement durable et d'éco citoyenneté.

| Thèmes sociétaux | Problématique |
|------------------|---|
| Confort | <ul style="list-style-type: none">Améliorer le confort ou l'ergonomie d'un système <i>Diminuer les vibrations ressenties lors de l'utilisation d'un système</i>Améliorer le confort d'un environnement <i>Diminuer le bruit produit par un système</i> |
| Énergie | <ul style="list-style-type: none">Diminuer le besoin énergétique <i>Diminuer la consommation d'énergie d'un système</i>Assurer l'indépendance énergétique <i>Intégrer un générateur d'énergie renouvelable à un système</i> |
| Environnement | <ul style="list-style-type: none">Diminuer les nuisances environnementales générées par un système (bruit, vibrations, lumière, émissions de polluants...) <i>Diminuer les rejets polluants d'un système jetable ou le remplacer</i>Diminuer les ressources matérielles nécessaires à la réalisation ou au fonctionnement d'un système <i>Diminuer la quantité de matériaux nécessaires pour réaliser un système</i>Utiliser des ressources recyclées pour réaliser un nouveau système <i>Intégrer des matériaux recyclés ou recyclables dans un système</i> |
| Santé | <ul style="list-style-type: none">Protéger la santé <i>Equiper un système afin de limiter les risques d'accidents</i>Améliorer la santé ou pallier à un handicap <i>Equiper une personne d'un système permettant de diminuer son handicap</i> |
| Mobilité | <ul style="list-style-type: none">Améliorer la mobilité de l'usager <i>Équiper un individu ou un environnement afin d'améliorer sa mobilité</i> |

| | |
|-----------------------------|--|
| Protection | <ul style="list-style-type: none"> • Protéger un environnement vis-à-vis des risques naturels <i>Modifier une structure porteuse d'éolienne pour résister aux cyclones</i> • Protéger un environnement ou un système des tentatives de dégradation ou d'intrusion <i>Modifier un système pour limiter les risques de vol</i> |
| Assistance au développement | <ul style="list-style-type: none"> • Fournir des ressources ou des équipements nécessaires à un environnement en manque (eau, énergie, alimentation, matériaux) <i>Fournir de l'eau et de l'électricité à un village éloigné de toute infrastructure</i> |

L'approche élève des activités

Les études de dossier technologiques et les projets peuvent être abordés selon plusieurs approches qui permettent à l'enseignant de proposer des questions et des situations problèmes dont certaines sont résumées dans le tableau ci-après :

| Exemple d'approche | Exemple de questionnement associé |
|---------------------------------|---|
| Approche fonctionnelle | À quoi sert ce système ? |
| Approche structurelle | Pourquoi et comment ces constituants sont-ils reliés ainsi ? |
| Approche comportementale | Comment se comporte ce mécanisme lorsqu'on change certains paramètres ? Quelles sont les performances de deux solutions technologiques différentes ? |
| Approche historique | Quelles sont les principales différences de solutions technologiques entre ces deux systèmes ? |
| Approche maintenance | On observe sur ce système pluri-techniques une dégradation (déformation, baisse de performance énergétique). Quelle peut en être la cause ? |
| Approche socioculturelle | Quelles différences de conception, de mise en œuvre, de solutions technologiques sont induites par des différences socioculturelles ? |

Contenus abordables en début de première.

Les éléments du programme de la spécialité ITEC listés ci-dessous peuvent être abordés sans avoir traité les savoirs de l'enseignement transversal. En parallèle, il est donc facile d'établir les liens entre enseignements technologiques transversaux et enseignements spécifiques de spécialité, puisque toutes les autres notions s'appuieront nécessairement sur les enseignements transversaux.

- 1.3 La démarche de projet : Les projets industriels
- 1.4 Créativité et innovation technologique
- 1.5 Description et représentation

2.1 Conception des mécanismes

- Définition volumique et numérique (CAO 3D) des formes et dimensions d'une pièce, prise en compte des contraintes fonctionnelles
- Influences du principe de réalisation et du matériau choisis sur les formes et dimensions d'une pièce simple
- Formalisation et justification d'une solution de conception : illustrations 3D (vues photo réalistes, éclatés, mises en plan, diagramme cause effet, carte mentale, présentation PAO)

3.1 Procédés de transformation de la matière

- Principes de transformation de la matière (ajout, enlèvement, transformation et déformation de la matière)
- Paramètres liés aux procédés Limitations, contraintes liées aux matériaux, aux possibilités des procédés, aux coûts - à l'environnement
- Expérimentation de procédés, protocole de mise en œuvre, réalisation de pièces prototypes.
- Prototypage rapide : simulation et préparation des fichiers, post traitement de la pièce pour une exploitation en impression 3D
- Coulage de pièces prototypées en résine et/ou en alliage métallique (coulée sous vide)

Proposition de centres d'intérêt en ITEC

Les enseignements de la spécialité peuvent être organisés autour de centres d'intérêt permettant de mener en parallèle des activités de formation différentes centrées sur un même objectif. Le tableau ci-après propose une série de centre d'intérêt que les enseignants pourront utiliser ou modifier en fonction des contraintes organisationnelles et matérielles locales.

| Centres d'intérêt proposés | | Outils et activités mis en œuvre | Connaissances abordées | Réf de compétences visées |
|----------------------------|---|--|---|--|
| CI 1 | Besoin et performances d'un système | Diagrammes SysML adaptés Logiciel CAO 3D et simulations associées Instrumentation de mesures | Description et représentation Comportement d'un mécanisme ou d'une pièce | CO7.itec1 CO7.itec2 |
| CI 2 | Compétitivité, design et ergonomie des systèmes | Logiciel CAO 3D Méthodes de créativité | Description et représentation Créativité et innovations technologiques Comportement d'un mécanisme ou d'une pièce | CO7.itec2 |
| CI 3 | Eco-conception des mécanismes | Logiciel CAO 3D Logiciel éco conception ACV Logiciel d'aide au choix des matériaux | Description et représentation Conception des mécanismes | CO7.itec3 CO7.itec4. |
| CI 4 | Structure, matériaux et protections d'un système | Logiciel CAO 3D et module analyse mécanique (statique, cinématique, dynamique et RdM associés) Logiciel d'aide au choix des matériaux Machine d'essais des matériaux Supports didactiques | Description et représentation Conception des mécanismes Comportement d'un mécanisme ou d'une pièce | CO8.itec1 CO8.itec2 CO8.itec3. CO8.itec4. |

| Centres proposés | | d'intérêt | Outils et activités mis en œuvre | Connaissances abordées | Réf de compétences visées |
|------------------|--|---|---|--|--|
| CI 5 | | Transmission de mouvement et de puissance d'un système | Logiciel CAO 3D et module analyse mécanique (statique, cinématique, dynamique et RdM associés) Bases de connaissances transformation de mvt, transmission de puissance Supports didactiques | Description et représentation Conception des mécanismes Comportement d'un mécanisme ou d'une pièce | CO8.itec1 CO8.itec2 CO8.itec3. CO8.itec4. |
| CI 6 | | Procédés de réalisation | Logiciel CAO 3D et modules de simulation des procédés associés Bases de données matériaux et procédés Machines didactisées de procédés | Description et représentation Relation PMP Comportement d'un mécanisme ou d'une pièce Essais, mesures et validation | CO9.itec1. CO9.itec2. CO9.itec3 |

Propositions d'activités élèves en projet ITEC

Les projets peuvent privilégier un ou plusieurs points de vue particuliers spécifiques à la spécialité Innovation Technologique et Eco Conception. Le tableau ci-dessous propose, pour chaque grande étape du projet, des exemples d'activités particulières pouvant être retenues pour définir et organiser les taches attendues ainsi que des exemples de thème de projet.

| Activités des élèves en projet | | | |
|--------------------------------|--|---|--|
| Étapes du projet | Points de vue privilégiés | | |
| | Compétitivité des produits | Développement durable | |
| Analyser le besoin | À partir d'un système existant : <ul style="list-style-type: none"> • Analyser le besoin auquel il répond et le cahier des charges associés • Analyser les brevets et normes associées au produit • Analyser le design et l'ergonomie du système • Analyser les fonctions et la structure du système • Comparer ses caractéristiques avec des systèmes rendant le même service • Vérifier ses performances par expérimentation et/ou simulations proposées | À partir d'un système existant : <ul style="list-style-type: none"> • Analyser le cycle de vie du produit • Analyser les impacts environnementaux pertinents associés au système • Comparer les caractéristiques énergétiques du système avec des systèmes rendant le même service • Vérifier ses performances énergétiques par expérimentation et/ou simulations proposées | |
| Concevoir | À partir d'un système existant et d'un cahier des charges définissant un nouveau besoin (amélioration des performances, modification de l'usage, etc.) : | À partir d'un système existant et d'un cahier des charges définissant une amélioration des performances environnementales d'un système (amélioration des performances énergétiques, diminution des impacts écologiques, etc.) : | |

| | | |
|---------------------------|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> Mettre en œuvre une méthode de créativité pour imaginer des réponses au besoin Définir des critères de choix permettant de classer les solutions répondant au besoin Imaginer et représenter par des croquis plusieurs solutions répondant au besoin Modifier la maquette numérique du système pour représenter la solution retenue Simuler le comportement du mécanisme et des pièces créées Valider la solution et définir les différentes pièces le modifiant en tenant compte du procédé de fabrication et du matériau | <ul style="list-style-type: none"> Mettre en œuvre une méthode d'éco-conception pour définir des solutions d'amélioration Définir des critères de choix permettant de classer les solutions répondant au besoin Choisir et justifier une solution intégrant le choix des matériaux Modifier la maquette numérique du système pour représenter la solution retenue Simuler le comportement du mécanisme et des pièces créées Valider la solution et définir les différentes pièces le modifiant en tenant compte du procédé de fabrication et du matériau |
| Réaliser | À partir des maquettes numériques des pièces correspondant à la modification du système : <ul style="list-style-type: none"> Réaliser un prototype (impression 3D) validant les formes et dimensions de chaque pièce et valider la conception géométrique de la solution Si nécessaire, réaliser un prototype en résine (coulée sous vide) créant une pièce de résistance suffisante pour valider le fonctionnement réel du mécanisme Si nécessaire, réaliser un prototype en matériau métallique (coulée sous vide en cire perdue et parachèvement associé) permettant de valider le fonctionnement réel du mécanisme Si possible, vérifier les caractéristiques principales des pièces obtenues et conclure quant à leur conformité | |
| Valider | À partir des pièces prototypes montées sur le système à modifier : <ul style="list-style-type: none"> Vérifier le fonctionnement prévu du mécanisme Formaliser un protocole d'essai permettant de tester la solution et certaines caractéristiques Si possible, vérifier le fonctionnement prévu du système et mesurer ses nouvelles performances Analyser le comportement et les performances obtenues (avantages, inconvénients) Conclure quant à la pertinence de la modification | À partir des pièces prototypes montées sur le système à modifier : <ul style="list-style-type: none"> Vérifier le fonctionnement prévu du mécanisme Formaliser un protocole d'essai permettant de tester la solution et certaines caractéristiques Si possible, vérifier le fonctionnement prévu du système et mesurer ses nouvelles performances Analyser le comportement, les performances techniques et environnementales obtenues (avantages, inconvénients) Conclure quant à la pertinence de la modification |
| Exemples de projet | Adapter un moyeu dynamo de vélo pour récupérer et adapter l'énergie nécessaire à l'alimentation d'appareils mobiles à partir d'une connectique USB (projet transversal MEI ou mené en collaboration avec des approches | Adapter un moyeu dynamo de vélo pour récupérer et adapter l'énergie nécessaire à l'alimentation d'appareils mobiles à partir d'une connectique USB et proposer une solution d'amélioration de ses impacts environnementaux (matériaux, recyclage, fin |

| | | |
|--|---|---|
| | énergie et information) | de vie) |
| | Améliorer les performances (allégement et meilleure résistance) d'un modèle réduit (échelle 1/5 ^{ème}) de voiture de course à moteur thermique | Transformer un modèle réduit (échelle 1/5 ^{ème}) de voiture de course à moteur thermique en motorisation électrique (projet transversal ME ou mené en collaboration avec des approches énergie) |
| | Transformer le mat d'une éolienne de petite puissance pour l'adapter aux conditions climatiques tropicales (tempêtes, cyclones) et réaliser une maquette à échelle réduite de la solution | Transformer le mat d'une éolienne de petite puissance pour l'adapter aux conditions climatiques tropicales (tempêtes, cyclones) et trouver les matériaux les performants d'un point de vue ACV en fonction de son implantation. Réaliser une maquette à échelle réduite de la solution |

Prise en compte des contraintes environnementales en projet ITEC

La filière Innovation Technologique et Eco-Conception intègre à tous les niveaux de son programme la notion de développement durable et d'éco-conception. On peut retrouver ses items soit directement dans le référentiel soit de façon plus implicite dans la façon d'aborder des activités pédagogiques, des études de projets techniques ou des projets. La démarche d'éco-conception peut donc aussi être le point de départ d'une analyse structurelle d'un système visant une modification totale ou partielle, d'un choix de matériau ou de procédé de fabrication.

On peut raisonnablement envisager deux types d'approches ; une systémique dans laquelle on intègre une analyse du cycle de vie et une plus caractérisée qui peut s'appuyer sur la typologie environnementale du produit et se focalise sur une étape bien précise du cycle de vie.

Approche systémique

Cette approche peut convenir dans le cas d'études de dossiers techniques et de démarche de projets. Elle entre dans le cadre d'une étude complète en analyse du cycle de vie d'un système pluritechnologique.

Dans ce type de démarche il convient de réaliser ou d'avoir à disposition l'analyse du cycle de vie du produit (certains constructeurs peuvent fournir, dans le cadre de la norme sur l'éco-conception, le « Profil Environnemental du Produit »).

Les valeurs des impacts environnementaux vont nous permettre d'aborder une étude en éco-conception en s'orientant par exemple soit sur la diminution d'un impact environnemental soit sur le changement de typologie du produit (actif vers passif, actif vers jetable, passif vers positif...). Dans tous les cas la validation de l'éco-conception ne peut se faire qu'avec une comparaison entre l'ACV initiale et l'ACV après modification du produit.



Agir sur un impact environnemental

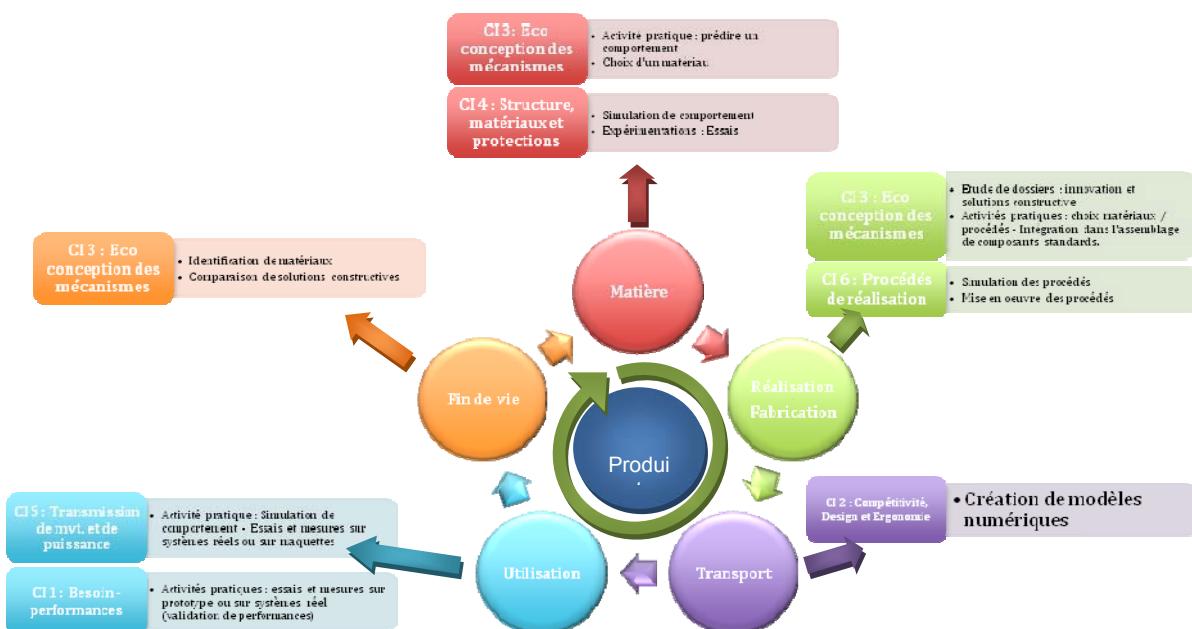
Une entreprise peut envisager, dans le cadre d'une action de communication et de promotion de reconcevoir un de ses produits en tenant compte d'un ou de plusieurs impacts environnementaux (par

exemple la réduction du gaz à effet de serre ou la préservation des ressources naturelles). Chaque entreprise peut fixer sa propre stratégie qui découle souvent de son secteur d'activité.

On trouve ainsi des stratégies de prévention, d'optimisation du service rendu sur le produit, de préservation des ressources naturelles et de réduction de pollutions. Dans tous les cas, l'ACV permet de quantifier la valeur de l'impact ciblé pour chacune des phases du cycle de vie du produit. Il est alors possible d'envisager, au travers d'un projet par exemple, de travailler à l'amélioration de cet impact ; peut-on changer le matériau ou le procédé de fabrication ? Doit-on optimiser la conception ? Peut-on agir sur la consommation d'énergie ? Quel voie doit-on privilégier dans la fin de vie du produit (recyclage –réutilisation – déchet – valorisation thermique) ?...

Approche caractérisée

Cette approche part du principe qu'une phase du cycle de vie est particulièrement impactante pour l'environnement. C'est par exemple le cas des produits dit « actifs » pour lesquels la phase d'utilisation est la plus consommatrice en énergie. Ce point de départ est soit validé par une analyse du cycle de vie, soit doit partir d'un produit pour lequel on est certain de la phase la plus impactante (cas des produits jetables ou consommateur d'énergie...). Le choix du support technique conditionne donc l'étude. Il est donc intéressant de pouvoir proposer une certaine diversité dans les produits afin de pouvoir explorer l'ensemble des étapes du cycle de vie. La particularité de cette approche est aussi de pouvoir extraire une partie du produit (une pièce, un composant, un sous-système) et de s'y focaliser. L'ensemble de ces spécificités permet au travers d'une problématique environnementale de définir les centres d'intérêts de l'enseignement de spécialité pouvant s'y accrocher.



Le tableau ci-dessous propose en ensemble de problématiques se rattachant à une phase du cycle de vie et en rapport avec les centres d'intérêts.

| Phase du cycle de vie | Centre d'intérêt | Problématique | Voie d'études / Activités |
|-----------------------|------------------|--|---|
| Matière | CI 4 CI 3 | L'analyse du cycle de vie montre qu'une pièce ou un ensemble limité de pièces est particulièrement impactant pour la phase d'extraction de la matière. | À caractéristiques mécaniques équivalentes, chercher un matériau moins impactant Incidences sur les procédés de fabrications ? Validation éventuelle de la structure de la pièce par prototypage ou simulation. |

| | | | |
|----------------------------|--------------|---|--|
| Réalisation Fabrication | CI 3 CI 6 | Eco-concevoir un produit | Innovation et solutions constructives optimiser les assemblages, diminuer le nombre des matériaux, optimisation des fonctions... |
| | CI 6 | Diminuer la consommation en énergie et la production de déchets | Chercher pour un matériau spécifié le procédé de fabrication le moins impactant en terme d'énergie (comparaison des différents procédés de soudage par exemple) Incidence sur la forme de la pièce – simulation prototypage - |
| Transport | CI 2 | Optimiser le nombre de produits à transporter à volume équivalent. | Notion de packaging. Optimiser l'emballage du produit en terme de volume, de poids de recyclabilité. |
| Utilisation | CI 5 CI 1 | Diminuer la consommation en énergie | Améliorer la transmission en énergie ou prévoir l'utilisation d'énergie renouvelable |
| | | Allonger la durée de vie du produit (permet de diminuer l'épuisement des ressources naturelles) | Optimiser la conception du produit en assurant par exemple une phase de maintenance plus adaptée (simplifier les phases de démontage, regrouper les pièces ayant le même taux d'usure) |
| Fin de vie | CI 3 | Rendre un produit jetable | Favoriser les matériaux recyclables ou valorisables thermiquement. Adapter les techniques d'assemblages facilitant le tri des pièces ayant des matériaux différents. Prévoir la réutilisation de certaines pièces pour la future évolution du produit. |

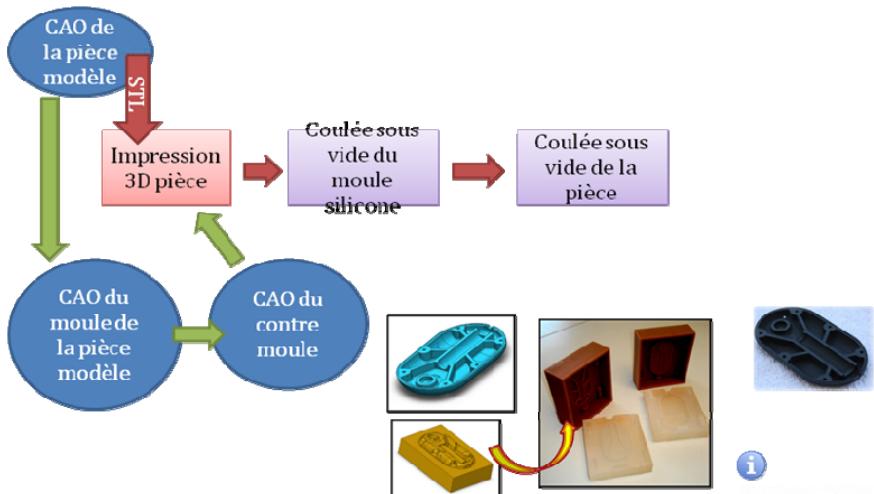
L'utilisation des outils de prototypage en ITEC (voir annexe 5)

Le prototypage en spécialité ITEC s'intéresse à 3 niveaux complémentaires de réalisation de pièces mécaniques qui pourront être assemblées sur un système :

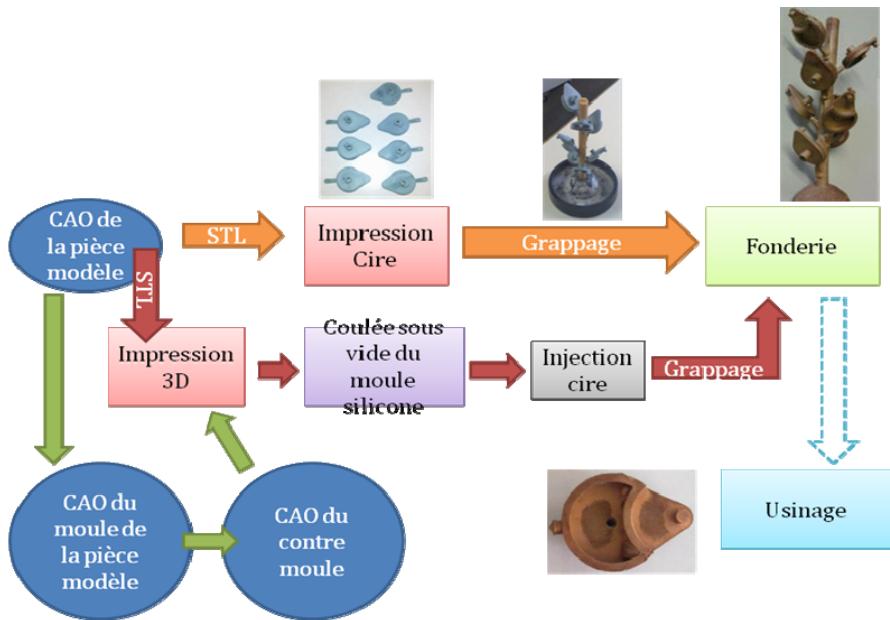
- la validation des formes et dimensions d'une pièce, en utilisant une « imprimante 3D » ;
- la validation de la résistance d'une pièce, en prototypant une pièce dans un matériau de résistance suffisante ;
- la validation de la réalisation d'une pièce dans une famille de matériaux correspondant au matériau réel.

Le premier niveau de prototypage permet de réaliser une maquette (en vraie grandeur ou à l'échelle) d'une pièce (ou d'un ensemble de pièces assemblées ou non) permettant de valider les formes et les dimensions générales (mais pas la précision des surfaces). Les imprimantes 3D permettent l'obtention de pièces composées d'une ou deux matières (une pour la pièce et une matière pour les supports dans ce dernier cas). Les matériaux utilisés sont généralement des polymères (extrudés, flashés par couche, etc.) en une ou plusieurs couleurs. Le prototypage se fait à partir d'une maquette CAO et d'une mise en situation préalable dans l'imprimante.

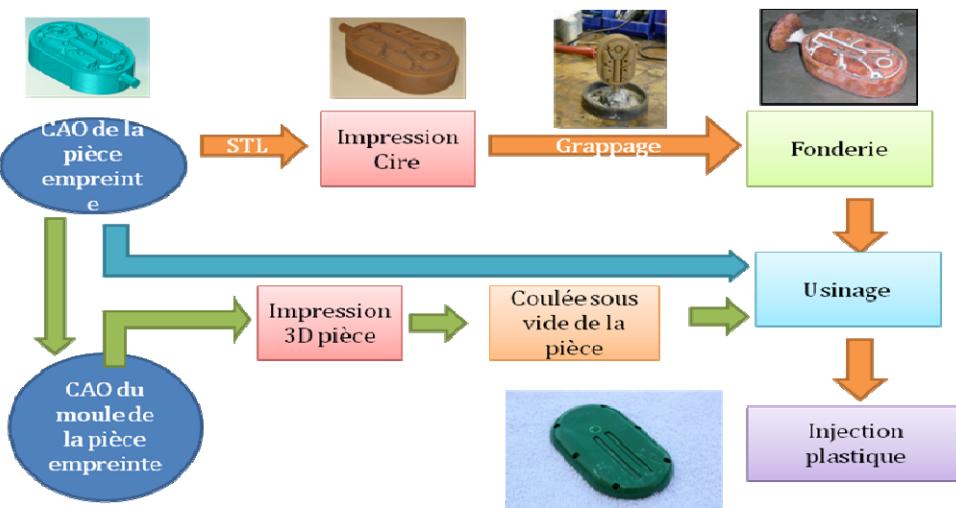
Le second niveau de prototypage permet la réalisation d'une maquette d'une pièce réalisée dans un polymère résistant, éventuellement chargé à partir d'un procédé de coulée sous vide d'une résine bi composants dans un moule en silicone. Les matériaux coulés sont des polyuréthanes bi composants chargés (talc, poudres métalliques) procurant des résistances souvent suffisantes pour valider le fonctionnement réel d'un mécanisme. La procédure utilisée comprend 3 étapes, le prototypage de la pièce sur imprimante 3D, la réalisation par coulée d'un moule en résine silicone et le coulage d'une pièce en résine dans le moule silicone. Cette technique propre à la réalisation de prototypes amène les élèves à découvrir les principes de la coulée et de la fonderie (formes, contre-dépouilles, etc.).



Le troisième niveau de prototypage permet la coulée de matériaux métalliques (alliages d'aluminium, de cuivre et même ferreux) en fusion dans un moule de plâtre obtenu par cire perdue (la grappe de pièces permettant la réalisation du moule est réalisée à partir des pièces prototypées dans une imprimante 3D). La procédure comprend 4 étapes : le prototypage de la pièce sur imprimante 3D et la réalisation d'une « grappe » modèle du moule, la réalisation d'un moule en plâtre à partir de la grappe, la coulée automatique de l'alliage en fusion dans le moule et le démoulage et parachèvement de la pièce moulée. Le parachèvement des pièces est limité au maximum et correspond à l'usinage de pièces primaires.



Le procédé RIM (Rapid injection Molding) permet l'obtention de pièces polymères « vraie matière – vrai procédé ». La pièce aura toutes les caractéristiques de la pièce qui sera industrialisée. Le moule peut être réalisé avec les procédés d'usinage (aluminium), de coulée sous vide ou de fonderie par exemple. Cet outillage ne correspond pas à l'outillage de production puisqu'il est simplifié au maximum et réalisé dans des matériaux dont la tenue à l'usure n'est pas garantie.



La réalisation des prototypes s'effectue dans une zone particulière du pôle de spécialité ITEC équipée du matériel nécessaire à l'impression 3D, au coulage sous vide de résine, à la fonderie en cire perdue et au parachèvement des pièces moulées. Cette zone est complétée par une zone d'expérimentation des procédés comportant des dispositifs didactiques de réalisation (injection plastique, déformation de tôle, fraisage, tournage) ainsi qu'une zone de caractérisation des matériaux (machine d'essai polyvalente manuelle de traction, compression, flexion, emboutissage).

Les prototypes réalisés peuvent être instrumentés dès lors qu'on souhaite mesurer des résultats, des performances ou des comportements.

✖ La spécialité Système d'information et Numérique

Les produits caractéristiques de cette spécialité sont des systèmes pluri techniques intégrant une composante informationnelle significative.

Les évolutions sociétales et technologiques ont fait de l'information un élément incontournable de notre environnement. La grande majorité des systèmes utilisés dans la formation sont représentatifs de ces évolutions et permettent d'aborder concrètement les technologies mises en œuvre dans le domaine de la communication et du pilotage des systèmes.

Dans le domaine de la communication, l'information est présente sous plusieurs formes : sonore (voix, musique), images fixes ou animées et données. Les systèmes associés à ces formes d'information permettent leur acquisition, leur stockage et leur restitution en utilisant des technologies où le numérique est devenu prépondérant en facilitant aussi les traitements complexes (numérisation, compression, multiplexage, etc.). Les niveaux d'intégration, les aspects nomades, le fonctionnement en réseau permettent des échanges « en temps réel » et une grande diversité d'applications. Les supports utilisés couvrent les biens de consommation, les biens d'équipement, l'habitat et les ouvrages mais aussi les outils d'accès à la culture et de convivialité distante (réseaux sociaux). L'innovation est présente autant dans les produits que dans les services qu'ils autorisent.

L'information est aussi présente dans les systèmes automatisés utilisés par l'homme afin de l'aider dans les différentes tâches du quotidien ou de l'environnement professionnel. Les composants électroniques et informatiques permettent d'acquérir l'état d'un système et de son environnement et d'agir selon un comportement prédéterminé. Il en est ainsi par exemple des éléments de confort dans un bâtiment, des éléments de pilotage d'un procédé de production, de l'aide à la conduite d'un véhicule ou l'assistance aux soins dans le domaine médical. L'accès au système et aux services qu'il rend, à la définition ou au paramétrage de son fonctionnement nécessitent une interface de communication entre l'homme et la « machine » (interface homme machine IHM). L'amélioration du dialogue et des performances des systèmes techniques, le besoin de sécurité des hommes et des biens passant aussi par la transmission d'informations entre les différents niveaux de commande, gestion, de surveillance et de décision.

La composante information des systèmes est abordée dans le prolongement de ce qui est proposé dans l'enseignement transversal où elle est replacée dans un contexte de systèmes pluri

technologiques visant à répondre à un besoin spécifié. Elle intègre aussi la prise en compte du développement durable notamment dans ses aspects sociaux.

Les compétences développées dans l'enseignement transversal permettent d'approfondir les connaissances des élèves dans l'analyse et la caractérisation des éléments d'une chaîne d'information. L'enseignement de spécialité s'appuie sur cette approche externe des solutions et développe en plus :

- l'étude et la mise en œuvre des constituants des réseaux d'information locaux ou globaux ;
- l'étude et la mise en œuvre des composants permettant le traitement numérique de l'information ;
- l'étude et la mise en œuvre des composants permettant le traitement du signal ;
- l'approche de la démarche de conception et de prototypage des solutions de communication de l'information et du pilotage des systèmes.

Les activités pédagogiques en SIN

Le programme des enseignements spécifiques de la spécialité s'appuie de manière privilégiée sur la mise en œuvre de projets, qui permettent de faire vivre aux élèves toutes les phases de justification, de conception, de réalisation et de validation de maquettes et/ou de prototypes à partir de problématiques authentiques et des systèmes existants.

La progression pédagogique est construite autour de centres d'intérêts qui associent au sein des séquences différents types d'activités pratiques et se concluent par des phases de synthèse.

Les activités pratiques en spécialité SIN sont basées principalement sur la mise en œuvre de démarche de résolution de problèmes associés à des systèmes accessibles :

- soit directement au sein du pôle SIN (l'aspect informationnel est alors prépondérant) ou partagés au sein du laboratoire d'analyse des systèmes (ce qui permet un approfondissement sur la ou les chaînes d'information déjà étudiées d'un point de vue plus général) ;
- soit sous forme virtuelle grâce à un accès distant via des ressources TIC à travers des équipements de vision, d'instrumentation ou de dialogue, une maquettisation virtuelle.

La motivation et l'intérêt des élèves peuvent être renforcés par une diversité des systèmes, dont certains sont proches de leur environnement ou de leurs préoccupations (média, sports, loisirs, etc.).

L'approche pédagogique proposée repose sur l'articulation des 3 grandes phases d'un projet de conception industrielle d'un produit :

- s'approprier une problématique, des contraintes et des solutions possibles ;
- imaginer et prévoir les performances de solutions ;
- valider des solutions techniques par la réalisation d'un prototype.

Si au sein d'un projet la démarche de résolution de problème est prépondérante, les différentes étapes proposées peuvent être l'objet d'activités d'investigation autour de solutions techniques. Celles-ci sont mises en œuvre au sein des systèmes du pôle STI2D ou accessibles via des supports didactiques des laboratoires ou d'évaluation proposées par les constructeurs. Ces activités de découvertes (analyse, décodage, vérification de performances, ...) servent d'appui pour les phases de conception (créativité, codage, programmation, etc.).

Imaginer une solution pour répondre à un besoin

Cette phase permet de traiter les points suivants :

- justifier ou compléter le cahier des charges associé à l'évolution ou l'amélioration attendue ;
- identifier les éléments qui devront faire l'objet de l'étude en utilisant les documents disponibles décrivant l'organisation fonctionnelle et structurelle d'un système ;
- caractériser les grandeurs d'entrées sorties, les comportements attendus, les interactions avec les autres éléments du système ;
- recenser et tester des solutions techniques susceptibles de répondre au besoin (évaluation des solutions constructeurs, réutilisation d'éléments existants ou déjà développés).

Cette démarche de conception s'appuie sur un problème technique identifié d'amélioration d'un système existant (pas de création ex nihilo) et intègre le point de vue innovation et compétitivité et la prise en compte des contraintes du développement durable.

La compréhension de l'organisation structurelle et comportementale des systèmes met en œuvre les outils de modélisation SysML accompagnés des documentations techniques du système et de ses composants.

Dans le domaine de l'information, les solutions déclinent une grande diversité de composants : des circuits (microcontrôleurs, FGA), des éléments informatiques (interfaces d'accès ou de gestion de réseaux) etc. . Ils associent étroitement la mise en œuvre des aspects matériels et l'adaptation ou la programmation de comportements. Au sein du projet, les phases d'analyse des solutions à faire évoluer (existant) ou à intégrer (nouvelle solution) permettant l'acquisition progressive de la culture des solutions techniques. Les **critères de choix** intègrent non seulement les **performances** techniques intrinsèques mais aussi la capacité à appréhender et mobiliser **l'environnement de développement**.

Valider des solutions techniques

Cette étape permet de :

- Définir les éléments d'une solution dans les aspects matériel (conditions de mise en œuvre des composants, caractérisation des entrées-sorties) et selon le comportement attendu (définition des variables, modification ou réutilisation d'éléments de programmes) ;
- adapter la solution pour obtenir un fonctionnement conforme aux attentes ;
- préparer et paramétrier les outils de simulation : choisir et associer les modèles de comportements pertinents, prévoir les modes de tests (paramétrages des sources ou entrées, choix du pas de calcul) et les différents éléments de validation du fonctionnement (points de mesure, affichage des résultats) ;
- simuler le comportement en tenant compte de l'environnement et des conditions possibles de fonctionnement (fonctionnement nominal, dispersion des composants, grandeurs d'influence).
- Imaginer et mettre en œuvre un protocole d'essai pour vérifier la performance du système et mesurer des écarts entre la simulation le comportement réel ;
- établir les éléments de communication technique associant la définition de la solution et les tests.

La phase de validation d'une solution par simulation oblige l'élève à appréhender progressivement des environnements où les fonctions sont modélisées. L'élève n'a pas à construire les modèles qu'il utilise mais simplement de les adapter ou paramétrier en tant que de besoin des modèles fournis par le professeur. En complément de ces adaptations, l'élève doit également apprendre à :

- simuler les grandeurs d'entrées (création de générateurs ou états adaptés, tableau de valeurs) ;
- visualiser les résultats et comportements attendus (affichage d'une valeur, d'une courbe, d'une trame) ;
- adapter les pas de calcul aux évolutions attendues des grandeurs ;
- prévoir les étapes de la simulation (pas à pas, points d'arrêts) ;
- connecter certains simulateurs (émulateur ou JTag) à l'environnement réel.

Gérer la vie d'un système

Cette étape correspond aux activités suivantes :

- réaliser et valider une maquette ou un prototype de tout ou partie du système à partir de constituants standard disponibles ;
- réaliser l'intégration de la maquette ou du prototype dans le système afin de vérifier sa conformité par rapport aux attentes d'un cahier des charges ;
- analyser et mettre en œuvre un système en vue de constater/mesurer des écarts avec des spécifications d'un cahier des charges, d'une évolution normative ou réglementaire, la conformité d'un service attendu par un utilisateur ;
- organiser et planifier la réalisation d'une maquette en vue de tester la réponse aux évolutions d'un système ;

- intervenir sur un système dans le cadre d'une optimisation de performance, d'une mise à jour matérielle ou logicielle, d'une opération de maintenance.

Les productions attendues du projet SIN

Chaque groupe d'élèves produit une analyse collective structurée autour de la résolution d'un problème technique associé à un support existant et intégrant des composantes développement durable et/ou de créativité technologique et de compétitivité.

Le projet conduit à la réalisation d'une maquette ou d'un prototype en relation avec une problématique associée à un système réel existant. Il se conclut par l'analyse des performances de la maquette ou du prototype et de son intégration dans le système support au regard des évolutions du cahier des charges du système initial.

Le travail de l'équipe est complété par une analyse critique de la conduite du projet et des résultats obtenus.

Suivant les apprentissages visés, plusieurs stratégies peuvent être envisagées dans le cadre des productions demandées aux élèves :

- seules quelques étapes du projet sont déclinées, ce qui induit ou limite la production réalisée :
 - la solution est définie et seule l'étape de simulation et/ou de réalisation est demandée ;
 - seule la phase de conception est attendue à travers la définition et la validation par simulation, l'étape de maquettage n'est pas demandée ;
- toutes les étapes du projet sont mises en œuvre : c'est par exemple le cas dans le cadre d'un projet de synthèse (proposé en cours de formation), ou d'évaluation (imposé en fin de formation).

Dans le cadre du projet, les travaux des élèves peuvent être diversifiés :

- des productions différentes peuvent être associées à la réalisation d'une maquette unique : exemple conditionnement de différents capteurs associés à une même centrale de mesure (station météorologiques, gestion centralisée d'un équipement) ;
- plusieurs solutions peuvent être étudiées à partir d'un même cahier des charges : test de solutions à base d'un microcontrôleur adapté ou d'un FPGA, de composants d'E/S spécialisés.

La production des groupes d'élèves permet alors de caractériser chaque solution et de les mettre en perspective dans une phase de synthèse conduite par le professeur.

Un même support peut permettre plusieurs projets. Certains pouvant être associés aux aspects techniques de tout ou partie des solutions employées, d'autres à une approche plus globale notamment dans le cadre du développement durable (développement de service, performance globale).

Les thèmes d'activités relatifs aux activités en SIN

Le tableau ci-dessous présente des exemples de thèmes sociétaux permettant d'ancrez les problématiques dans un contexte de développement durable et d'optimisation de la réponse aux besoins sociétaux.

| Thèmes sociétaux | Problématique |
|-----------------------------|---|
| Confort | <ul style="list-style-type: none"> • Améliorer le confort ou l'ergonomie d'un système <ul style="list-style-type: none"> <i>Améliorer le service rendu aux utilisateurs</i> <i>Améliorer le dialogue homme-machine</i> • Améliorer le confort d'un environnement <ul style="list-style-type: none"> <i>Renseigner et piloter les paramètres de fonctionnement d'un système</i> <i>Rendre mobile l'accès aux différentes formes de l'information (VDI)</i> |
| Énergie | <ul style="list-style-type: none"> • Diminuer le besoin énergétique <ul style="list-style-type: none"> <i>Gérer les conditions de pilotage de l'alimentation en fonction des paramètres d'environnement (éclairage, chauffage, ...)</i> • Assurer l'indépendance énergétique <ul style="list-style-type: none"> <i>Choisir et tester des technologies qui consomment peu.</i> |
| Environnement | <ul style="list-style-type: none"> • Diminuer les nuisances environnementales générées par un système (bruit, vibrations, lumière, émissions de polluants) <ul style="list-style-type: none"> <i>Gérer un éclairage ou une émission sonore en fonction de la présence d'un visiteur ou d'un utilisateur.</i> <i>Prendre en compte l'interdiction de certaines substances dangereuses (RoHS)</i> • Diminuer les ressources matérielles nécessaires à la réalisation ou au fonctionnement d'un système <ul style="list-style-type: none"> <i>Augmenter les taux d'intégration des systèmes ...</i> |
| Santé | <ul style="list-style-type: none"> • Protéger la santé <ul style="list-style-type: none"> <i>Permettre d'investiguer les différents paramètres de santé sans intrusion ou opération</i> <i>Déetecter des conditions dangereuses et prévenir</i> • Améliorer la santé ou pallier à un handicap <ul style="list-style-type: none"> <i>Générer des messages compréhensibles pour pallier un handicap</i> <i>Diagnostic ou suivi d'opération à distance</i> |
| Mobilité | <ul style="list-style-type: none"> • Améliorer la mobilité de l'usager <ul style="list-style-type: none"> <i>Développer des solutions de communication sans fil</i> <i>Permettre l'accès à des systèmes « main libres »</i> |
| Protection | <ul style="list-style-type: none"> • Protéger un environnement vis-à-vis des risques d'intrusion ou de dégradation <ul style="list-style-type: none"> <i>Déployer un système d'alarme ou de surveillance (maintenance) à distance</i> • Protéger des informations <ul style="list-style-type: none"> <i>Sauvegarder des données et empêcher qu'elles puissent être utilisées sans autorisation</i> |
| Assistance au développement | <ul style="list-style-type: none"> • Fournir des ressources ou des équipements nécessaires à un environnement en manque (eau, énergie, alimentation, matériaux, information) <ul style="list-style-type: none"> <i>Fournir des outils de mesure, de diagnostic, d'information (image, données, géolocalisation).</i> <i>Accès à la formation ou à la culture à distance.</i> |

L'approche élève des activités

Les études de dossier technologiques et les projets peuvent être abordés selon plusieurs approches qui permettent à l'enseignant de proposer des questions et des situations problèmes dont certaines sont résumées dans le tableau ci-après :

| Exemple d'approche | Exemple de questionnement associé |
|---------------------------------|---|
| Approche fonctionnelle | À quoi sert ce système ? Comment est organisé le système pour répondre au besoin ? Comment peut-on se repérer/accéder à une fonction d'un système ? |
| Approche structurelle | Comment peut-on associer les structures matérielles ou logicielles pour répondre au besoin ? |
| Approche comportementale | Comment se comporte le système d'information lorsqu'on change certains paramètres ? Quelles sont les performances de deux solutions technologiques différentes associées à la réalisation d'une même fonction ? Prise en compte de l'aspect temps réel pour répondre à une exigence du cahier des charges ? |
| Approche historique | Quelles sont les différences de solutions technologiques entre ces deux systèmes répondant à la même fonction d'usage ? (intégration, place du numérique, consommation) |
| Approche maintenance | Comment instrumenter un système pour alerter sur un fonctionnement, un état ? Quelle solution permet une surveillance à distance ? |
| Approche socioculturelle | Comment l'utilisation de certaines solutions de communication a modifié des usages ? Quelles sont les innovations qui influent sur les tendances associées à l'utilisation d'un produit (mobilité, interface graphique, ...) ? |

Contenus abordables en début de première

Les éléments du programme de la spécialité SIN listés ci-dessous peuvent être abordés sans avoir traité les savoirs de l'enseignement transversal. En parallèle, il est donc facile d'établir les liens entre enseignements technologiques transversaux et enseignements technologiques de spécialité, puisque toutes les autres notions s'appuieront nécessairement sur les enseignements transversaux.

- La démarche de projet
- La performance des systèmes
- La mesure et l'instrumentation virtuelle
- La mise en œuvre de réseaux

Proposition de centres d'intérêt en SIN

Les enseignements de la spécialité peuvent être organisés autour de centres d'intérêt permettant une progressivité des apprentissages et/ou de mener en parallèle des activités de formation différentes (nature ou supports) centrées sur un même objectif. Le tableau ci-après propose une série de centres d'intérêt que les enseignants pourront utiliser ou modifier en fonction des contraintes organisationnelles et matérielles locales.

| Centres d'intérêt proposés | Outils et activités mis en œuvre | Connaissances abordées | Réf de compétences visées |
|--|---|--|-------------------------------------|
| CI 1 Configuration et performances du traitement de l'information | Modélisation SysML Modélisation des chaînes d'informations Mise en œuvre d'un équipement didactique Systèmes techniques intégrant une chaîne d'information localisée ou distante. Appareils de mesure sur laboratoire | Représentation des systèmes Mise en œuvre d'un système | CO7.sin1 CO7.sin2 CO7.sin3 |
| CI 2 Instrumentation / Acquisition et restitution de grandeurs physiques | Sur un système du laboratoire ou un équipement didactisé ; caractérisation des constituants d'une chaîne d'acquisition et/ou prototypage d'une solution d'instrumentation virtuelle | Architecture de la chaîne d'information et paramétrage du simulateur Acquisition, conditionnement et filtrage d'une information sous forme analogique Conversion d'une information CAN et CNA. Utilisation de librairies et paramétrage de caractéristiques Identification de variables simulées sur le système pour valider le choix d'une solution Restitution d'une information VDI Adaptation d'une chaîne d'acquisition aux caractéristiques des grandeurs à acquérir | CO7.sin3 CO8. CO9.sin21 |
| CI3 Communication de l'information / Au sein d'un système | Sur un système du laboratoire ou un équipement didactisé, voire une étude de dossiers techniques, caractérisation et prototypage de solutions mettant en œuvre un bus ou un réseau local/ de terrain (Bus série, Bus I2C, réseau CAN) | Adressage physique et logique d'un composant sur un réseau Utilisation de librairies et paramétrage de caractéristiques Interfaçage de | CO7 CO8.sin1 CO8.sin4 CO9. |

| Centres d'intérêt proposés | | Outils et activités mis en œuvre | Connaissances abordées | Réf de compétences visées |
|----------------------------|---|---|---|---|
| | | <p>Relevé des trames, encapsulation des données, études des protocoles</p> <p>Interconnexion et/ou ajout de composants afficheurs (I2C), capteurs ou actionneurs (CAN)</p> | composants. Interconnexion des fonctions distribuées. Multiplexage d'une information et codage d'une transmission en bande de base | |
| CI 4 | Gestion de l'information / Structures matérielles et logicielles associées au traitement de l'information | <p>Sur un système du laboratoire ou un équipement didactisé, prototypage d'évolution de solutions utilisant des microcontrôleurs ou des FPGA</p> <p>Mise en œuvre d'outils de programmation graphique</p> <p>Simulation et implémentation des solutions sur les cibles.</p> <p>Création d'IHM</p> | Traitement d'une information numérique Traitement programmé et composants programmables Diagramme états-transitions pour un système événementiel Implémentation d'un programme dans un composant programmable Diagramme de classe Architecture client-serveur | CO7 CO8 CO9.sin1 CO9.sin4 |
| CI 5 | Communication entre systèmes | <p>Sur un système du laboratoire ou un équipement didactisé ... mises en œuvre de réseaux filaires ou sans fil</p> <p>Association de composants en réseau, adaptation/configuration d'un routeur ...</p> <p>Mise en œuvre de réseaux sans fil Zigbee, Bluetooth, Wifi ...</p> <p>Transfert d'énergie et d'information par des composants RFID</p> | Modèles en couche des réseaux, protocole et encapsulation des données Adressage physique et logique d'un composant sur un réseau Gestion du réseau Diagramme de classe Architecture client-serveur | CO7.sin2 CO7.sin3 CO8.sin3 CO8.sin4 CO9.sin3 CO9.sin4 |
| CI 6 | Traitemen analogique de l'information | <p>Sur un système du laboratoire ou un équipement didactisé ...</p> <p>Caractérisation des fonctions de traitement analogique de l'information</p> <p>Constitution d'une chaîne de conditionnement d'un capteur</p> <p>Conversion analogique numérique et numérique analogique, filtrage</p> <p>Modulation et démodulation</p> <p>Appareils de mesure</p> | Traitement d'une information analogique Modèle de comportement fréquentiel relatif à la fonction filtrage Modulation, démodulation d'un signal porteur d'une information Transmission d'une information Adaptation d'une chaîne d'acquisition aux caractéristiques des grandeurs à acquérir | CO7.sin2 CO7.sin3 CO8.sin1 CO8.sin3 CO8.sin4 CO9.sin2 CO9.EE3 |

| Centres d'intérêt proposés | Outils et activités mis en œuvre | Connaissances abordées | Réf de compétences visées |
|--------------------------------|---|---|---------------------------|
| CI 7 Cycle de vie d'un produit | Organisation et mise en œuvre d'un projet Vérification des performances d'un système Maintenance matérielle ou logicielle d'un équipement | La démarche de projet Mise en œuvre d'un système Gestion de la vie d'un système | CO7 CO8 CO9 |

Propositions d'activités élèves en projet SIN

Les projets peuvent privilégier un ou plusieurs points de vue particuliers spécifiques à la spécialité Système d'information et Numérique. Le tableau ci-dessous propose, pour chaque grande étape du projet, des exemples d'activités particulières pouvant être retenues pour définir et organiser les tâches attendues ainsi que des exemples de thème de projet.

| Activités des élèves en projet | | |
|---|--|---|
| Etapes du projet | Points de vue privilégiés | |
| | Compétitivité/innovation | Développement durable |
| Les solutions étudiées pourront prendre en compte : | <ul style="list-style-type: none"> - Le niveau d'intégration, - Les performances de l'IHM, - La mobilité, - Les performances et la diversité des solutions de communication - La virtualisation.... | <ul style="list-style-type: none"> - la réduction de l'impact environnemental global au regard du cycle de vie pour le produit lui-même (impact sanitaire, énergétique, déchets) - l'amélioration du service rendu en terme social, énergétique, médical, culturel ... |
| Analyser le besoin | <p>À partir d'un système existant comportant une chaîne d'information :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modéliser la structure et le comportement d'un système à partir des diagrammes SysML adaptés • Vérifier des performances par mesurage ou simulation • Rechercher des améliorations possibles permettant de satisfaire à tout ou partie des critères de compétitivité ou d'innovation | <p>À partir d'un système existant comportant une chaîne d'information:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyser le cycle de vie du produit • Analyser les impacts environnementaux pertinents associés au système • Rechercher des moyens d'adapter le fonctionnement du système à une nouvelle définition du besoin : <ul style="list-style-type: none"> - identifier les paramètres caractéristiques mesurables ; - rechercher des solutions liées à la satisfaction des exigences du développement durable. |
| Concevoir | <p>À partir de l'analyse de la chaîne d'information du système étudié :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organiser un projet et répartir les différentes tâches entre les membres d'une équipe, planifier les étapes du projet • Identifier les fonctions/blocs concernés par la recherche de nouvelles solutions | <p>À partir de l'analyse de la chaîne d'information du système étudié :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifier les constituants de la chaîne d'information ; • Analyser leurs caractéristiques et leurs performances au regard d'un critère lié au développement durable • Rechercher des solutions permettant d'améliorer les performances liées à ce critère |

| | | |
|---------------------------|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Compléter si besoin les diagrammes nécessaires à la modélisation du système • Rechercher et tester des solutions permettant de satisfaire le besoin • Définir l'environnement matériel et logiciel nécessaire à l'implémentation de la solution • Analyser un programme et modifier une partie • Analyser une trame • Paramétrier et organiser l'environnement de simulation • Analyser les caractéristiques et performances obtenues par simulation | <ul style="list-style-type: none"> • Adapter l'organisation fonctionnelle et structurelle du système en fonction d'une solution choisie • Simuler dans la mesure du possible la solution et vérifier les performances • Conclure sur la pertinence de la solution |
| Réaliser | <p>À partir de la définition des modifications de la structure de la chaîne d'information à améliorer :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organiser un projet et répartir les différentes tâches entre les membres d'une équipe, planifier les étapes du projet. • Réaliser le suivi du projet et préparer les revues de projets. • Instrumenter un système • Implanter des solutions mettant en œuvre des structures programmables • Adapter un logiciel en vue de répondre à un comportement spécifié • Créer ou adapter une IHM simple • Configurer une passerelle dans le cadre de la mise en réseau de ressources • Installer configurer un serveur • Mettre en œuvre, configurer des solutions de communication sans fil • Mesurer les performances des solutions mises en œuvre • Etablir un dossier de présentation de la maquette et de ses performances | <p>À partir de la définition des modifications de la structure de la chaîne d'énergie à améliorer :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instrumenter un système en vue de mesurer un des impacts DD • Implanter une solution répondant à l'amélioration d'un indicateur lié au DD • Vérifier les performances de la solution et du système global |
| Valider | <p>À partir de la maquette réalisée :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vérifier expérimentalement que la solution retenue satisfait au besoin • Mesurer ou évaluer l'écart entre la solution initiale et la solution proposée par rapport à des critères identifiés • Établir un rapport décrivant la solution réalisée et les performances obtenues | |
| Exemples de projet | <p style="text-align: center;">Système industriel de mesure ou détection communicant (fuite d'eau, compteur d'énergie,)</p> <p style="text-align: center;">Instrumentation communicante en local et à distance</p> | |

| | |
|--|---|
| | <p>Phase de préparation professeur</p> <p>Mise à disposition des élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des composants du système (détecteurs communicants, centrale) • De tout ou partie des diagrammes SysML relatifs au système • Des appareils de mesure et de simulation appropriés <p>Conception, Réalisation, Validation :</p> |
| | <p>Cahier des charges, développement d'une solution de mesure distante d'humidité ou d'énergie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proposer une structure permettant d'acquérir et conditionner une grandeur caractéristique d'un système • Valider la chaîne de conditionnement par simulation • Implanter la solution sur des cartes didactiques de conditionnement de capteurs, de transmission et d'affichage de l'information • Valider la solution de mesure distante d'une information <p>Cahier des charges, développement d'une solution de mesure distante d'humidité ou d'énergie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proposer une structure permettant d'acquérir et conditionner une grandeur caractéristique d'un système • Valider la chaîne de conditionnement par simulation • Implanter la solution sur des cartes didactiques de conditionnement de capteurs, de transmission et d'affichage de l'information • Valider la solution de mesure distante d'une information |
| Télécommande un équipement informatique mobile | |
| Chaîne d'information de commande à distance d'un système | |
| | <p>Phase de préparation professeur</p> <p>Mise à disposition des élèves des éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une maquette d'un équipement mobile et communicant (robot autonome, drone motorisé) • D'un équipement (manette de jeu, smartphone..) embarquant des accéléromètres et communiquer via une liaison Bluetooth • D'un environnement de développement graphique proposant des modules graphiques préprogrammés • Une caméra embarquée sur le robot et son module de transmission et un système de réception de l'image • Tout ou partie des diagrammes SysML relatifs au système <p>Conception, Réalisation, Validation :</p> |
| | <p>Cahier des charges, associer les déplacements du robot aux mouvements d'un équipement bluetooth (manette de jeu, smartphone...) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyser les informations issues du module accéléromètre à partir d'une application récupérant les informations bluetooth. • Analyser le programme de commande existant • Implanter sur des cartes prototypes et/ou en liaison avec les composants du robot une évolution du programme <p>Cahier des charges, associer les déplacements du robot aux mouvements d'un équipement bluetooth (manette de jeu, smartphone...) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyser les informations issues du module accéléromètre à partir d'une application récupérant les informations bluetooth • Analyser le programme de commande existant • Implanter sur des cartes prototypes et/ou en liaison avec les composants du robot une évolution du |

| | | |
|--|--|--|
| | permettant de le piloter à partir des indications issues des capteurs d'accélération | programme permettant de le piloter à partir des indications issues des capteurs d'accélération |
| Système d'identification et de repérage de position GPS (véhicule d'une flotte de transport routier, taxis, usagers, animaux équipés d'une balise) | | |
| Système d'information global associé à un système local | | |
| Phase de préparation professeur | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • modules émetteurs GSM • modules GPS communicant • 1 système de réception GSM associé à une carte de traitement • 1 logiciel de cartographie associé aux coordonnées GPS • Un scenario d'optimisation des parcours (durée de travail, distances parcourues, impondérables, etc.) associé à un algorithme • Tout ou partie des diagrammes SysML relatifs au système | | |
| Conception, Réalisation, Validation : | | |
| Cahier des charges , valider un système de géolocalisation par GPS : | Cahier des charges , valider un système de géolocalisation par GPS : | Cahier des charges , valider un système de géolocalisation par GPS : |
| <ul style="list-style-type: none"> • Analyser les ressources techniques disponibles, documentation technique, logiciel d'analyse et de programmation • Prototyper une solution de détection d'un appel GSM entrant, d'identification de l'émetteur et de reconnaissance d'une position géographique via un GPS. | <ul style="list-style-type: none"> • Analyser les ressources techniques disponibles, documentation technique, logiciel d'analyse et de programmation • Prototyper une solution de détection d'un appel GSM entrant, d'identification de l'émetteur et de reconnaissance d'une position géographique via un GPS | <ul style="list-style-type: none"> • Analyser les ressources techniques disponibles, documentation technique, logiciel d'analyse et de programmation • Prototyper une solution de détection d'un appel GSM entrant, d'identification de l'émetteur et de reconnaissance d'une position géographique via un GPS |

L'utilisation des maquettes et prototypes en SIN

Le projet développé en SIN s'appuie sur un cahier des charges décrivant des fonctionnalités attendues, des performances souhaitées et des contraintes à prendre en compte. Le problème posé correspond à l'un des axes d'études proposés : compétitivité/innovation et/ou développement durable. Afin de donner encore plus de réalité à l'étude demandée, il est possible de préciser un contexte complémentaire associant un calendrier, des coûts et autres contraintes à respecter.

L'utilisation des outils de modélisation SysML permet de définir les contraintes à l'aide des différents diagrammes (exigences, blocs et cas d'utilisation) et leur traçabilité (allocation).

Les maquettes et prototypes réalisés en STI2D, le sont toujours à partir d'un système existant, réel ou virtuel, si possible disponible dans le pôle STI2D ou, à défaut, dans le lycée ou dans son environnement proche.

Le prototypage et la réalisation de maquettes en spécialité SIN s'intéressent à la mise en œuvre effective de solutions techniques à partir :

- des systèmes des laboratoires (instrumentation, évolution par développement de solutions) ;
- des composants ou sous-systèmes permettant la concrétisation de la solution :
 - cartes d'évaluation de circuits spécifiques proposés directement par les fournisseurs industriels (microcontrôleur, FPGA) ou des sociétés spécialisées dans le matériel didactique (module GPS, LCD) ;
 - composants d'entrées/sorties, d'instrumentation ;
 - composants de communication et réseaux spécialisés : routeurs, switches manageables, modules Wifi, bluetooth ;
 - ...

La mise en œuvre des différents composants associe étroitement des applications logicielles et des environnements de développement associés.

Suivant la nature de la solution envisagée, plusieurs modèles d'architecture sont possibles amenant à définir une répartition des fonctions entre les composantes matérielles et logicielles du projet (partitionnement). Il est possible, dans certains cas, de paramétriser les modalités de partitionnement à partir d'opérations manuelles ou assistées. Il faut alors prendre en compte les données suivantes :

le logiciel induit une souplesse et un coût faible ;

le matériel induit des performances et un coût élevés

En terme de conception et dans un souci de compétitivité, il peut être mis en évidence que le meilleur compromis logiciel/matériel devrait permettre d'obtenir le plus grand rapport performances/coût/durée de développement.

Il faut éviter de multiplier le nombre de logiciels auxquels est confronté un élève durant sa scolarité. C'est notamment pour cela que des applications aux caractéristiques moins « métiers » peuvent être avantageusement utilisées pour la réalisation le maquettage des solutions. Le choix de la cohérence des modèles notamment liée au comportement (utilisation du modèle états-transition) doit permettre de spécifier puis d'implémenter un comportement sous différents environnements et cibles.

Les outils de programmation graphiques seront à privilégier pour définir tant une structure programmable (FPGA, P-Soc) que le comportement (micro contrôleur, IHM).

La modification de programmes ou de structures fera appel à des librairies de fonctions logicielles et/ou structurelles (blocs IP)

Il est à noter que les « composants » utilisés ici sont souvent des cartes comportant les circuits électroniques spécialisés dans la réalisation de la fonction recherchée, les circuits et la connectique permettant leur mise en œuvre (alimentation, adressage, programmation in situ). Les élèves ne réalisent aucun circuit imprimé avec des moyens « artisanaux » jusqu'alors disponibles dans les lycées. En cas de conception de cartes, celles-ci seront sous-traitées aux entreprises industrielles spécialisées permettant ainsi de proposer des cartes adaptées aux boîtiers actuellement disponibles.

L'élaboration d'un dossier de conception et de réalisation peut nécessiter l'utilisation de logiciels d'édition de schéma voire de réalisation d'une carte. Le choix de cartes disposant d'un espace prototypage devrait permettre de réduire au minimum les problématiques de connectique et le besoin de circuits imprimés supplémentaires.

Il est rappelé que dans le cadre des projets et compte tenu des contraintes à prendre en compte, la validation fonctionnelle et comportementale de la solution implique bien entendu la mesure des performances. Les solutions mises à disposition des élèves permettent majoritairement de respecter ces exigences sans toutefois permettre la réalisation d'un prototype qui est constitué des solutions industrialisables. La réalisation d'un prototype pourra être envisagée dans le cadre de l'association de produits du marché par exemple dans le cadre de l'étude des réseaux.

A toutes les étapes du projet, l'élève est amené à manipuler les principaux appareils de mesure du laboratoire. Les élèves doivent être amenés à justifier le choix des appareils requis, conditionné par la nature des grandeurs à mesurer et les conditions de la mesure, manuelle ou automatique.

Dans le respect des exigences du programme, il sera intéressant de mettre en évidence le support de l'information et les contraintes associées.

Le pilotage des appareils de mesure, la mise en œuvre d'une instrumentation spécifique peuvent être en soi des projets.

La limitation de la diversité des applications logicielles auxquelles doit être confronté l'élève, fait que l'utilisation d'une solution « généraliste » est à privilégier qui permette la gestion aussi bien de l'instrumentation virtuelle à travers une grande diversité de cartes ou interfaces d'E/S, que des appareils de mesure de marques différentes via un bus GPIB ou l'USB.

Comment enseigner ?

Ce chapitre propose des conseils pratiques à la mise en place d'activités de formation en STI2D

Affirmation du rôle du conseil pédagogique dans les choix propres à l'établissement

Les établissements sont de plus en plus autonomes, et un grand nombre d'arbitrages se font dorénavant localement en fonction de projets pensés, élaborés et argumentés par les équipes. Le conseil pédagogique, plus encore que le conseil d'administration, les conseils d'enseignement ou la commission permanente, attestent de cette évolution. En 2005, l'article 38 du Code de l'éducation le définit ainsi : « Dans chaque EPLE est institué un conseil pédagogique. Ce conseil, présidé par le chef d'établissement, réunit au moins un professeur principal de chaque niveau d'enseignement, au moins un professeur par champ disciplinaire, un conseiller principal d'éducation et, le cas échéant, le chef de travaux. Il a pour mission de favoriser la concertation entre les professeurs, notamment pour coordonner les enseignements, la notation et l'évaluation des activités scolaires. Il prépare la partie pédagogique du projet d'établissement. »

Les chefs d'établissement assument la responsabilité pédagogique que leur confère ce conseil, qui relève pour la plupart d'entre eux d'une « démarche participative ». Le conseil pédagogique est une instance consultative qui ne se substitue pas à la commission permanente et encore moins au conseil d'administration, seule instance délibérative.

Ce nouveau conseil est le lieu où tous les acteurs volontaires, sortis de leur champ disciplinaire, prennent part aux propositions pour leur lycée. Quels horaires à effectifs réduits pour les enseignements de STI2D? Quels contenus et quels professeurs pour l'accompagnement personnalisé? ... Les équipes étaient déjà habituées à travailler ensemble autour d'une même discipline, maintenant il faut élargir l'équipe à la classe et plus encore à l'établissement. Les projets menés dans les classes et les activités conduites dans les laboratoires doivent s'inscrire dans le projet d'établissement, être partagés et visibles par tous.

Les établissements les plus expérimentés soulignent les points positifs de ce conseil :

- une vision partagée par la mise en commun des informations importantes pour la vie de l'établissement permettant que les décisions soient admises, ou du moins comprises, par tous ;
- une synergie liée à une réelle réflexion pédagogique ouverte et transversale donnant vie au travail en équipe en permettant l'émergence de propositions ;
- la communication fruit d'un vrai dialogue entre tous les acteurs du lycée, améliore les relations ;
- l'implication donc, la participation aux prises de décisions, responsabilise les acteurs et facilite l'intégration des nouveaux arrivants.

Cette instance – au mode de fonctionnement simple, dicté par le souci d'efficacité – instaure une réelle collégialité des pratiques, une réflexion et une concertation en équipe pluridisciplinaire. C'est une chance plus qu'une contrainte.

Affirmation du rôle du chef de travaux dans l'organisation des enseignements

Parmi les trois grandes missions du chef de travaux – responsable pédagogique, manager des enseignants et chef de projet – un point crucial concerne la mise en œuvre des emplois du temps des enseignements technologiques dans le cadre des horaires officiels.

Cet acte est essentiel pour le Chef de travaux, car il est la seule personne dans le lycée à qui on reconnaît cette expertise, grâce notamment au lien qu'il a fréquemment avec l'IA-IPR de STI.

Le Chef de travaux doit être capable de mettre en cohérence les emplois du temps des classes et des enseignants de STI.

Cela suppose qu'il connaisse les programmes d'enseignement et les référentiels de formation, les compétences des professeurs, les plateaux techniques, sans oublier de faire appel aux conseils de l'inspection pédagogique quand la question le nécessite.

Le Chef de travaux est le garant de la valeur pédagogique de l'organisation des enseignements de STI.

L'organisation des enseignements

L'enseignement transversal est dispensé par un seul professeur qui met en œuvre les approches didactiques et pédagogiques préconisées : progression organisée par centres d'intérêt, études de dossiers techniques déclinant à travers une démarche d'investigation, l'analyse de systèmes accessibles à l'aide de ressources documentaires ou directement au sein du laboratoire en appui sur une approche concrète et des activités pratiques.

Une partie des heures d'enseignement est assurée en classe entière (apports de connaissance, lancement d'activités, synthèses), d'autres nécessitent un travail de groupe en effectif réduit. La répartition des heures est définie dans le cadre de l'autonomie des établissements. Cependant, les objectifs fixés à la filière doivent induire autant que possible des situations permettant une approche pratique de la formation.

Quand un établissement dispose d'un effectif d'élèves permettant d'envisager la constitution de plusieurs groupes d'élèves à effectifs réduits, il est possible d'accueillir simultanément au sein du laboratoire d'analyse des systèmes, suffisamment grand et équipé, deux groupes d'élèves avec deux professeurs. Les domaines complémentaires de compétences des professeurs peuvent aider à l'installation de l'enseignement qui aborde des domaines pluri technologiques et le suivi des élèves.

Cette disposition ne doit en aucun cas faire que l'équipe pédagogique répartisse le programme associé à l'enseignement technologique transversal entre chaque professeur en fonction des domaines liés à leur spécialité de recrutement.

Les Activités

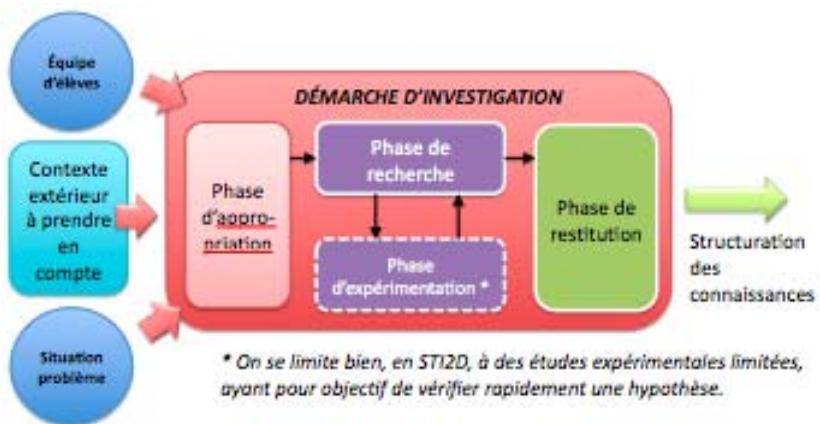
Les activités d'enseignement classiques (cours, travaux dirigés) et les situations de formation à caractère pratique (étude de dossier technologique, activités pratiques et projet) sont organisées en séquences de formation. Une séquence est une unité de temps pédagogique amenant les élèves à maîtriser un savoir identifié. Les activités de formation adaptées, progressives et enchaînées amènent

à une structuration des connaissances assurée par l'enseignant et une évaluation sommative donnant des informations sur les niveaux d'acquisition des connaissances visées.

Une séance de formation est une unité pédagogique continue correspondant à une unité de temps entre le moment où les élèves « entrent » dans le lieu de formation et le moment où ils en « sortent ».

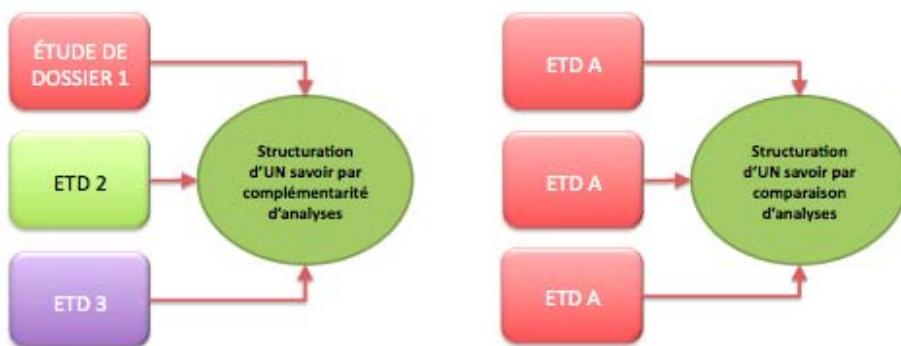
En complément des situations pédagogiques classiques, on propose de privilégier en STI2D, les situations suivantes :

Les études de dossiers techniques, qui privilégient l'ouverture vers le monde et la démarche d'investigation particulière qui s'appuie sur un contexte réel et décrit dans un dossier numérique. Elle se mène en équipe, génère des interrelations entre élèves et s'applique dans un contexte « d'ouverture » des activités. Elles se terminent toujours par une restitution de l'équipe vers la classe.



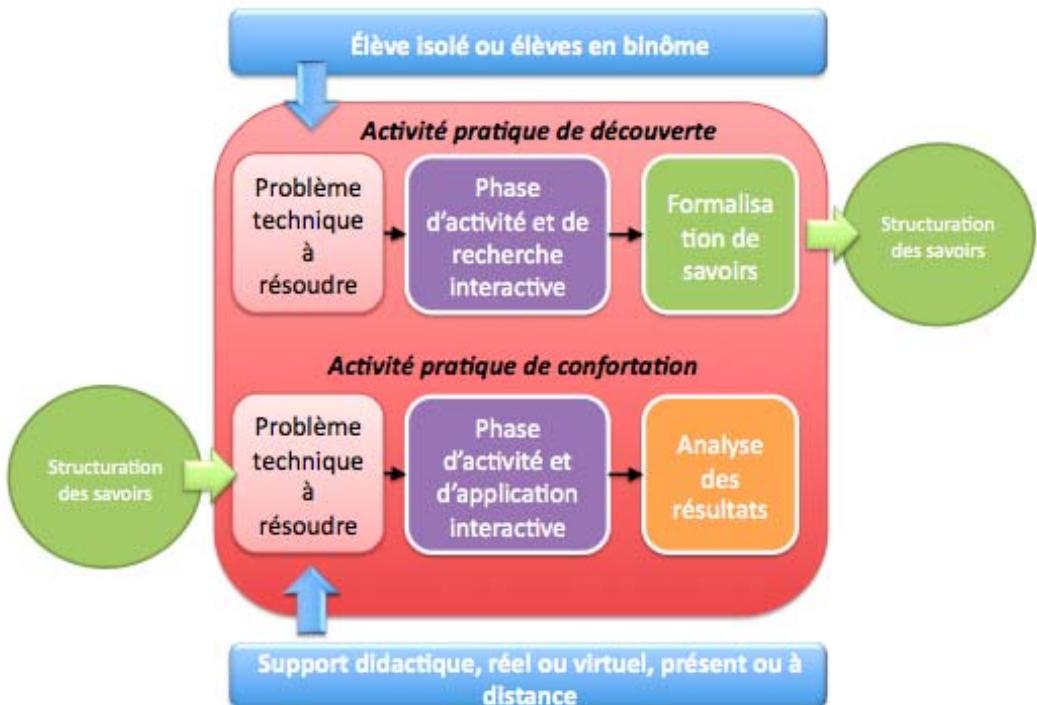
L'organisation de la classe lors des études de dossiers techniques peut prendre deux formes :

- complémentarité des analyses par des études différentes et complémentaires menées par des groupes différents visant un même objectif ;
- comparaison des analyses par des études identiques menées par des groupes différents visant un même objectif.



Les activités pratiques, qui imposent une interactivité forte entre un ou deux élèves et un support technique pour analyser concrètement un système ou pour concevoir et réaliser un prototype lors d'un projet. Elles s'intègrent dans une séquence pour :

- découvrir un concept avant de le formaliser dans une phase de structuration de connaissances (approche constructiviste) ;
- analyser un système ;
- conforter une connaissance découverte lors d'une phase de cours (approche transmissive).

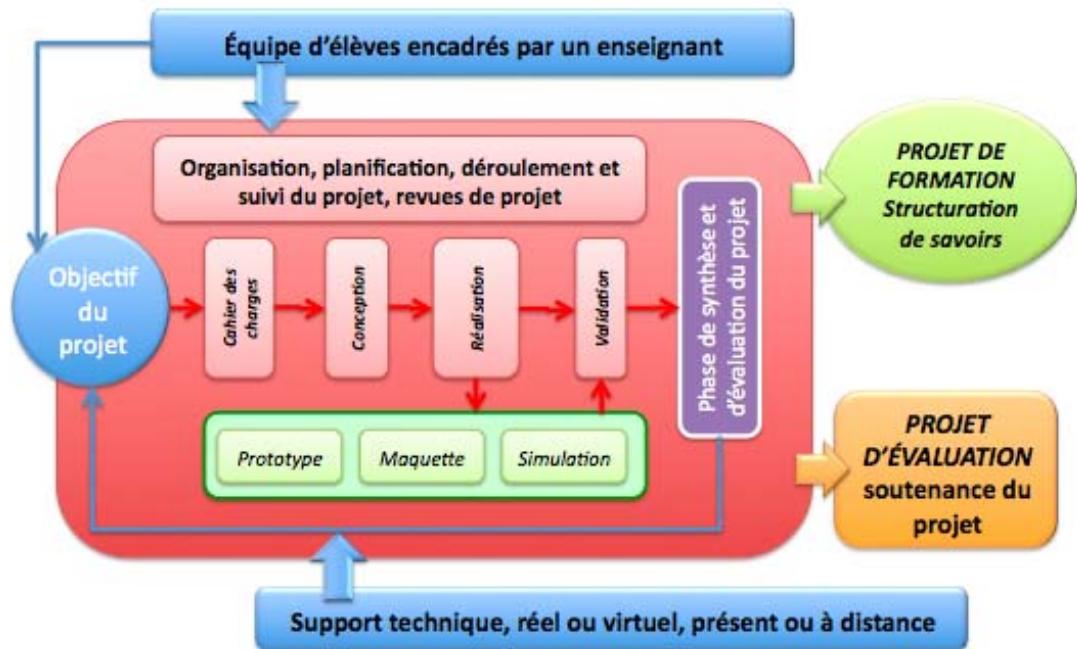


Le projet technologique, qui se caractérise par l'adhésion d'une équipe à un objectif technologique à atteindre, l'organisation collective des activités et une planification, des revues de projet pour réguler l'action, une analyse des résultats et une restitution. Il permet :

- de faire acquérir aux élèves des compétences partagées entre toutes les spécialités, relatives à l'organisation d'un travail en équipe, à la recherche de solutions, à la communication technique, à la créativité. Cette approche est à distinguer de celle rencontrée dans l'enseignement professionnel, où la finalité est de valider des compétences professionnelles au travers de l'élaboration d'une solution technique répondant aux exigences d'un cahier des charges ;
- de proposer des phases de synthèse permettant une parfaite intégration des approches MEI en déclinant le principe d'approfondissement de l'enseignement transversal dans un champ spécifique et en mettant en œuvre des compétences liées à la conception ;

Le projet se décline selon deux formes spécifiques:

- le projet technologique de formation, qui se déroule à n'importe quel moment du cycle terminal, à l'initiative des enseignants. Ce type de projet pédagogique peut prendre toutes sortes de formes, du mini-projet fédérateur d'activités de formations aux projets technologiques de synthèse de connaissances. Il est placé sous la responsabilité pédagogique des enseignants qui décident de sa mise en œuvre ;
- le projet terminal d'évaluation intégré dans l'épreuve de projet du baccalauréat, qui se déroule en fin de cycle terminal selon des modalités précisées dans le règlement de l'examen et sert de support aux évaluations de l'épreuve d'examen.



| Situations de formation | Supports de formation | Objectif de formation |
|---|--|---|
| Étude de dossier technique | Dossier numérique relatif à un système réel dans un contexte global donné | Découvrir et s'approprier des connaissances en analysant un système global |
| Activités pratiques d'analyse ou de réalisation | Support réel ou virtuel, didactisé ou non, présent ou à distance permettant des activités individuelles ou en binôme | Découvrir ou conforter des savoirs en interagissant avec un système technique ou didactique |
| Projet technologique | Système réel associé à une situation problème aboutissant à un prototype, une maquette, une simulation, à la validation de solutions et à une soutenance | Synthétiser et approfondir ses connaissances par le biais d'un travail collaboratif |

Les Démarches pédagogiques associées aux activités

Une démarche pédagogique est une approche didactique particulière, choisie par l'enseignant et proposée aux élèves en fonction des connaissances visées et des conditions de formation.

Ces démarches sont inductives (du général au particulier), déductives (du particulier au général), transmissives (à partir du savoir transmis du professeur), behavioristes (réponse concrète à un problème posé) et constructivistes (à partir d'un besoin exprimé des élèves et de découvertes faites pour y répondre).

Centrées de manière privilégiée sur une démarche inductive, les méthodes pédagogiques de l'enseignement technologique STI2D s'appuient sur trois démarches d'apprentissage : la démarche d'investigation, la démarche de résolution de problème technique, le projet technologique.

La démarche d'investigation s'applique aux domaines scientifiques, technologiques, de sciences humaines... et peut aboutir à une conclusion de « non résultat »... c'est la démarche classique pratiquée au collège et en seconde. En STI2D elle sera essentiellement associée à des études de dossiers techniques menés en équipe. La démarche comprend plusieurs phases :

- 1 la proposition d'une situation problème ;
- 2 l'appropriation du problème ;
- 3 la formulation d'hypothèses, de conjectures, de protocoles ;
- 4 l'investigation ou la résolution du problème, qui peut, en STI2D, passer par des expérimentations limitées amenant à vérifier une hypothèse ;
- 5 l'échange argumenté autour des propositions ;
- 6 la formalisation de conjonctures, de solutions possibles.

La démarche de résolution de problèmes techniques est ciblée sur un problème technique, elle impose une obligation de résultat, même dégradé. Elle met en œuvre des méthodes formalisées même si elle peut aussi, intégrer le concept de démarche d'investigation.

La démarche de projet encadre la conduite d'un projet technologique pour résoudre un problème technique partagé et négocié (et non imposé par le seul enseignant) dans une approche non professionnelle (mais technologique, intégrant les concepts de créativité, de conception, de compromis, de matérialisation), sans obligation de résultat optimisé, ni d'obligation de qualité du résultat et de la démarche associée pour y arriver. Lors d'un projet, les démarches d'investigation et de résolution de problèmes techniques sont employées comme d'autres démarches relatives à la conception : créativité, ingénierie des systèmes, etc.

Apprentissage par projet ou apprentissage du projet ?

Le projet est une activité complexe qui peut s'analyser et se préparer selon plusieurs points de vue différents et complémentaires.

- **on peut apprendre par le projet**, en vivant une démarche particulière, motivante très inductive qui propose à un groupe d'élèves de devenir acteurs de leur formation pour atteindre un objectif commun auxquels ils adhèrent. C'est tout l'intérêt du projet pédagogique, qui est développé à tous les niveaux de formation et dans toutes les disciplines comme dans des actions inter ou pluri disciplinaires ;
- **il faut aussi apprendre à maîtriser les formes du projet technique**, qui est une démarche complètement intégrée aux activités technologiques qui ont comme caractéristiques de devoir répondre à un besoin, en respectant un cahier des charges, des délais, des coûts, des moyens (humains, techniques, économiques) et une créativité qui implique obligatoirement des travaux en équipe et une démarche de projet technique planifiée, définissant des fonctions précises à respecter et une forme de « contractualisation » entre les acteurs.

Cette dualité intéressante mais porteuse d'ambiguïtés dans l'utilisation du mot, justifie de considérer le projet comme une démarche pédagogique (associé aux démarches d'investigation, de résolution de problème technique) et comme une situation d'apprentissage (associé aux activités d'étude de dossier et d'activités pratiques).

Le tableau en annexe 9 peut aider les enseignants à mieux comprendre la complexité des situations de projet. Il se propose de commenter 10 points d'analyse des projets pédagogiques et techniques, en commentant la spécificité du projet STI2D (qui est, à la fois, un projet pédagogique et un projet technique) et les façons dont ce projet STI2D appartient ou s'éloigne de ces deux types de projets.

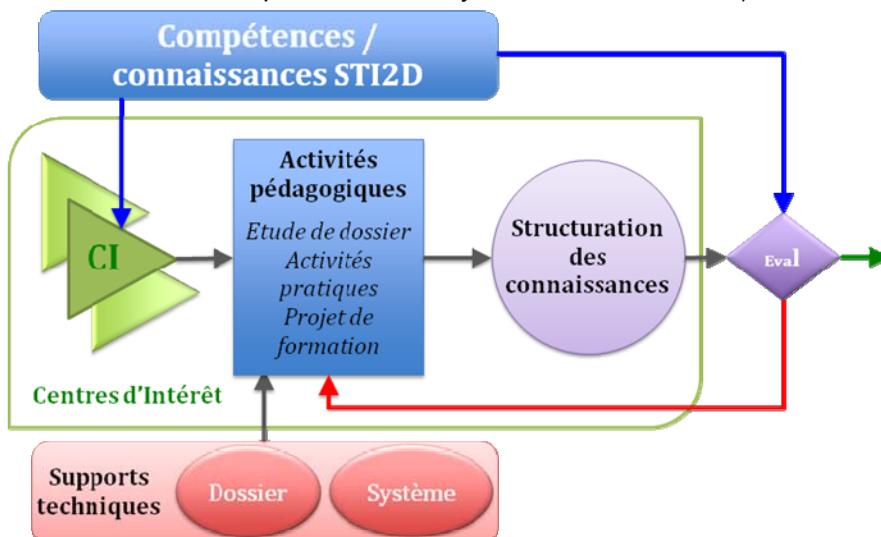
Tableau de synthèse

| Situations de formation >> | | Étude de dossiers techniques | Activités pratiques | | Projet |
|----------------------------|--|--|---|---|--|
| Caractéristiques | | | D'analyse de systèmes | De conception et prototypage | |
| Démarches | Démarche de projet | (ne s'applique pas) | | +++ | +++ |
| | Démarche d'investigation | +++ (s'applique <u>majoritairement</u>) | +++ | | ++ |
| | Démarche de résolution de problème | +++ | +++ | | |
| | Démarche de créativité | | | +++ | +++ |
| Activités | Analyse | +++ | +++ | | ++ |
| | Réalisation | | | +++ | +++ |
| | Expérimentations | ++ | +++ | | + |
| | Conception | | | +++ | +++ |
| Organisation | Elève seul ou binôme | non | oui | oui | non |
| | En groupe | oui | non | non | oui |
| | Cycle autour d'un centre d'intérêt (CI) | oui | oui | non | non |
| | Modulation de la complexité et de la quantité de travail dans l'activité (individualisation) | Questionnement suffisamment ouvert pour que l'adaptation s'opère automatiquement | Se fait avec un corpus minimal d'activités et une partie « pour en savoir plus» | Les thèmes d'activité peuvent être adaptés en fonction de l'élève | Le sujet du projet peut être modulé en fonction du groupe d'élèves |

Les approches pédagogiques

Les centres d'intérêt

Les activités de formation permettent, à l'intérieur d'une séquence, de viser l'appropriation de connaissances et compétences relatives à un nombre limité de **centres d'intérêts** afin de réduire le temps entre la phase d'activités de formation et la phase de structuration des connaissances. La notion de centre d'intérêt, organisation qui permet d'enseigner à un moment donné et sur des systèmes techniques différents, une classe limitée de connaissances et de compétences, est basée sur l'identification, dans le référentiel, des savoirs qui méritent une approche inductive, par l'analyse selon certains critères (expérience de l'équipe pédagogique, niveaux de complexité, de criticité et d'automatisation ou autre méthode permettant l'analyse et la hiérarchisation).



Défini par des connaissances et des compétences, un CI permet d'aborder des points particuliers d'un programme. Afin de ne pas s'éloigner d'approches porteuses de sens, il est intéressant de construire un CI autour de problématiques réelles signifiantes.

Un CI s'appuie obligatoirement sur les supports disponibles d'un établissement ou d'un pôle et peut donc être décliné localement en fonction des supports disponibles.

La réflexion suivante permet de définir les centres d'intérêt en STI2D. Elle est basée sur la recherche d'une complémentarité entre une approche selon un point de vue des concepts de développement durable lié à la compétitivité et l'innovation et une approche par les connaissances qui peuvent se rassembler autour des trois descriptions des systèmes, fonctionnelle, structurelle et comportementale. Cette complémentarité permet d'allier le pourquoi au comment, l'ensemble pouvant permettre ensuite de définir les supports de formation. Elle apparaît suffisamment structurante pour être proposée comme modèle mais chaque équipe reste libre de définir ses propres centres d'intérêt.

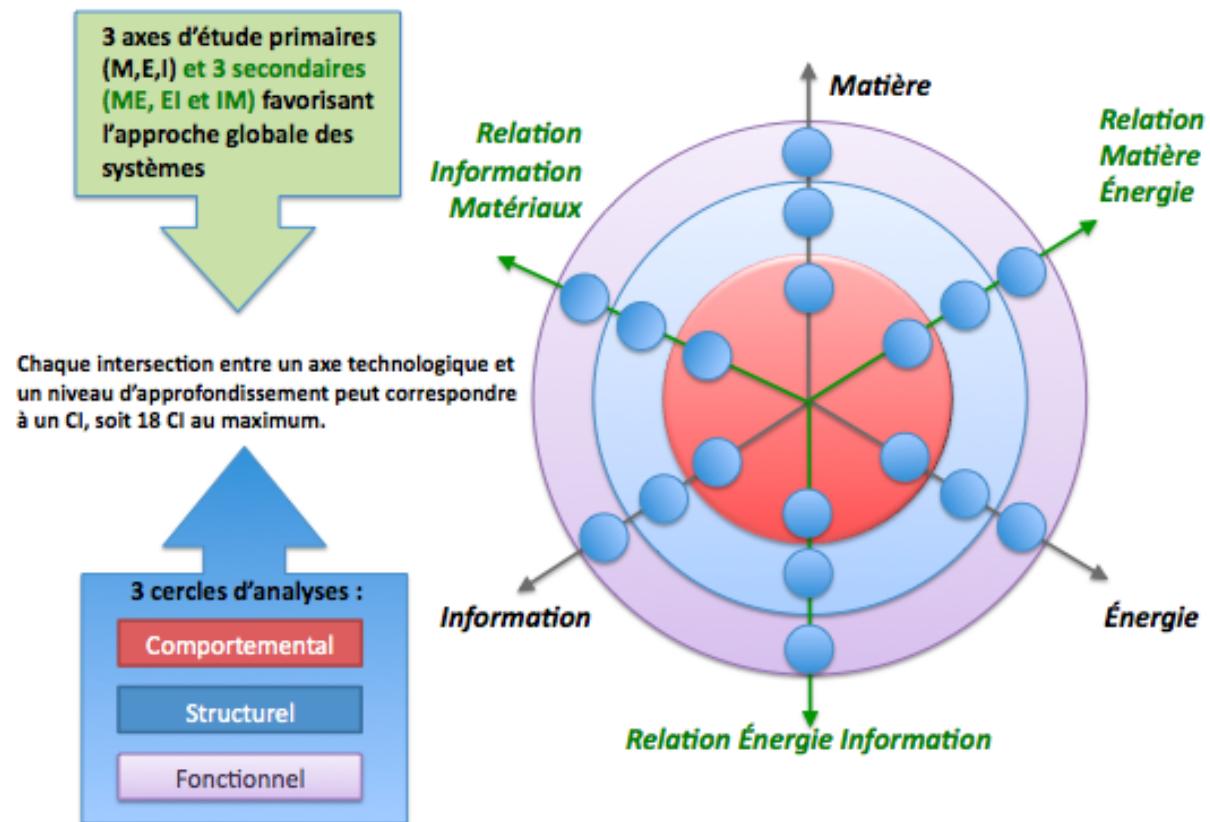
La représentation finale proposée est une cible. Les connaissances sont les cercles concentriques qui vont de la description comportementale (au centre pour l'approche système) à la description fonctionnelle en passant par la structurelle. Trois axes matière, énergie et information permettent de répartir les connaissances liées à ces descriptions. Pour mettre en valeur l'approche développement durable, trois axes secondaires symbolisant les relations de choix et de compromis matière – énergie – information prises deux à deux, ont été ajoutés à la cible. Le centre de la cible, conjonction de toutes les connaissances et compétences, représente la simulation du comportement global d'un système.

Un centre d'intérêt opérationnel, c'est-à-dire qui ait un sens et une correspondance avec la représentation finale est donc l'addition de trois concepts :

- un point de vue, qui donne du sens aux activités (compétitivité et/ou développement durable) ;
- un ou plusieurs des 18 CI de base définis dans le diagramme araignée ;
- des supports associés permettant d'aborder le CI opérationnel défini.

La figure suivante représente la cible et la matrice propose une liste de centres d'intérêt opérationnels. Ils ne sont pas prescriptifs et n'ont de valeur que d'exemple.

Représentation de la cible centre d'intérêt



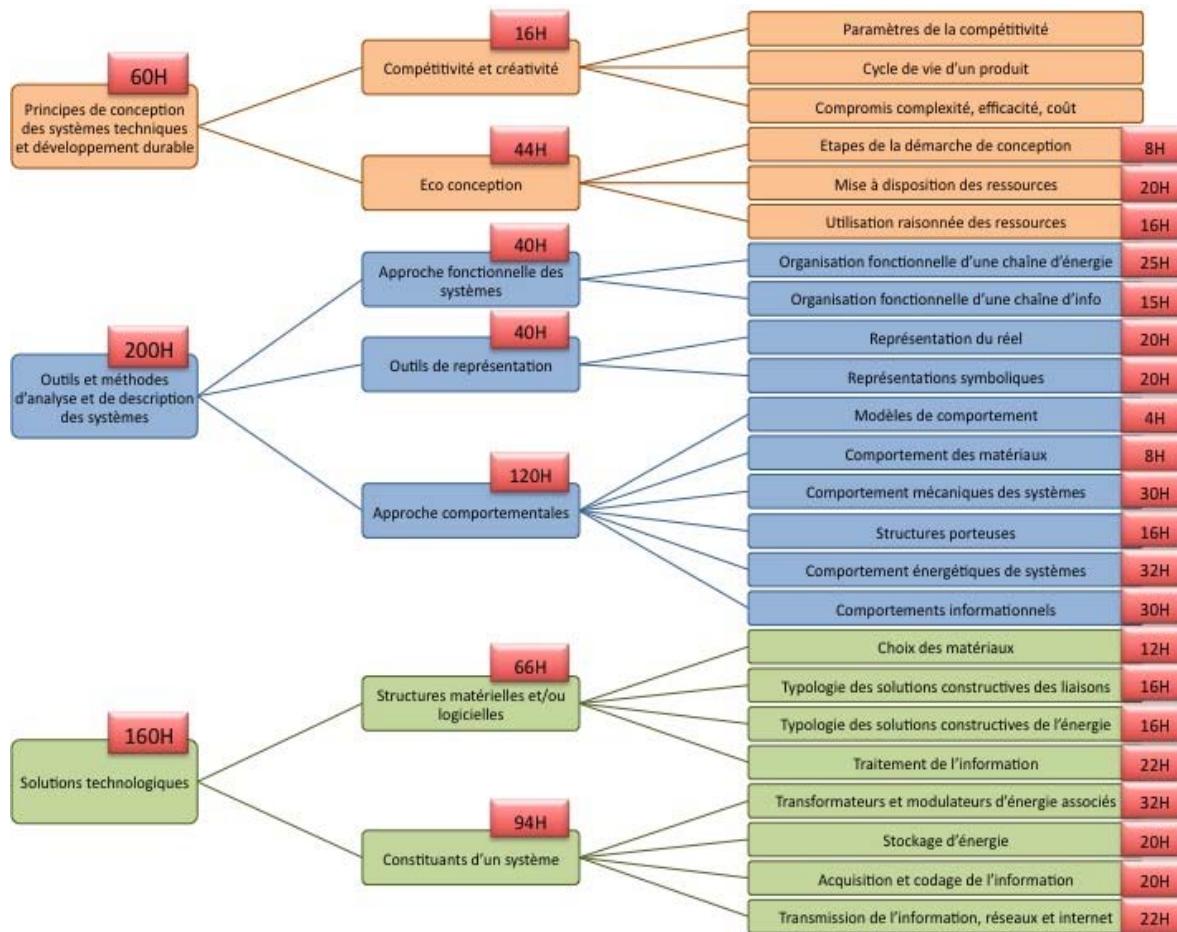
Matrice des Centres d'intérêt

| Niveaux d'analyse | Fonctionnel | Structural | Comportemental | |
|--------------------------|--|------------|---|---|
| Matière | Caractéristiques matériaux et structures | des des | Caractérisation des matériaux et des structures | Dimensionnement et choix des matériaux et structures |
| Matière et Énergie | | | Efficacité énergétique dans la relation ME | Optimisation des choix ME d'un système par simulation |
| Énergie | Formes caractéristiques l'Énergie | et de | Caractérisation chaînes d'énergie, rendement | Amélioration de l'efficacité énergétique à partir de simulations |
| Énergies et Information | | | Efficacité énergétique dans la relation EI | Optimisation des choix EI par simulation temporelle d'un système |
| Information | Formes caractéristiques l'information | et de | Caractérisation des chaînes d'info, réseaux | Validation d'une commande et de son support par simulation |
| Information et Matériaux | | | Relation info/matériau: captage de l'info | Optimisation des choix IM par simulation fréquentielle d'un système |

Remarque : les intersections entre les axes intermédiaires et le cercle du niveau Fonctionnel ne donnent pas lieu à de connaissances particulières

Tableau de répartition des heures d'enseignement

Ce tableau est une proposition de répartition horaire entre les différents chapitres des enseignements technologiques transversaux, ce n'est qu'une indication et ne saurait constituer une quelconque recommandation.



Correspondance avec le programme de sciences physiques

Cette partie insiste sur la nécessaire liaison entre les disciplines scientifiques du bac STI2D, en particulier avec les enseignements de Physique - Chimie, dont de nombreux concepts sont partagés totalement ou partiellement avec les connaissances technologiques. Ces liens imposent un travail commun en équipe pédagogique pluri disciplinaire afin de définir certaines contraintes d'antériorités

Le programme de physique-chimie est construit comme celui de l'enseignement de technologie autour des trois concepts-clés « l'énergie, la matière et l'information ». Le programme permet, à travers de nombreux exemples, de mettre en évidence les notions de conservation et de qualité (et donc de dégradation) de l'énergie, les notions de transfert d'énergie, de conversion d'énergie et de rendement.

L'enseignement dispensé dans la partie transversale et dans les spécialités devra être organisé en collaboration directe et étroite avec ceux de physique - chimie et aussi de mathématique. Dans le programme du tronc commun des renvois (*) sont notés à chaque fois que les connaissances peuvent

être abordées en complémentarité avec les sciences. Les principes physiques sont souvent indispensables pour comprendre les concepts de base abordés dans l'enseignement de tronc commun. Les notions et contenus du programme de physique-chimie sont répartis dans les 4 thèmes suivants : **Vêtement et revêtement, Habitat, Transport et Santé**.

Le tableau suivant présente ces contenus et les liens directs avec l'enseignement transversal. Il donne une indication sur la période de l'année (1^{ère} ou terminale), au cours de laquelle les deux programmes proposent de traiter ces notions. Quelques exemples de connaissances à traiter en début de formation dans le domaine thermique, électrique mécanique :

- énergie, puissance :
 - o exprimer la relation puissance – énergie
- énergie interne ; température :
 - o citer les deux échelles principales de températures et les unités correspondantes ;
 - o exprimer la variation d'énergie interne d'un solide ou d'un liquide lors d'une variation de température ;
 - o définir la capacité thermique massique ;
- transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement :
 - o prévoir le sens d'un transfert thermique entre deux systèmes dans des cas concrets ainsi que leur état final ;
 - o décrire qualitativement les trois modes de transferts thermiques en citant des exemples ;
 - o mesurer l'énergie échangée par transfert thermique ;
- énergie et puissance électriques : tension, intensité :
 - o mesurer et calculer la puissance et l'énergie électriques reçues par un récepteur ;
 - o réaliser un circuit électrique d'après un schéma donné ;
 - o mesurer une tension électrique, une intensité électrique dans un circuit en régime continu ainsi que dans un circuit en régime sinusoïdal ;
- référentiels, trajectoires, vitesse, vitesse angulaire, accélération :
 - o écrire et appliquer la relation entre distance parcourue et vitesse dans un mouvement de translation à vitesse ou à accélération constante ;
 - o écrire et appliquer la relation entre vitesse et vitesse angulaire ;
- énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation et de rotation :
 - o exprimer et utiliser l'énergie mécanique d'un solide en mouvement ;
 - o écrire et exploiter les relations de définition de l'énergie cinétique d'un solide en translation ou en rotation ;
- ondes mécaniques : ondes progressives :
 - o définir et mesurer quelques grandeurs physiques associées à une onde mécanique : célérité, amplitude, période, fréquence, longueur d'onde ;
 - o associer la propagation d'une onde à un transfert d'énergie sans déplacement de matière.

Ces connaissances seront utiles pour aborder l'approche comportementale des systèmes sur le plan énergétique ou mécanique et la réalisation de bilan de conservation de l'énergie afin de déterminer les rendements et de quantifier les pertes du système.

| Enseignement Tronc Commun | 1 ^{er} | T | tax | Programme de Physique-Chimie | 1 ^{er} | T |
|--|-----------------|---|-----|--|-----------------|---|
| 1.2.2 Mise à disposition des ressources | | | | Habitat Gestion de l'énergie dans l'habitat | | |
| Enjeux énergétiques mondiaux : extraction et transport, production centralisée, production locale | X | | 2 | Transport et distribution de l'énergie électrique. | X | |
| 1.2.3 Utilisation raisonnée des ressources | X | | 2 | Vêtement et revêtement Propriétés des matériaux. | | |
| Propriétés physico-chimiques, mécaniques et thermiques des matériaux | | | | Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement. Flux thermique. Conductivité thermique des matériaux. Résistance thermique. | X | |
| 2.1.1 Organisation fonctionnelle d'une chaîne d'énergie | X | | 3 | Habitat Gestion de l'énergie dans l'habitat | | |
| Caractérisation des fonctions relatives à l'énergie : production, transport, stockage, transformation, | | | | Énergie ; puissance. Conservation de l'énergie Énergie solaire : conversions photovoltaïque et | X | |

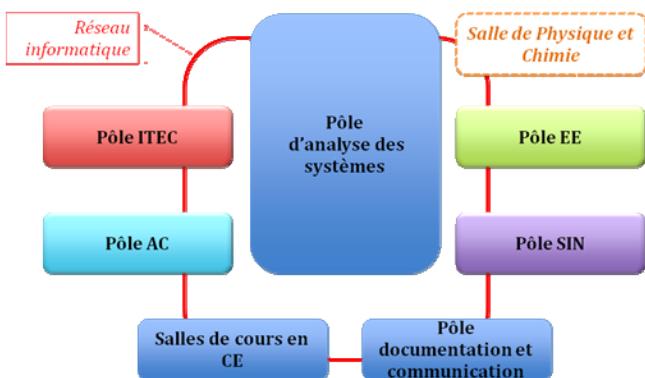
| | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|
| modulation, variation | | | | thermiques. Modèle corpusculaire de la lumière : le photon, énergie d'un photon. Chaînes énergétiques. Rendement. Transport Mise en mouvement. Chaînes énergétiques. Énergie et Puissance. Puissance absorbée ; puissance utile ; réversibilité ; rendement. Convertisseurs électromécaniques d'énergie ; réversibilité. Rendement de conversion. | | |
| 2.1.2 Organisation fonctionnelle d'une chaîne d'information | X | | 3 | | | |
| Caractérisation des fonctions relatives à l'information : acquisition et restitution, codage et traitement, transmission | | | | | | |
| 2.3.2 Comportement des matériaux | | | | Habitat Gestion de l'énergie dans l'habitat | | |
| Mécaniques (efforts, frottements, élasticité, dureté, ductilité) | X | X | 2 | | | |
| Thermiques (échauffement par conduction, convection et rayonnement, fusion, écoulement) | | X | 2 | Énergie interne ; température. Capacité thermique massique Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement. Flux thermique, résistance thermique. Caractéristiques thermiques des matériaux. | X | |
| Électrique (résistivité, perméabilité, permittivité) | X | | 2 | Énergie et puissance électriques : tension, intensité. Propriétés électriques des matériaux Grandeurs électriques caractérisant les dipôles : R, L, C, fem. Effet joule. Énergie stockée dans un condensateur, dans une bobine. | X | |
| 2.3.3 et 2.3.5 Comportement mécaniques et énergétique des systèmes | | | | Transport Mise en mouvement. | | |
| Équilibre des solides : modélisation des liaisons, actions mécaniques, principe fondamental de la statique, résolution d'un problème de statique plane | X | | 3 | Actions mécaniques : forces, moment de force, de couple. Transfert d'énergie par travail mécanique (force constante ; couple constant). Puissance moyenne. Conservation et non conservation de l'énergie mécanique Frottements de contact entre solides ; action d'un fluide sur un solide en mouvements relatifs. | | X |
| Les paramètres de gestion de l'énergie liés au stockage et aux transformations | X | | 2 | Référentiels, trajectoires, vitesse, vitesse angulaire, accélération. Énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation. Énergie cinétique d'un solide en mouvement de rotation ; moment d'inertie d'un solide par rapport à un axe. Énergie potentielle de pesanteur. Énergie potentielle élastique. Énergie mécanique. | X | |
| 3.2.2 Stockage d'énergie | | | | Habitat Gestion de l'énergie dans l'habitat | | |
| Mécanique, hydraulique ou pneumatique : sous forme potentielle et/ou cinétique | X | X | 2 | Pression absolue et relative. Pression dans un fluide incompressible, masse volumique, débit. Écoulement de liquide en régime permanent. Lois de conservation de l'énergie et de la masse. Pertes de charge. | | X |
| | | | | Santé Quelques outils du diagnostic médical. | | |
| | | | | Pression absolue et relative. Pression dans un fluide incompressible, masse volumique, débit. Écoulement de liquide en régime permanent. Lois de conservation de l'énergie et de la masse. Pertes de charge. | | |
| Chimique : piles et accumulateurs, combustibles, carburants, comburants | X | X | 2 | Énergie chimique : Transformation chimique d'un système et effets thermiques associés Combustions ; combustibles ; comburants. Avancement et Bilan de matière Pouvoir calorifique d'un combustible (J/kg) Protection contre les risques des combustions. Transport Mise en mouvement. Transformation chimique et transfert d'énergie sous forme thermique. Combustion. Isomérie de chaîne. Transformation chimique et transfert d'énergie sous forme électrique. Piles, accumulateurs, piles à combustible. | X | |

| | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|
| Électrostatique : condensateur et super condensateur | X | X | 2 | | | |
| Électromagnétique | X | X | 2 | <p>La communication au service de l'habitat</p> <p>Ondes électromagnétiques. Spectre des ondes utilisées en communication. Champ électrique, champ magnétique.</p> <p>Quelques outils du diagnostic médical.</p> <p>Champ magnétique : sources de champ magnétique (Terre, aimant, courant) Sources de champ magnétique intenses : électro-aimant supraconducteur</p> | | X |
| Thermique : chaleur latente et chaleur sensible | X | X | 2 | <p>Transfert thermiques et Changements d'état. Transfert d'énergie d'une source froide à une source chaude (PAC).</p> <p>Transfert d'énergie sous forme de travail et changements d'états d'un fluide.</p> | | X |
| 3.2.3 Acquisition et codage de l'information | | | | <p>Habitat</p> <p>La communication au service de l'habitat</p> | | |
| Capteurs : approche qualitative des capteurs, grandeur mesurée et grandeurs d'influence (parasitage, sensibilité, linéarité) | X | | 3 | <p>Transmissions guidées, non guidées : fibre optique, câble, antennes.</p> <p>Mesure des grandeurs physiques dans l'habitat.</p> | | X |
| Conditionnement et adaptation du capteur à la chaîne d'information, échantillonnage, blocage | X | | 2 | | | |
| Filtrage de l'information : types de filtres (approche par gabarit) | X | | 3 | | | |
| 3.2.4 Transmission de l'information, réseaux et internet | | | | <p>Habitat</p> <p>Gestion de l'énergie dans l'habitat</p> | | |
| Transmission de l'information (modulations d'amplitude, modulations de fréquence, modulations de phase) | X | X | 1 | <p>Ondes électromagnétiques. Spectre des ondes utilisées en communication. Champ électrique, champ magnétique.</p> <p>Transmissions guidées, non guidées : fibre optique, câble, antennes.</p> <p>Comportement temporel et fréquentiel d'un système électrique, amortissement.</p> | X | X |

X Les lieux et moyens d'enseignements

Le guide des équipements écrit à destination et à la demande des collectivités régionales propose des principes d'organisation des lieux de formation et des minis cahiers des charges de systèmes. Son contenu est toujours d'actualité et les développements effectués dans ce document sont destinés à éclairer davantage les organisations et les choix des moyens que chaque académie doit faire.

Les lieux d'enseignement



Si l'organisation générale est inchangée, il est important d'adapter la configuration à chaque situation locale en fonction des filières présentes, du nombre d'élèves, du nombre de spécialités afin de mutualiser au maximum les moyens.

L'essentiel est de respecter les principes de bases établis dans le guide d'équipement, c'est-à-dire de disposer de pôles liés, permettant les échanges, le partage informatique, l'utilisation globale des équipements.

Cependant, le changement doit être visible, les pôles accueillent des activités de laboratoire, des équipements informatiques, des systèmes techniques grands publics, des équipements didactiques et les équipements lourds, professionnels n'ont plus leur place. Il faut donc éviter :

- la dispersion des pôles dans les ateliers ;
- l'intégration d'un pôle dans un ex secteur STI ou professionnel.

Le baccalauréat STI2D est un baccalauréat général et technologique, sa localisation à proximité du baccalauréat S-SI est la plus logique, le pôle analyse des systèmes est complètement partageable entre ces deux formations si le contexte local (nombre d'élèves) le permet.

L'organisation des lieux d'enseignement étant étroitement imbriquée et impactée par les décisions locales, il est indispensable que chaque établissement construise un véritable projet d'implantation, de développement et de fonctionnement des filières scientifiques et technologiques. Les points importants suivants sont donnés à titre d'exemple :

- le choix du seuil de dédoublement en enseignement général et en technologie n'est pas sans incidence sur l'organisation des emplois du temps donc du nombre de laboratoires, il est évident que des seuils identiques favorisent l'organisation mais peuvent être consommateurs de moyens horaires ;
- la possibilité d'accueillir un ou deux groupes en simultané dans le laboratoire d'étude des systèmes ;
- la relation entre la taille des classes et le nombre de spécialités associées ;
- l'imbrication possible des pôles (entre spécialités, entre spécialités et laboratoire système, entre STI2D et S-SI) ;
- etc.

Ce projet, qui doit prévoir le développement, est la base de la contractualisation entre l'établissement, le rectorat et le conseil régional.

Les moyens d'enseignement

Les équipements peuvent se répartir en trois grandes catégories et mériteraient d'être unifiés au niveau de chaque académie :

- les systèmes pluri techniques placés au cœur du laboratoire des enseignements transversaux ;
- les supports didactiques, d'essais, d'expérimentations, relatifs à chaque spécialité ou domaine ;

- les équipements informatiques, logiciels et moyens de mesures qui doivent être partagés entre les différents pôles.

Les systèmes

Les supports et l'enseignement mis en œuvre doivent permettre de développer une approche MEI relative aux différentes utilisations de la matière dans la réalisation de la structure, de l'énergie en vue d'une alimentation adaptée ou de l'information considérée comme matière d'œuvre ou élément de contrôle et paramétrage, tout cela au service de la réalisation de la fonction d'usage du système.

Dans le laboratoire utilisé pour l'enseignement transversal, les systèmes mis en œuvre dans le cadre des activités pédagogiques proposées aux élèves :

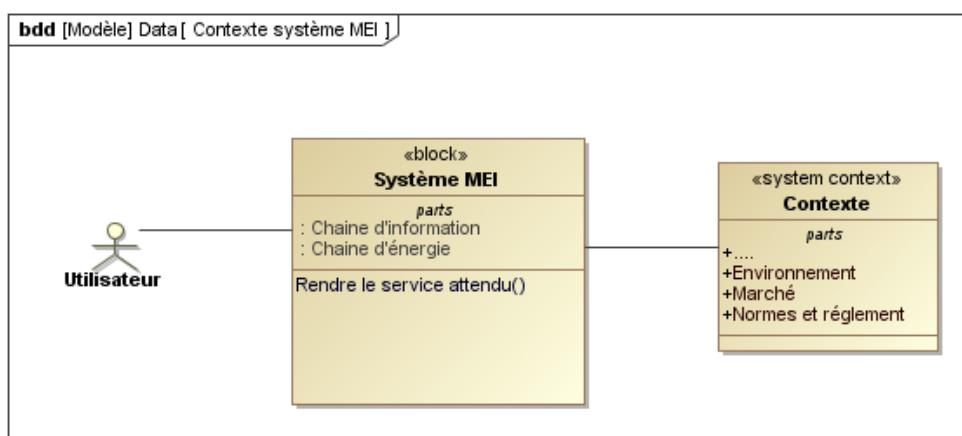
- sont intégralement et directement disponibles :
 - o systèmes réels instrumentés ou non ;
 - o présentés sous forme de maquettes réelles ou virtuelles ;
- sont disponibles par l'association de dossiers techniques et maquette ou sous-systèmes didactisés ou non ;
- sont accessibles à travers un dossier technique local, une présentation et instrumentation distantes.

Les différents systèmes proposés suivant ces différentes configurations autorisent les apprentissages requis pour l'enseignement transversal : objectifs sociétaux, de communication et technologiques, déclinés à travers des compétences et connaissances associées représentatives des champs matériau et structures, énergie et information.

Les diagrammes pertinents issus de « la boîte à outil SysML » permettent de montrer l'architecture globale (DDD) ou interne (IBD) d'un système et son comportement via les points de vue adéquats.

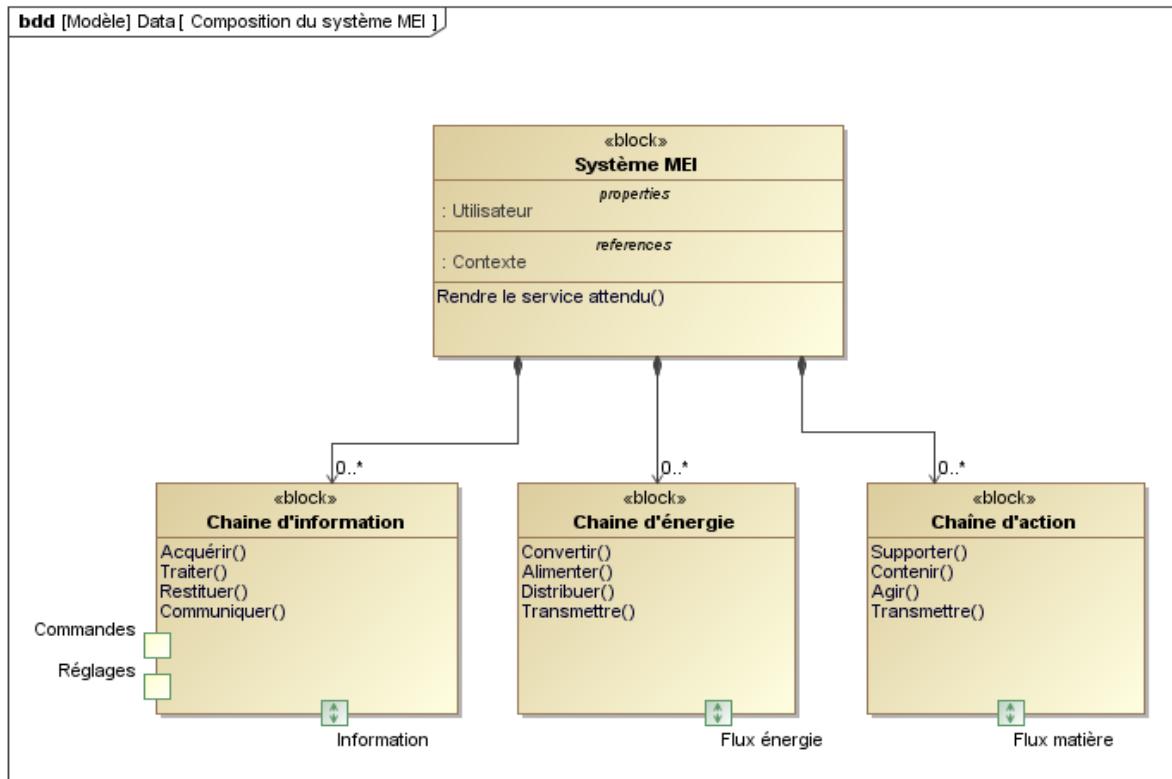
Les éléments directement accessibles au sein du laboratoire ou présentés via des ressources documentaires sont relatifs à une partie ou à la globalité d'un système. Ils peuvent donc être confrontés aux éléments de modélisation proposés qui eux décrivent l'ensemble du système. La possession même partielle du système est donc compensée par les ressources documentaires voire la mise en œuvre d'une maquette virtuelle et permet encore de développer des apprentissages pertinents.

Une première représentation générique du système MEI peut être donnée à partir d'une modélisation de contexte SysML :



La progression prévue pour l'enseignement transversal organise par l'intermédiaire de centres d'intérêts pertinents, l'approche **coordonnée** des différents champs M, E et I.

Le besoin de prendre en compte l'assise ou l'enveloppe des ouvrages et bâtiments par exemple peut nécessiter de développer aujourd'hui l'usage de la chaîne d'action. Si la notion de flux est souvent peu compatible avec une vision « statique » des systèmes, l'enveloppe voire la structure d'un bâtiment peuvent influer sur les performances énergétiques (orientation, isolation, pont thermiques, etc.) ou la perception de l'information (éclairages et acoustique, etc.).



De façon générale, l'utilisation d'une représentation de type « chaîne » vise à rendre plus aisée la compréhension et la manipulation de l'association des fonctions (ou opérations) réalisant les traitements successifs associés aux différents flux.

Le système MEI en fonction de sa complexité fera apparaître une ou plusieurs chaînes de l'un ou l'autre type.

Il y a nécessairement des relations entre les différentes chaînes car :

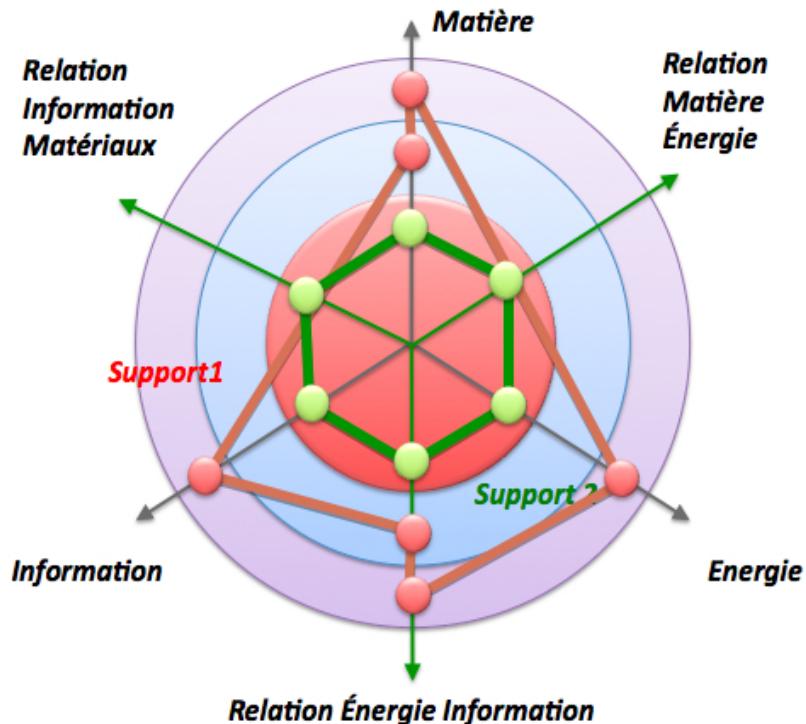
- l'optimisation d'opérations nécessite un pilotage des traitements réalisés par les liens entre les chaînes d'énergie et d'information. Dans certains systèmes, une IHM (Interface homme-machine) permet de définir des commandes ou des réglages associés au fonctionnement (cf. figure précédente). Dans d'autres cas, les réglages pourront être obtenus par l'action sur d'autres composants spécifiques (ex réglages mécaniques des fixations de ski). Les réglages pourront aussi simplement apparaître comme la satisfaction de contraintes définies dans le cahier des charges via le diagramme d'exigences ;
- il y a des relations entre la chaîne d'action et d'énergie notamment dans les aspects transmission d'efforts, d'énergie, etc.

Le passage du système réel à une représentation modélisée permet d'aborder les éléments des paragraphes 2-1 (organisation fonctionnelle d'un système) et 2-2 (représentation symbolique-norme SysML) du programme.

Cette approche des systèmes est à mettre en lien avec la proposition précédente destinée à établir les centres d'intérêt. Si on reprend le principe de la cible, il s'agit d'analyser les systèmes pré retenus par l'équipe pédagogique et de tracer la relation graphique, c'est-à-dire la zone des CI couverte par chacun d'eux.

Le diagramme des axes technologiques et des niveaux d'analyses permet de positionner chaque système par rapport aux connaissances

Comportemental
Structurel
Fonctionnel



La vérification du **critère de pertinence pédagogique** porte sur plusieurs principes qu'il convient de respecter :

- 1- **intégration**, pour répondre aux finalités de la formation un système doit permettre l'approche MEI recherchée en STI2D, il ne peut donc être aligné sur un seul axe principal ;
- 2- **transversalité**, pour permettre d'aborder les points de vue développement durable, compétitivité et innovation un système doit comprendre des CI sur au moins un axe secondaire ;
- 3- **complétude**, les systèmes doivent couvrir la totalité des CI pour permettre d'aborder de manière active et concrète les connaissances identifiées.

Des exemples, **d'un point de vue système d'information et de l'énergie**, d'analyse complémentaire des systèmes selon leur typologie, la nature des informations traitées et les principes de communications mis en place (liste non exhaustive et non prescriptive) sont fournis en annexe.

D'autres critères sont employables pour valider un choix de systèmes.

Critère de conformité

Le système doit posséder un certificat de conformité et être accompagné d'un document unique d'évaluation des risques professionnels. En cas d'absence de document unique celui ci doit être proposé par le CHS de l'établissement et réévalué chaque année. Les performances du système sont facilement mesurables dans des conditions de sécurité totale.

Critère économique

Les systèmes à coûts d'utilisation importants et de maintenance élevés sont à proscrire. Le support choisi doit permettre le développement d'au moins 4 activités pédagogiques.

Critère d'encombrement

Le support choisi doit pouvoir être déplacé facilement dans le laboratoire et ne doit pas nécessiter de moyens de manutention particuliers.

Critère de nouveauté

Pour les élèves, l'attractivité d'un support pédagogique augmente si ce support présente un caractère nouveau. Il est judicieux que les supports proposés soient différents de ceux utilisés dans les collèges de la zone de recrutement du lycée et dans les sections post baccalauréat situées dans un environnement proche.

Critère d'éco-conception

Pour donner lieu à validation, le support proposé doit avoir intégré une démarche d'éco-conception. Bien souvent cette approche permet aux industriels de valoriser en externe les efforts réalisés sur leurs produits. Ce critère est donc facilement évaluables. L'attribution d'éco labels de type Label energy star, label NF environnement, Ecolabel,... peuvent également aider au choix du support. Certaines catégories de systèmes techniques disposent de labels énergétiques indiquant les données de leur consommation (électricité et eau) et les prestations de l'appareil selon une échelle d'efficacité énergétique allant de A (consommation moindre) à G (inefficace du point de vue énergétique). Les systèmes techniques obtenant la note A doivent être privilégiés.

Critère « d'idéalité ».

Le support peut être le point de départ à une activité de projet. Dans ce cas il est intéressant que le support proposé ne présente pas un niveau d'idéalité proche du maximum et permette une mise à niveau ultérieure. *Un système technique ne peut survivre que si son idéalité (perçue par l'utilisateur) augmente. Dans la négative l'utilisateur (un élève) se désintéressera du système. Cette loi d'évolution correspond à l'évolution d'un ratio entre la somme des fonctions utiles sur la somme des fonctions nuisibles. Tout système technique évolue en augmentant son niveau d'idéalité. Cette loi est fondamentale, elle explique la tendance globale de l'évolution des systèmes. Le chemin vers l'idéalité est composé d'une première période durant laquelle le système se complexifie (augmentation des fonctions utiles), puis d'une deuxième durant laquelle il se simplifie (diminution des fonctions inutiles ou néfastes)*¹. Il peut être utile que le système disponible en laboratoire puisse offrir un prolongement d'activités en projet par une augmentation de ses fonctions utiles ou une diminution de ses fonctions néfastes ou inutiles. Ce critère ne peut pas être prioritaire et il ne faut pas chercher à le respecter systématiquement.

¹cf document pour faire la classe de l'enseignement d'exploration CIT

Les logiciels et moyens de mesure

Les différents moyens d'investigations seront utilisés :

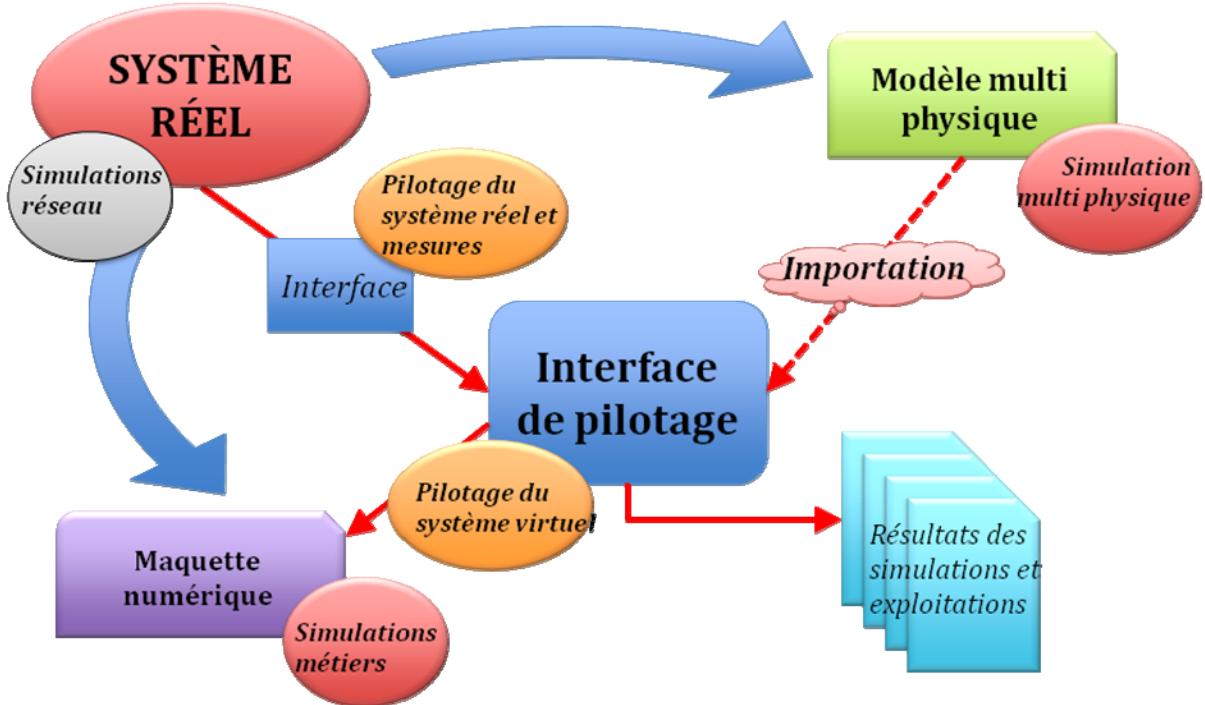
- le mesurage avec des outils adaptés ;
 - appareils sur table (oscilloscope numérique associant des fonctions de traitement du signal (FFT));
 - instruments virtuels adaptés (cartes d'ES) et logiciel de programmation graphique adapté ;
- des équipements d'analyse et de décodage de bus ou de trame ;
 - oscilloscopes mixtes intégrant des fonctions de décodage de trame ;
 - des logiciels d'analyse (sniffleur) réseau ;
- des outils de simulation ;
 - de fonctions électroniques analogiques et logiques ;
- des outils de programmation graphique permettant la configuration d'architecture et l'implémentation de code sur les cibles à base de microcontrôleurs ou composants logiques programmables.

Tableau récapitulatif des fonctions des logiciels

| Activités | Logiciels |
|--------------------|--|
| Représenter | CAO volumique mécanique et constructions |
| Analyser | Description SysML |
| Simuler | Simulation diagramme d'états |
| | Simulation diagramme d'états sur modèle virtuel 3D |
| | Simulation de modèle multi physiques |
| | Simulation diagramme d'états sur système réel (temps réel) |
| | Simulation des réseaux |
| | Simulations métiers associées aux modèles CAO |
| Coder | Codage de l'information vers différentes cibles |
| Acquérir | Acquisition de données et mesures |
| Piloter | Interfaçage Homme Machine de pilotage des systèmes réels et virtuels |

Le schéma suivant propose une structure de liaison entre système réel, maquette numérique et modèle multi physique par positionnement d'une interface logicielle de pilotage et de visualisation des résultats des simulations.

Cette structure est certainement à privilégier car elle permet d'isoler l'élève des logiciels de modélisation multi physiques et métiers qui sont du domaine de l'enseignant.



Le comportement des systèmes et leur simulation

Le comportement des systèmes pluri techniques est l'un des points fondamentaux du programme STI2D. Dans ce contexte, le mot comportement s'applique à différents niveaux :

- celui du comportement global d'un système pluri techniques, pouvant intégrer une structure et un fonctionnement temporel complexes. Dans ce cas, c'est bien l'intégration MEI qui permet d'analyser et de prédire le comportement du système ;
- celui de comportements partiels, correspondants à des modes de fonctionnement particuliers, simplifiés ou dégradés, permettant d'adapter le fonctionnement d'un système complexe aux attentes du programme et aux compétences des élèves. Dans ce cas, certaines intégrations partielles (Matière/Energie, Énergie/Information, Information/Matière) peuvent être identifiées pour approcher progressivement la complexité des systèmes ;
- celui des comportements selon différents points de vue (celui de la structure, de la matière, des énergies mises en œuvre et de leur commande, du pilotage global du système, etc.) relatifs à certaines parties du système dont on peut, également, vérifier le comportement mécanique, électrique, automatique, etc. Ces approches permettent de construire les apprentissages relatifs à chacun des 3 axes technologiques (Matière, Énergie, Information) afin de découvrir les comportements spécifiques nécessaires à l'intégration partielle ou globale MEI.

Le concept de comportement technique est donc très large, allant de l'application de modèles simples de dimensionnements dans un domaine précis (mécanique, électrique, automatique, thermique) jusqu'à la mise en œuvre, par le biais de logiciels, de simulations numériques complexes. Les bases théoriques de ces simulateurs sont inaccessibles aux élèves mais leur ergonomie et leur efficacité permettent, dans des cas simples, leur utilisation par des non spécialistes.

Ces progiciels puissants permettent aux enseignants de préparer des **simulations de comportement à caractère pédagogique**, amenant les élèves à découvrir des lois d'entrée/sortie, les paramètres influents d'un système, le paramétrage ou la programmation d'un système ou la validation de prototypes ou de maquettes développés en projet.

Les simulations proposées doivent donc répondre à un objectif précis de formation relevant du programme, et peut répondre, en autre, aux situations suivantes :

- vérifier ou déterminer des performances d'un système, permettant des comparaisons entre réel et modèle si le système réel est présent et instrumenté ;
- identifier les paramètres influents d'un système, déterminer les plages de valeur et les ordres de grandeur de ces paramètres ;
- vérifier la validité d'une loi, d'une hypothèse de travail par simulation d'une structure ;
- formaliser un scénario de fonctionnement et vérifier que le comportement du système sera compatible avec les performances attendues ou des contraintes spécifiques (sécurité, ergonomie, etc.) ;
- comparer les résultats de plusieurs scénarios permettant de déterminer les réglages ou les dispositions les plus pertinentes par rapport à un cahier des charges ;
- prédire un comportement en simulant une situation de travail probable ;
- dimensionner un composant ou un constituant à partir d'une hypothèse simulée.

Les équipements didactiques

Ils sont destinés :

- aux activités pratiques de découverte de concepts, lois ou connaissances relatives aux enseignements technologiques transversaux ou de spécialités ;
- à la matérialisation de la réalisation du projet par prototypage ou maquettage de solutions ;
- à la découverte de procédés à une échelle adaptée aux besoins de la formation par la mise en œuvre d'un principe sans aucune finalité professionnelle.

Les équipements indispensables aux activités de formation liées aux spécialités ont déjà été indiqués dans leurs parties descriptives précédentes.

ANNEXES

- Annexe 1 : Comparaison outils traditionnels et SysML
- Annexe 2 : Les démarches pédagogiques
- Annexe 3 : Les fonctions dans les systèmes énergétiques
- Annexe 4 : Typologie des systèmes
- Annexe 5 : Comparaison des procédés de prototypage
- Annexe 6 : La normalisation
- Annexe 7 : La protection industrielle des produits
- Annexe 8 : Exemple de fiche pédagogique d'une séquence
- Annexe 9 : Tableau de critères d'analyse des projets

Annexe 1

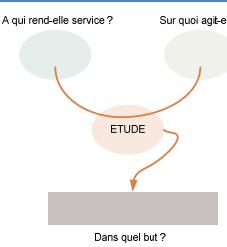
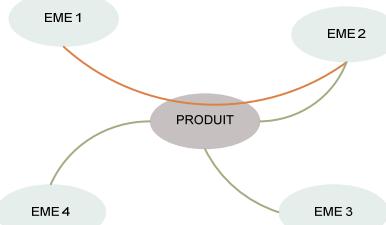
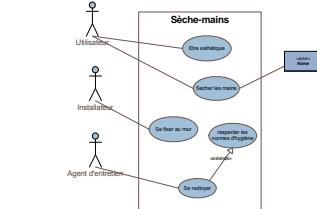
❖ Comparaison outils traditionnels et SysML

Les outils de description traditionnels spécifiques à un seul domaine n'ont plus leur place dans l'enseignement transversal de STI2D, puisqu'ils ne permettent qu'une description partielle du système suivant le point de vue choisi (mécanique, informatique, construction, énergétique,...). Par contre, il est évident que toutes ces descriptions sont nécessaires à la compréhension et à l'analyse des systèmes et doivent donc se retrouver dans ce langage commun à tous.

Remarques :

- le génie logiciel n'est pas représenté dans le tableau ci-dessous car il est déjà utilisateur du langage UML qui est la base du langage SysML. Il possède déjà une approche fonctionnelle très performante ;
- le génie mécanique possède également des outils de modélisation fonctionnelle. Il est surtout très performant en modélisation volumique ;
- le génie électronique utilise très peu les outils de modélisation fonctionnelle, mais possède des outils logiques très performants ;
- le génie civil profite également pleinement de ce langage. Par exemple pour exprimer les spécifications d'un cahier technique des clauses particulières (CCTP), un diagramme d'exigences peut être utilisé. De la même manière, un diagramme des cas d'utilisation permet d'exprimer graphiquement les différentes utilisations d'un ouvrage.

Le tableau suivant indique les analogies entre les différents diagrammes, mais il ne s'agit pas d'une stricte équivalence, les diagrammes pouvant avoir des objectifs différents.

| | Outils traditionnels Génie mécanique | Outils traditionnels Génie électrique | SysML |
|----------------------|---|--|---|
| besoin |  <p>La bête à cornes APTE</p> | | <p>Pas d'équivalent graphique en SysML, mais possibilité de stéréotyper une exigence « besoin »</p> |
| Expression du besoin |  <p>Diagramme pieuvre APTE Inter-acteurs Fonctions</p> | |  <p>Diagramme des cas d'utilisation SysML</p> |

| | | | <p>Diagramme de séquence SysML Permet de décrire le scénario d'interactions entre les acteurs et le système pour chaque cas d'utilisation</p> | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--|----------------------------|--|---------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------------------------|---|
| Fonctions | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fonctions</th> <th>Critères</th> <th>Niveaux</th> <th>Classe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Fonctions | Critères | Niveaux | Classe | | | | | | | | | Diagramme fonctionnel niveau I et II | <p>Diagramme des exigences SysML On ne parle pas de fonctions mais d'exigences. La forme tabulaire est également disponible</p> |
| Fonctions | Critères | Niveaux | Classe | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Structure | <p>Arbre des voies technologiques APTE <i>Fonctions service</i> <i>Fonctions techniques</i> <i>composants</i></p> | Diagramme de degrés 1 et 2 | <p>Diagramme de définition de blocs SysML</p> | | | | | | | | | | | | |
| | | | <p>Le SysML permet toutes les allocations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Traçabilité entre exigence et composants ; - Traçabilité entre exigence et activités ; - Traçabilité entre activité et composants. | | | | | | | | | | | | |
| | <p>Chaîne fonctionnelle</p> | | <p>Diagramme de bloc interne SysML Permet de décrire les connexions entre les blocs (Logique ou flux)</p> | | | | | | | | | | | | |
| | <p>SADT</p> | | | | | | | | | | | | | | |

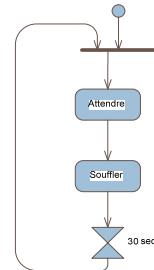
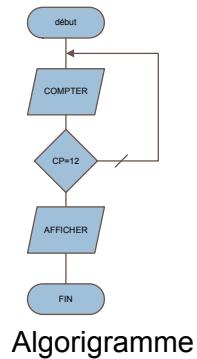
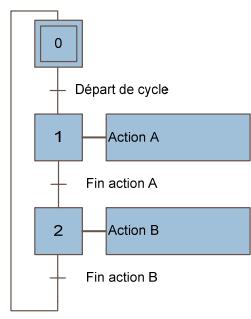


Diagramme d'états **SysML**

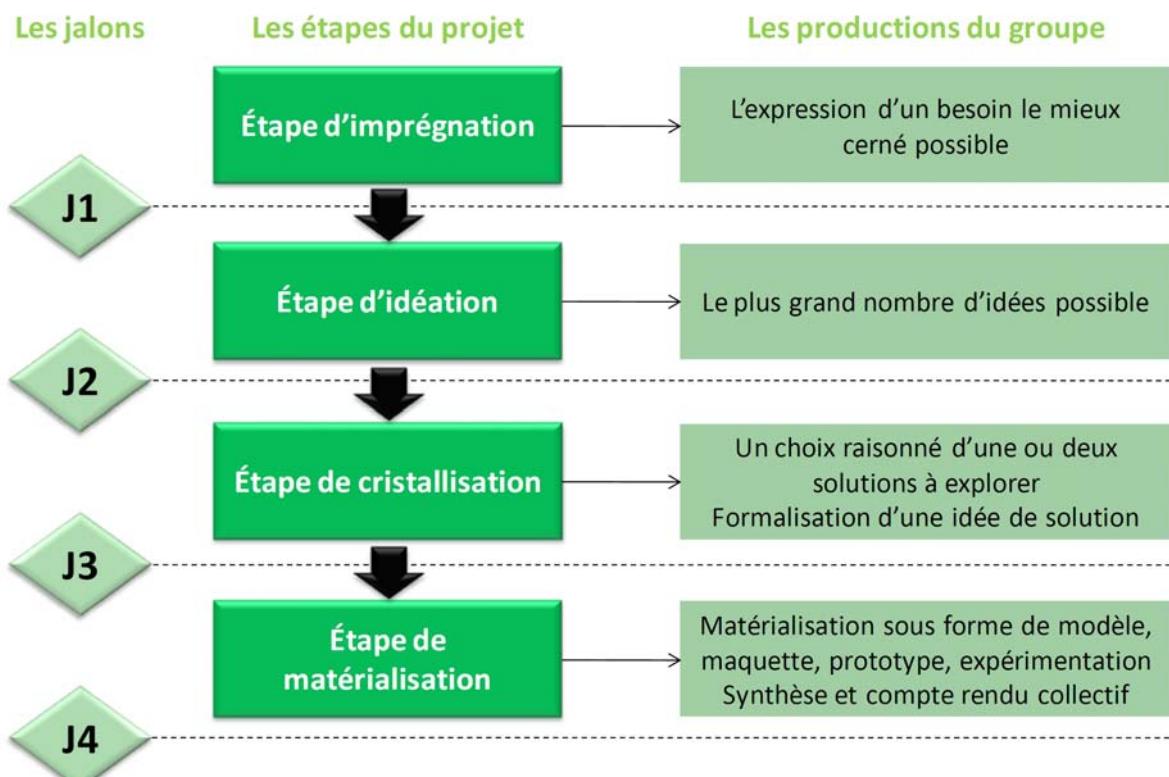
Annexe 2

✖ Les démarches pédagogiques

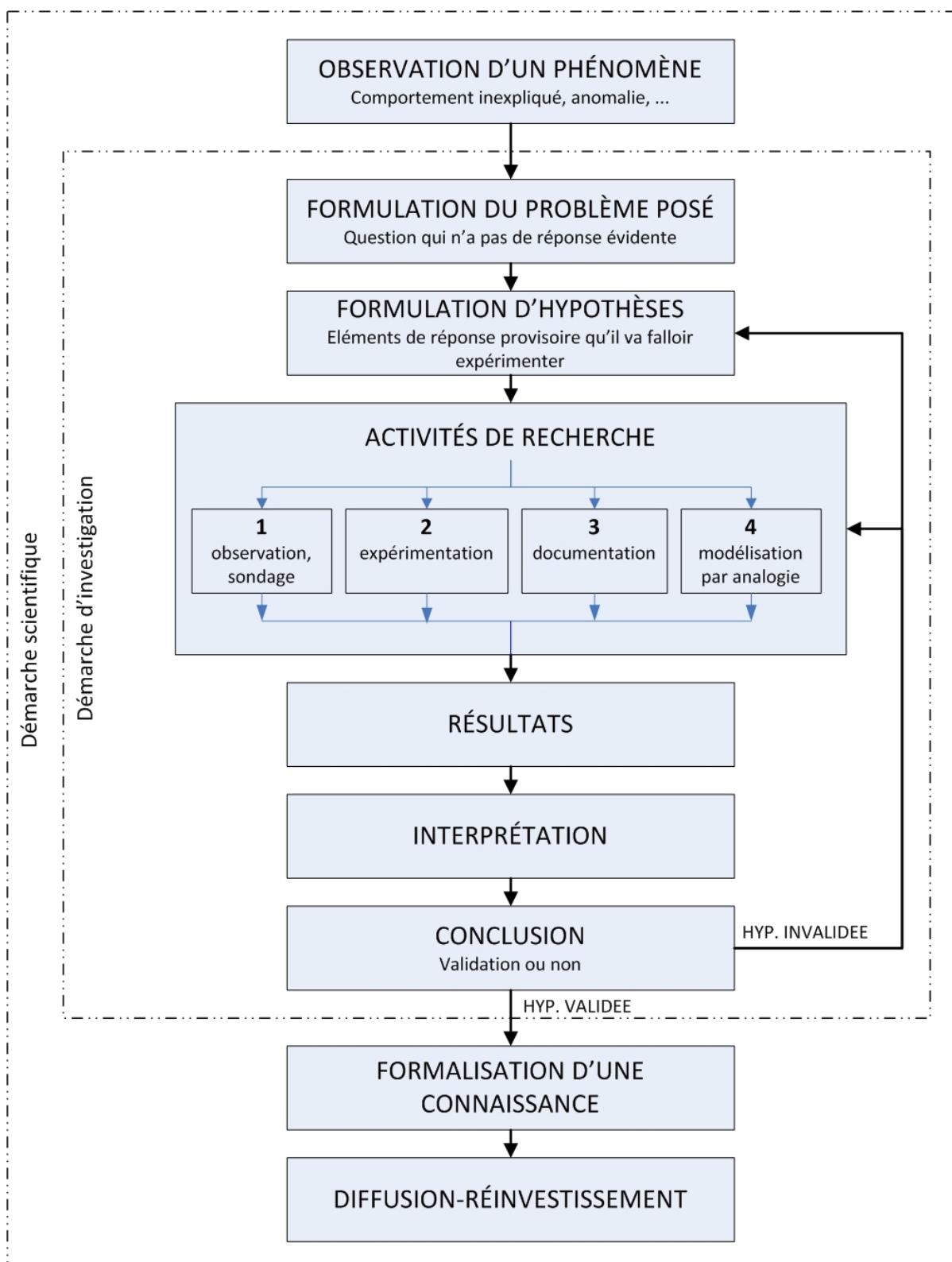
La démarche de créativité

Cette démarche est ponctuée d'étapes et éventuellement de jalons sous forme de revues de projet (voir figure ci-dessous) :

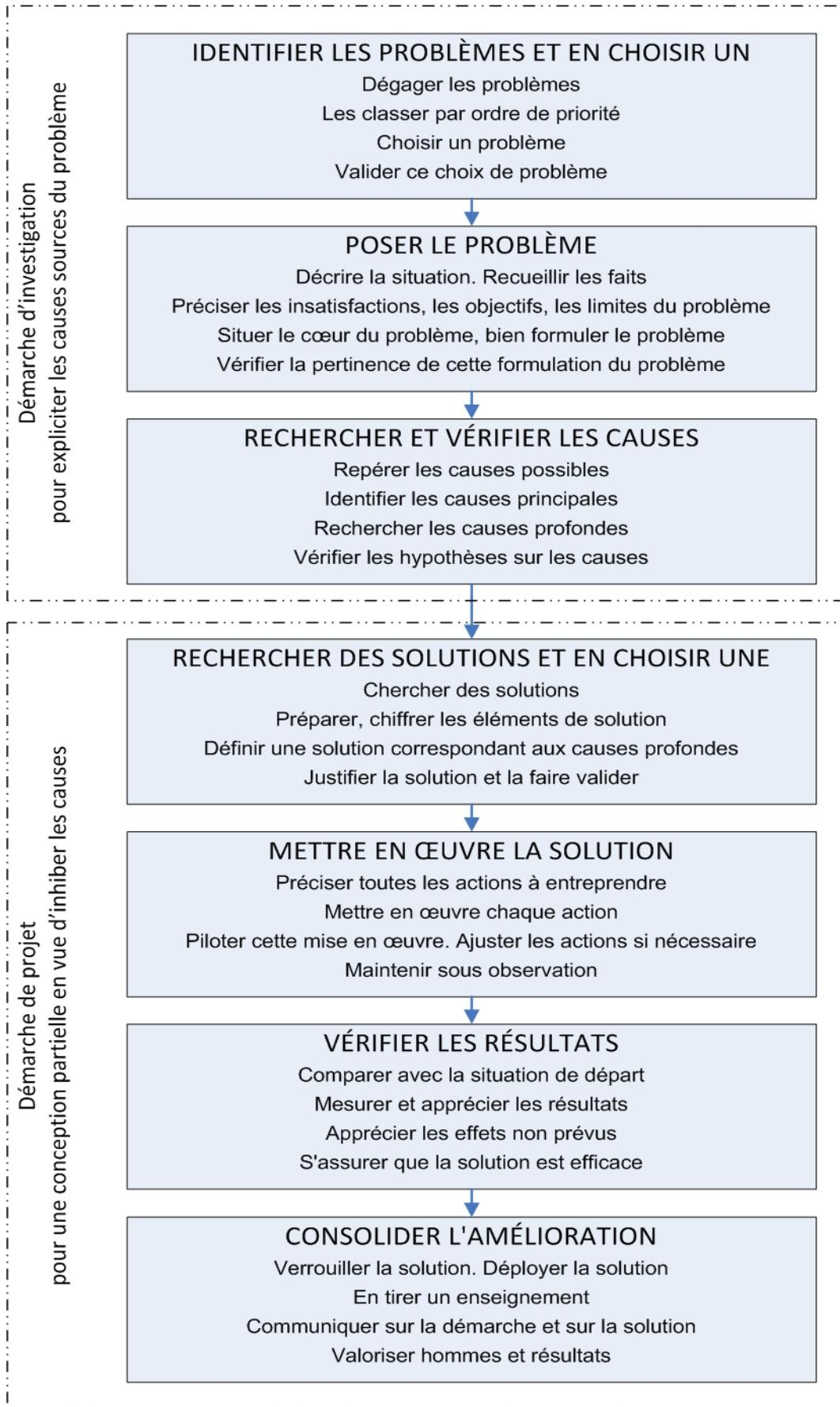
1. L'étape d'imprégnation : Cette première étape permet de cerner au mieux l'environnement du produit, ses usages et ses relations avec les usagers. Elle consiste donc à explorer le sujet, le comprendre, l'embrasser.
2. L'étape d'idéation : C'est l'étape de créativité pure, au cœur du processus imaginatif, essentielle pour innover. La pratique du brainstorming reste l'outil universel et traditionnel de créativité en groupe.
3. L'étape de cristallisation : C'est le temps du recentrage pour faire converger toutes les idées vers l'idéalité. Les idées du brainstorming sont prêtes à être classées par familles, ou triées suivant quelques critères pour confronter la production aux contraintes techniques ou économiques inhérentes au projet ou sa réalisation.
4. L'étape de matérialisation (réalisation d'une maquette ou d'un prototype) : cette dernière phase permet d'exprimer l'idée apparue comme la plus pertinente pour la tester. À l'aide de croquis d'intention ou de schémas, les élèves représentent l'idée avant de pouvoir en faire, suivant les cas, une maquette numérique, une maquette physique de simulation, ou encore un prototype fonctionnel.



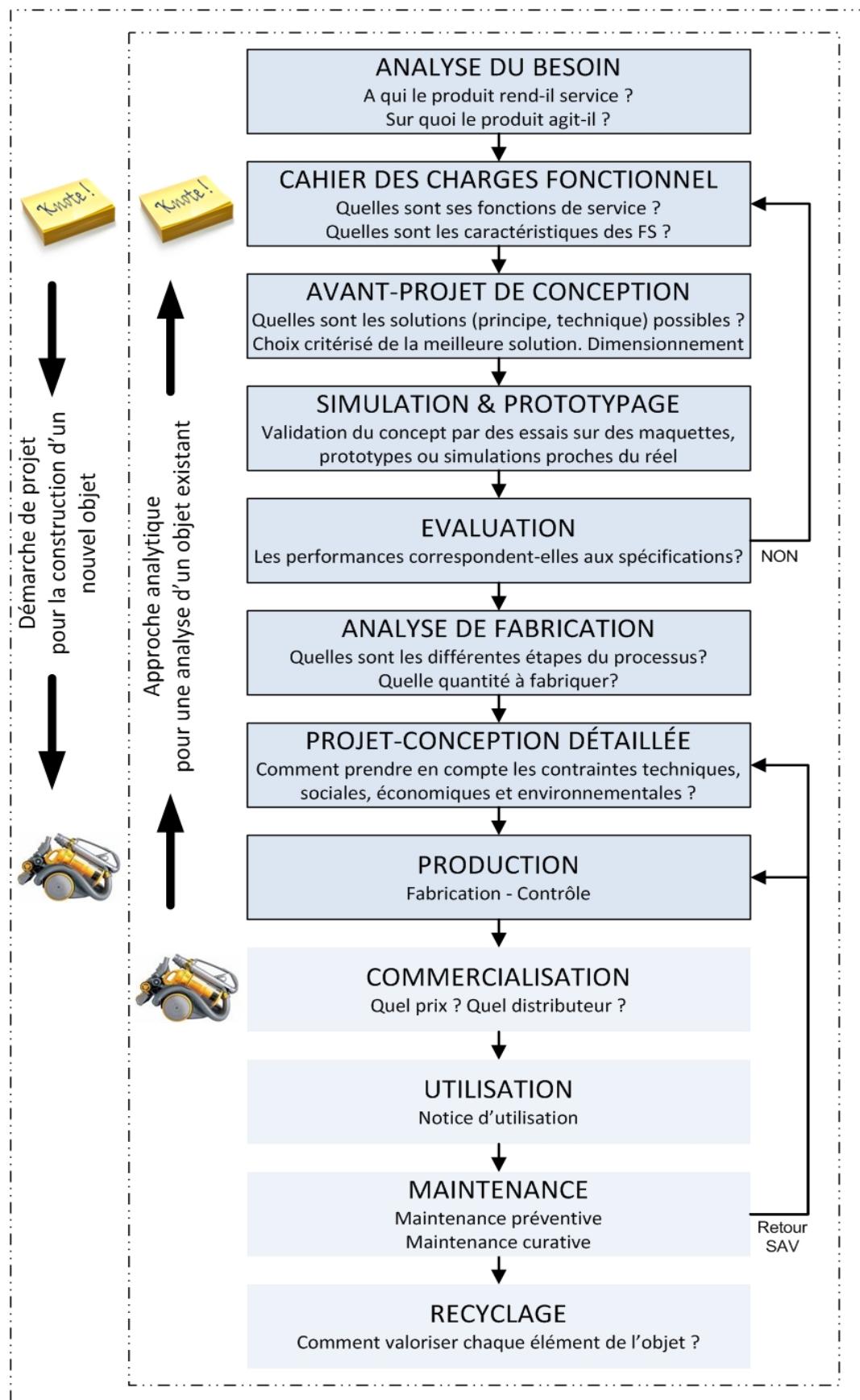
La démarche d'investigation



La démarche de résolution de problèmes techniques



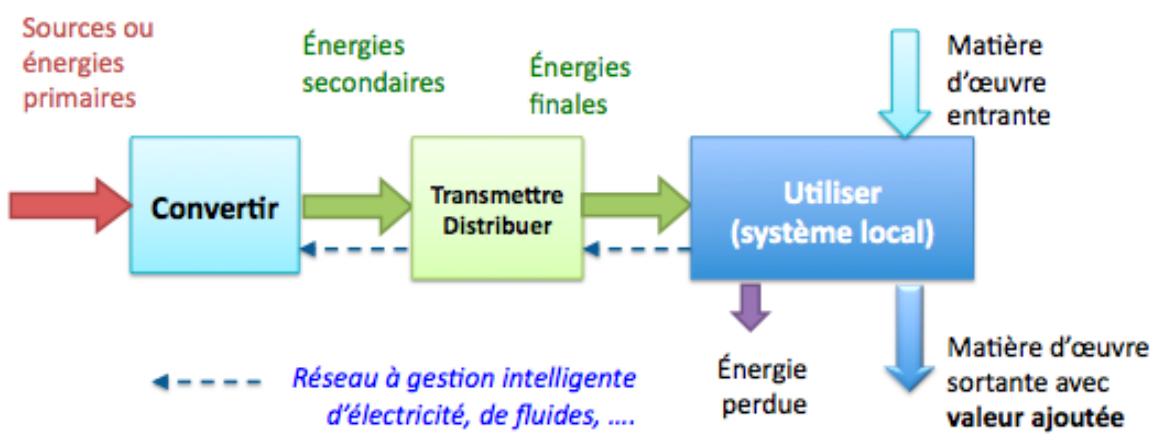
La démarche de projet



Annexe 3

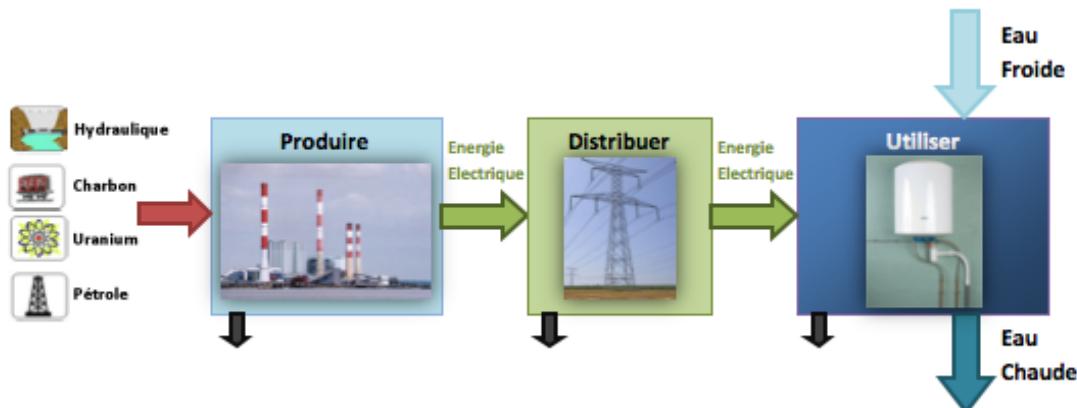
✖ Les fonctions dans les systèmes énergétiques

- Diagramme fonctionnel d'un système technique global à gestion centralisée (connecté à un réseau d'énergie)

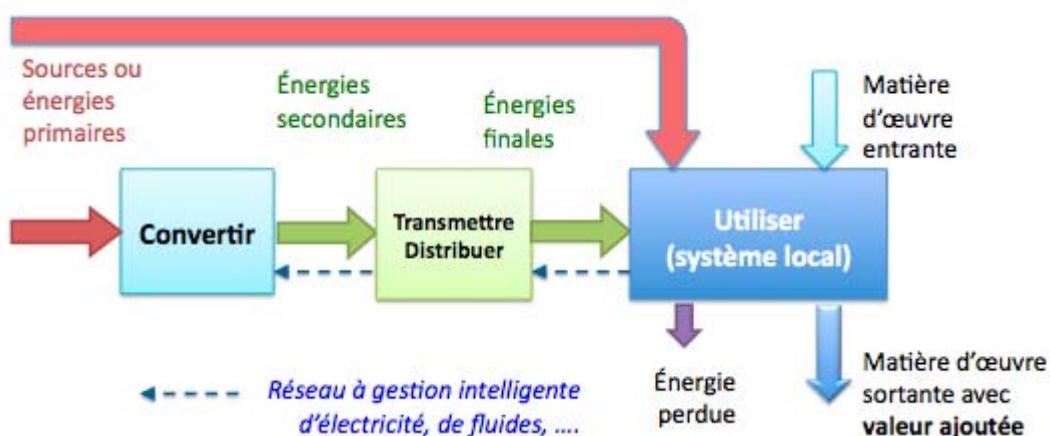


Exemple : système de chauffe-eau individuel raccordé sur le réseau électrique

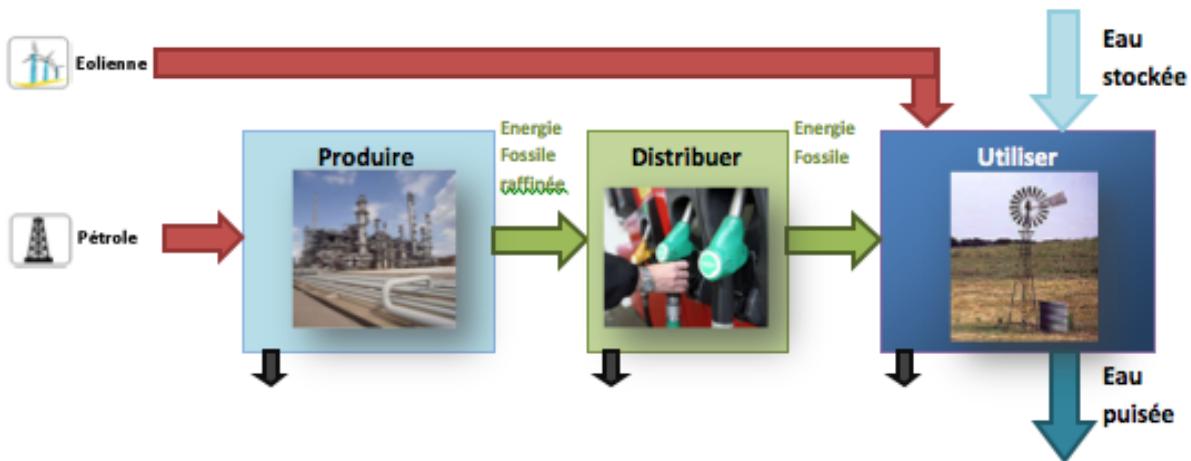
(Dans le cas d'une étude pédagogique, l'ensemble peut être traité dans son intégralité, ou chaque partie du diagramme peut être étudiée en 'isolant' la fonction)



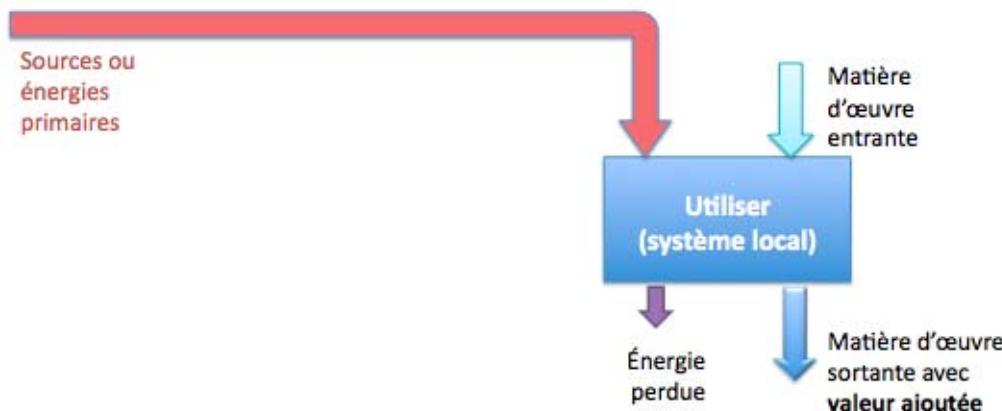
- Diagramme fonctionnel d'un système technique global semi-autonome (partiellement connecté au réseau et/ou directement dépendant d'une source primaire)



Exemple : système de pompage d'eau diesel/aérogénérateur (couplage d'un groupe électrogène avec une éolienne)



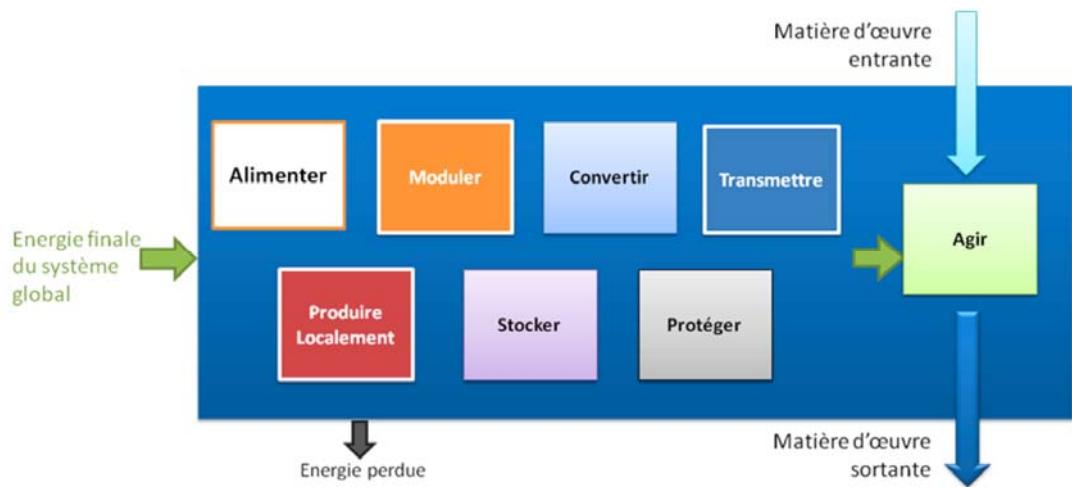
3. *Diagramme fonctionnel d'un système technique à gestion décentralisée (indépendant d'un réseau d'énergie ou 'autonome')*



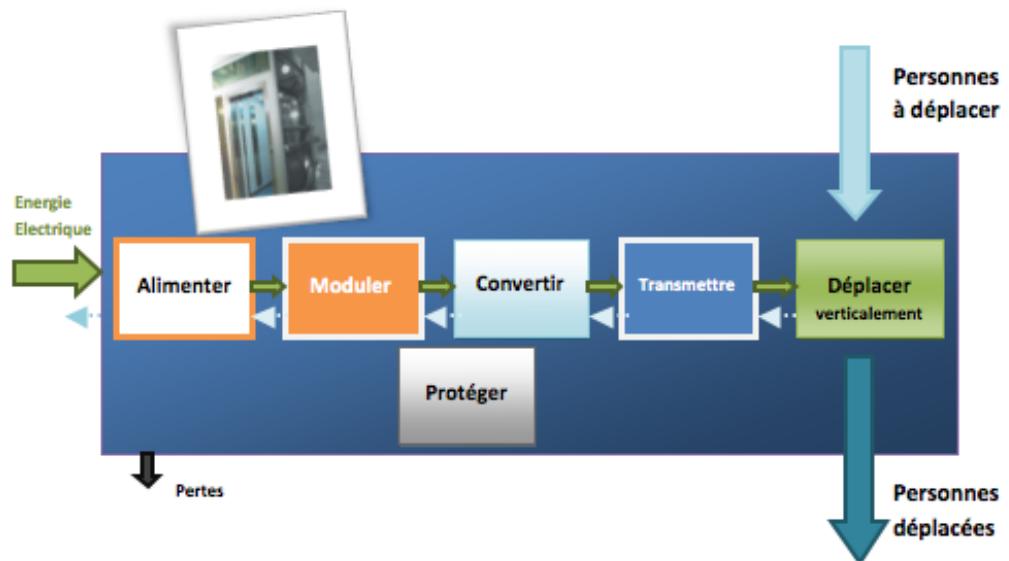
Exemple : borne de secours autoroute



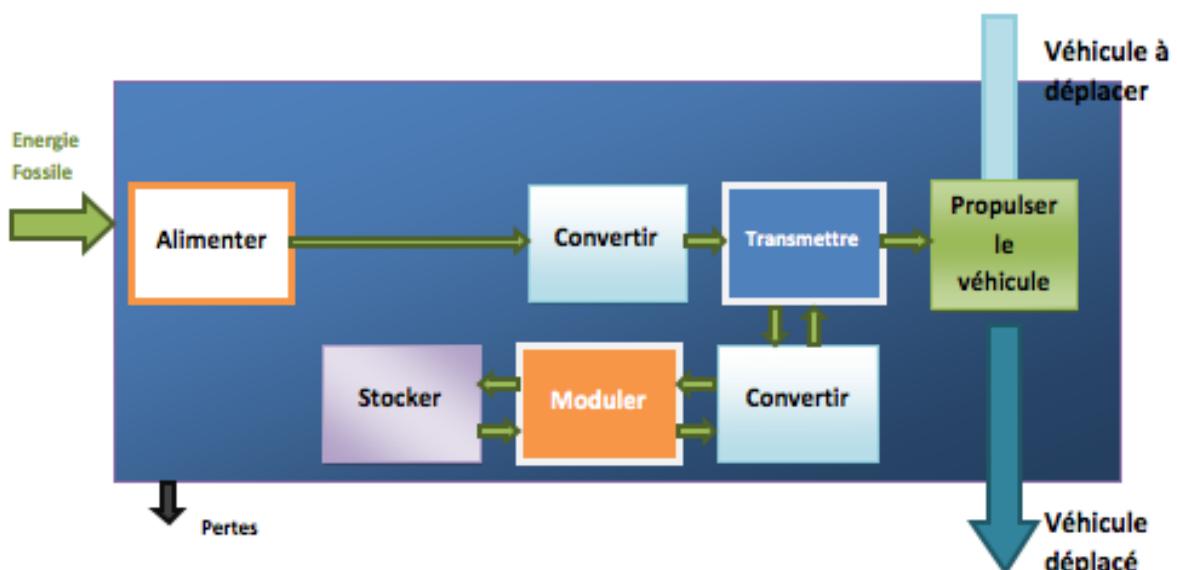
4. Diagramme fonctionnel d'un système technique local



Exemple Ascenseur



Exemple : voiture hybride



Annexe 4

Typologie des systèmes

| Point de vue Énergie | Frontière du système | | Possibilité de raccordement à un réseau global | | | Typologie du système | | |
|---|----------------------|-------|--|------------------------|------------------|----------------------|--------------|---------|
| | Global | Local | Connecté | Connecté partiellement | Autonome /réseau | Mono source | Multisources | Hybride |
| Systèmes usuels | | | | | | | | |
| Panneaux solaires photovoltaïques | X | X | X | | X | X | | |
| Aérogénérateur | X | X | X | | X | X | | |
| Ballon ECS électrique | | X | X | | | X | | |
| Micro-centrale hydraulique | X | X | X | | X | X | | |
| Panneau solaire thermique | | X | | | X | X | | |
| Pompe à chaleur | | X | X | | | X | | |
| Chauffage électrique | | X | X | | | X | | |
| Chaudière murale | | X | X | | | X | | |
| Traction ferroviaire | | X | X | | | X | | |
| Système de levage | | X | X | | | X | | |
| Système de pompage | X | X | X | | | X | | |
| Distribution d'eau sous pression | X | | X | | | X | | |
| Machine frigorifique | | X | X | | | X | | |
| Ventilation mécanique contrôlée (double flux) | | X | X | | | X | | |
| Éclairage domestique | | X | X | | | X | | |
| Éclairage public, tertiaire et industriel | | X | X | | | X | | |
| Chaudière électrogène (moteur Stirling) | | X | X | | | X | | |
| Unité de co-génération | X | X | X | | X | X | | |
| Pile à combustible | | X | | | X | x | | |
| Système combiné photovoltaïque-éolien en site isolé pour la production d'électricité | X | X | X | | X | | X | |
| Système de production de chaleur intégrant un chauffe-eau solaire | | X | | X | | | X | |
| Système combiné solaire-géothermie pour le chauffage | | X | | X | | | X | |
| Système de production d'électricité intégrant un panneau photovoltaïque et un aérogénérateur ou une microcentrale hydraulique | X | X | X | X | X | | X | |
| Systèmes photovoltaïque-diesel ou éolien-diesel | X | X | X | | X | | X | |

| | | | | | | | | |
|--|--|---|--|---|---|--|---|---|
| utilisés dans les pays en voie de développement pour la production d'électricité en site isolé | | | | | | | | |
| Chauffe Eau Solaire Individuel (CESI) avec appont électrique | | X | | X | | | X | |
| Vélo à assistance électrique | | X | | X | | | | X |
| Véhicule hybride rechargeable (Scooter Piaggio) | | X | | X | X | | | |
| Véhicule hybride indépendant (Prius Toyota) | | X | | | X | | | X |

| Point de vue Systèmes d'information | Frontière du système | | Nature des informations traitées | | Communication au sein du système | | |
|--------------------------------------|----------------------|-------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| | Global | Local | Analogique | Numérique | Non communiquant | Communiquant interne | Communiquant externe |
| Systèmes usuels | | | | | | | |
| Équipement fonctionnel d'un véhicule | | X | | X | | X | |
| Système de navigation type GPS | X | | | | | | X |
| Lecteur MP3 | (x) | X | | X | X | | (x) |
| Barrière de Parking | X | X | | | | X | X |
| Vélo à assistance électrique | | X | X | | X | | |
| Pilote automatique | | X | X | X | | X | |
| Système Domotique | X | | X | X | | X | X |

Annexe 5

❖ Comparaison des procédés de prototypage

| | | De design | Fonctionnelle | vraie matière | matière équivalente | Rapidité | Directe | Indirecte | Achat | Matière |
|------------------------------|--|-----------|---------------|---------------|---------------------|----------|---------|-----------|-------|---------|
| Enlèvement de matière | Usinage (CNC) par couches | Pièce : | | | Obtention | | | Coût | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Ajout de matière | Impression 3D (3DP) Collage de poudre | | | | | | | | | |
| | Impression 3D (3DP) Cire | | | | | | | | | |
| | Dépôt de Fil fondu (FDM) | | | | | | | | | |
| | Polymérisation par Flashage U.V. | | | | | | | | | |
| | Polymérisation par Laser (SLA) | | | | | | | | | |
| | Frittage (SLS) Polymère | | | | | | | | | |
| | Frittage (SLS) Métallique | | | | | | | | | |
| Transformation de la matière | Coulée sous vide Résine composant bi | | | | | | | | | |
| | Coulée sous vide Matériau métallique | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | Moulage Injection (RIM) par rapide | | | | | | | | | |
| Déformation de la matière | Découpage - Cambrage | | | | | | | | | |
| | Thermoformage | | | | | | | | | |

Annexe 6

✖ *La normalisation*

Différence entre normalisation et réglementation

La réglementation recouvre les lois, les décrets et les arrêtés, qui par essence, sont d'application obligatoire.

Il ne faut donc pas confondre la normalisation et la réglementation : les normes sont des documents d'application volontaire. Cependant certaines normes peuvent être en effet rendues d'application obligatoire par la réglementation, essentiellement lorsque des questions de sécurité sont en jeu (ex : Norme NF C 15-100 « Installations électriques à basse tension », NF S90-116 « Matériel médico-chirurgical - Prises murales et fiches correspondantes pour fluides médicaux »).

Seules 380 normes (soit environ 1% des normes françaises) sont rendues d'application obligatoire, lorsqu'elles constituent le moyen unique de satisfaire aux exigences d'un texte réglementaire.

Différence entre normalisation et certification

Selon le Décret N°2009-697 du 16 juin 2009, **la normalisation** est une activité d'intérêt général qui a pour objet de fournir des documents de référence élaborés de manière consensuelle par toutes les parties intéressées, portant sur des règles, des caractéristiques, des recommandations ou des exemples de bonnes pratiques, relatives à des produits, à des services, à des méthodes, à des processus ou à des organisations. Elle vise à encourager le développement économique et l'innovation tout en prenant en compte des objectifs de développement durable.

Selon le Guide ISO/CEI 2, définition 15.1.2, **la certification est une procédure par laquelle une tierce partie donne une assurance écrite** qu'un produit, un processus ou un service dûment identifié est conforme aux exigences spécifiées.

Il ne faut donc pas confondre **norme et marque** : une norme est un document décrivant des exigences à respecter, alors qu'une marque est le signe visible de respect d'exigences définies dans un référentiel (qui peut être une norme, ou pas).

Ex :

| | |
|--|---|
| La marque NF est une marque de conformité de produits ou de services à une norme française. Elle est délivrée par AFNOR ou un organisme mandaté agissant pour le compte d'AFNOR. |  |
| Qualicert est la marque de certification de services de la société SGS ICS. Elle est attribuée aux structures dont les services fournis aux clients sont certifiés, c'est-à-dire conformes à des engagements définis dans un cahier des charges. (Source : http://www.servicesalapersonne.gouv.fr/certification-qualicert-sgs-(3481).cml) |  |
| Le label Agriculture Biologique, ou label AB, est un label de qualité français créé en 1985 et permettant d'identifier les denrées alimentaires issues de l'agriculture biologique. Il est la propriété du ministère français de l'agriculture qui en définit le cahier des charges. Plusieurs organismes certificateurs ont l'autorisation de délivrer la certification : Aclave, Agrocert, Ecocert SA, Qualité France SA, Ulase, SGS ICS |  |

Qu'est ce qu'un standard ?

Un standard correspond à des spécifications établies par un groupe d'acteurs restreint (généralement des industriels, rassemblés dans un consortium ou un forum). Les standards HD DVD et Blue Ray sont un exemple de standards concurrents. Il peut exister plusieurs standards sur des technologies voisines. La stratégie de certains consortiums consiste alors à faire transformer leur standard en norme internationale (norme ISO) pour que la technologie proposée s'impose au marché.

L'organisation de la normalisation

La normalisation est organisée par zones géographiques et par secteurs d'activités. Au plan géographique, les normes sont élaborées aux niveaux national, européen et international.

Par ailleurs, les instances de normalisation sont organisées par secteur d'activités. À chaque secteur correspondent des organismes de normalisation spécifiques aux plans national, européen et mondial (la figure ci-dessous est simplifiée et nomme les organismes en dehors du secteur électrique et des télécommunications).

Au plan national, les pays disposent d'un institut de normalisation unique. L'AFNOR (Association Française de Normalisation) est l'institut de normalisation français, en charge de l'élaboration des normes et de la représentation de la France dans les instances européennes et internationales de normalisation. AFNOR est une association de loi 1901, créée en 1926, qui a été placée sous la tutelle du ministère de l'Industrie, qui en a défini les missions dans le décret N°2009-697 du 16 juin 2009.

L'AFNOR représente à ce titre les positions de la France dans les instances de travail européennes et internationales. Dans d'autres pays, les organismes de normalisation nationaux (par exemple le DIN en Allemagne, le BSI au Royaume-Uni, l'AENOR en Espagne, l'ANSI aux Etats-Unis ou le JISC au Japon) jouent le même rôle.

Les normes européennes sont obligatoirement reprises dans les collections nationales de normes. Elles annulent et remplacent les normes nationales préexistantes et assurent une véritable harmonisation technique. Ainsi une norme européenne est reprise dans 31 pays et annule les normes nationales venant en contradiction. L'Europe est ainsi la seule région du monde à bénéficier d'un outil normatif aussi puissant. Une norme européenne, identifiée par le préfixe EN, devient une norme française lorsque qu'elle est reprise en NF EN dans la collection des normes françaises, une norme allemande en devenant une DIN EN, une norme anglaise en devenant une BS EN, etc.



Les normes internationales (identifiées par le préfixe ISO) ne sont pas obligatoirement reprises dans les collectivités nationales.

La normalisation, un facteur de compétitivité



Des normes ont été élaborées depuis l'antiquité pour faciliter les échanges entre les pays : depuis l'écartement des essieux des chars romains et des voies romaines, en passant par les unités de poids et de mesure, les normes ont toujours facilité les échanges et le commerce international.

Aujourd'hui, les normes contribuent également à la compétitivité des organisations :

- elles aident les industriels à favoriser la mise sur le marché de leurs produits notamment lorsque ces derniers doivent être conformes à la réglementation européenne (dispositif du marquage CE). Les normes, en harmonisant les exigences techniques de produits et services, réduisent les entraves aux échanges et favorisent l'ouverture des marchés. Elles contribuent donc à fournir et à vendre durablement des biens et des services marchands en situation de concurrence ;
- elles contribuent à la compétitivité exercée par les prix en aidant à réaliser des économies d'échelle et des gains de productivité, notamment en favorisant l'interopérabilité des produits et des systèmes, en contribuant à la réduction des variétés, en rationalisant les systèmes de production par des méthodes d'organisation éprouvées.
- elles concourent à la capacité du système productif à satisfaire à la demande, en définissant le niveau de qualité et de sécurité des produits et des services, et en rassurant les utilisateurs et les acheteurs ;
- enfin, elles participent à la capacité à occuper une position forte sur le marché et à augmenter les parts de marché, en définissant de nouvelles règles du jeu pour le développement de solutions innovantes, favorisant ainsi leur accès au marché et créant ainsi les conditions favorables à leur développement économique.

Annexe 7

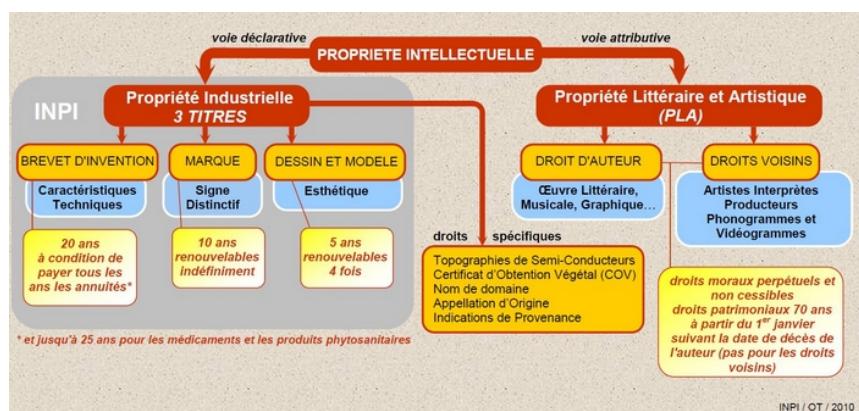
❖ La protection industrielle des produits

Protéger ses créations

Les créations (éventuellement des produits et des procédés) peuvent relever du domaine public ou de celui de la propriété intellectuelle :

- dans le domaine public, les connaissances issues de la création, les découvertes, les idées, les concepts sont de libre parcours. Elles sont à la disposition de tous et ne peuvent pas faire l'objet d'une appropriation ;
- dans le domaine de la propriété intellectuelle, certaines créations peuvent bénéficier d'une protection par l'acquisition de droits sous conditions définies par la loi. Ces droits de propriété intellectuelle confèrent à leur titulaire un droit d'interdire l'exploitation de la création pendant une durée limitée et sur un territoire donné.

La propriété intellectuelle (PI) est régie par un ensemble de lois décrites dans le code de la propriété intellectuelle (CPI) qui comporte deux branches bien distinctes :



- la propriété littéraire et artistique: ses droits sont attributifs, ils naissent avec la création (exemple du droit d'auteur pour une œuvre littéraire) ;
- la propriété industrielle, ses outils sont déclaratifs, leurs droits s'acquièrent par le dépôt ou bien l'enregistrement d'un titre (exemple du brevet pour une invention technique).

La protection industrielle

Les différents aspects de la propriété intellectuelle sont complémentaires. En effet, la protection industrielle d'un produit ou d'un procédé peut s'obtenir par l'un des trois titres de la propriété industrielle (le brevet, la marque et le dessin et modèle), mais aussi à l'aide de droits plus spécifiques (sur les topographies de semi-conducteurs pour les circuits imprimés ou sur les noms de domaine pour les sites internet par exemple) et encore par les droits de la propriété littéraire et artistique (un logiciel par exemple peut être protégé par le droit d'auteur et/ou par un brevet). En France, les titres de propriété industrielle s'obtiennent après demande auprès de l'Institut National de la Propriété Industrielle (INPI, www.inpi.fr) et sont ensuite enregistrés ou délivrés sur le territoire. Il existe des procédures pour les étendre au niveau international.

Les titres de la propriété industrielle

Le brevet protège une invention, c'est-à-dire une solution technique à un problème technique. On peut breveter un procédé (le traitement d'eaux polluées par exemple), un produit (un VTT pliable par exemple) ou une utilisation (l'utilisation de l'aspirine pour prévenir les accidents cardio-vasculaires par exemple).

L'invention doit être nouvelle, doit impliquer une activité inventive (elle ne doit pas être évidente pour « l'homme de métier ») et doit être susceptible d'application industrielle. On ne peut pas protéger des découvertes, des plans, des principes et méthodes, des logiciels et des programmes d'ordinateurs seuls. Le brevet rend l'invention publique en même temps qu'il la protège par la publication des informations qu'il contient 18 mois après son dépôt.

La durée de la protection sur le territoire est de 20 ans maximum (jusqu'à 25 ans pour les médicaments et les produits phytosanitaires) à condition de payer une annuité.

La marque est un signe susceptible de représentation graphique servant à distinguer des produits et/ou des services de ceux identiques ou similaires de la concurrence. On distingue 3 types de marques, la marque de fabrique, la marque de commerce et la marque de distribution.

Le signe distinctif peut être verbal (s'écrire ou se prononcer), figuratif (perceptible par l'œil), complexe (une combinaison des deux précédents) ou encore sonore (perceptible par l'oreille).

La marque doit être distinctive (elle ne doit pas décrire le produit ou le service, ni une de ses caractéristiques), licite (elle ne doit pas tromper le consommateur) et disponible. Elle doit offrir un point de repère essentiel pour le consommateur qui représente l'image de l'entreprise et qui garantie une certaine constance de qualité.

La durée de la protection sur le territoire est de 10 ans renouvelable indéfiniment (en payant une redevance).

Le dessin et modèle protègent l'apparence du produit caractérisée par des éléments visuels comme ses lignes, ses contours, ses couleurs, sa forme, sa texture ou les matériaux utilisés. Le dépôt se matérialise par des éléments graphiques en deux dimensions, des dessins et/ou des éléments graphiques en trois dimensions, des modèles.

La forme doit être nouvelle et présenter un caractère propre. Les éléments à protéger doivent être visibles lors de l'utilisation normale du produit. On ne peut pas protéger une pièce visible seulement lors de l'entretien ou de la réparation. On ne peut pas protéger certaines formes comme par exemple celles dont les caractéristiques sont imposées par la fonction technique du produit.

La durée de la protection sur le territoire est de 5 ans minimum, renouvelable 4 fois (en payant une taxe).

Innovation et propriété intellectuelle

Innover c'est créer pour la société des biens et/ou des services nouveaux ou améliorés qui répondent à une utilité marchande ou non marchande. La propriété intellectuelle est, pour les entreprises, un outil au service de l'innovation.

Au stade de l'idée, les bases de données brevets constituent une source d'informations techniques et concurrentielles conséquente et gratuite qui permet de repérer les solutions existantes afin de ne pas recréer ce qui existe déjà, de retracer les évolutions techniques d'un produit ou tout simplement d'éviter d'être contrefacteur.

Pendant la phase de recherche et développement, il faut pouvoir prouver la date de création de l'innovation (en déposant par exemple une enveloppe Soleau) et conserver le secret pour préserver les possibilités d'appropriation.

Avant le lancement, il faut avoir pris les décisions en termes de protection et préparer puis déposer les brevets, marques, dessins et modèles, éventuels. Il faut décider des extensions à l'étranger puis valoriser ensuite ce patrimoine « immatériel » en cédant ses titres ou en concédant des licences.

Une fois l'exploitation commerciale lancée, il faut gérer le portefeuille de titres (les maintenir ou les abandonner en fonction des évolutions du marché), surveiller le marché par une veille technologique et concurrentielle constante et faire valoir ses droits (détecter la contrefaçon tout d'abord puis transiger en concédant une licence ou bien engager un procès).

Les droits de propriété industrielle constituent pour l'entreprise innovante des actifs immatériels.

Politique de propriété intellectuelle ou choisir le mode de protection de l'innovation technique

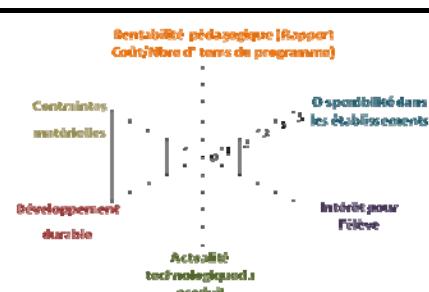
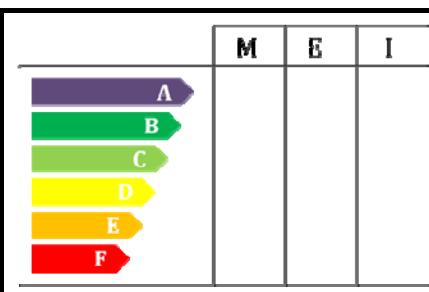
On peut mettre en avant les trois axes suivants :

- garder le secret ; ne pas diffuser dans le public les connaissances élaborées ou acquises, seule l'entreprise sait exploiter l'invention, pas de procédure ni de dépense en PI. Mais il n'y a pas de recours contre les imitateurs du produit qui peuvent aussi déposer un brevet. Pour être efficace, cette solution doit fortement impliquer toute l'entreprise, elle est viable pour un savoir faire de fabrication ou pour une innovation qui passe par des procédés inviolables. Elle doit être encadrée par des contrats et des mesures de confidentialité ;
- déposer un brevet ; le brevet apporte un droit temporaire d'interdire l'exploitation de l'invention à des tiers en contrepartie de sa publication. L'entreprise peut se défendre contre des contrefacteurs potentiels et peut valoriser ses brevets en concédant des licences ou en cédant ses droits ;
- divulguer sans protection ; rendre public l'innovation en la commercialisant, en la présentant ou en publiant un article. Personne ne peut empêcher de l'exploiter et tout dépôt de brevet par

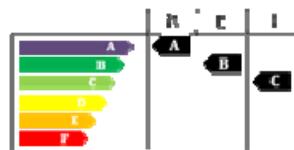
des tiers est impossible. Mais on ne peut plus déposer de brevet et tout le monde peut imiter l'innovation. Cette solution peut valoriser l'image innovatrice de l'entreprise tout en empêchant la concurrence de la bloquer.

Annexe 8

❖ Exemple de fiche pédagogique d'une séquence

| | | | | | |
|---|--|--|---|---|---|
| Nom du lycée | Intitulé | Nature de l'activité pédagogique (Cochez la case) | | | |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> Étude de dossier technologique <input type="checkbox"/> Activité pratique | | | |
| Objectifs pédagogiques <small>(exemple : 1.1.1 Paramètres de compétitivité)</small> | | | | | |
| Connaissances visées | -principale (exemple : Importance du service rendu,...) | | | | |
| | -intermédiaires | | | | |
| Pré requis des élèves | | | | | |
| Système(s) retenu(s) <small>(nom du système exploité Familles de systèmes analogues possibles)</small> |  |  | M | E | I |
| Logiciels utilisés | | | | | |
| Situation-Problème <small>(description)</small> | | | | | |
| Démarche retenue (Cochez la case) | <input type="checkbox"/> Démarche d'investigation <input type="checkbox"/> Démarche de résolution de problème technique <input type="checkbox"/> Démarche de projet <input type="checkbox"/> Démarche de créativité | | | | |
| Décomposition et organisation des élèves de la séquence <small>(nombre de séances : 3 séances de 2H maximum par séquence d'étude de dossier technologique)</small> | | | | | |

| | |
|--|--|
| 1 séance de 2H maximum pour une activité pratique, répartition des élèves : îlot,..) | |
| Type d'activités | <input type="checkbox"/> Analyse <input type="checkbox"/> Réalisation <input type="checkbox"/> Expérimentations <input type="checkbox"/> Conception |
| Description des activités pédagogiques. La répartition des activités entre les îlots pour une étude de dossier technologique sera détaillée ainsi que les axes technologiques étudiés par îlot : Matière, Énergie, Information | |
| Évaluation éventuelle (type, nature) | |
| Bibliographie éventuelle | |
| Webographie éventuelle | |



Critères de classification :

- A** → On l'exploite et fait référence à plus de 3 points du programme.
- B** → On l'exploite et fait référence à 2 à 3 points du programme.
- C** → On l'exploite et fait référence à 1 point du programme.
- D** → On en parle, mais l'exploitation est réduite.
- E** → On en parle peut-être, à voir si l'exploitation est possible.
- F** → Néant, ne couvre pas la dimension .

Annexe 9

 **Tableau des critères d'analyse des projets**

| Points d'analyse | Le projet en STI2D | Apprendre par le projet | Les points de vigilance |
|--|---|--|--|
| 1 – Le projet est initié par un élément déclencheur qui suscite l'intérêt et la curiosité (ex : question, situation problème) | En STI2D, le projet s'appuie sur un objectif intégrant une approche d'amélioration d'un existant dans un point de vue développement durable | Le projet pédagogique exige l'adhésion des élèves à l'élément déclencheur mais il est amendé et validé par le professeur qui garantit sa faisabilité | Le projet technique n'est souvent qu'une « super » démarche de résolution de problème technique, pas toujours motivante |
| 2 – Le projet comporte un produit final qui fera l'objet d'une communication | En STI2D, la production finale n'est pas la réalisation d'un « produit technique », mais la proposition structurée et argumentée d'une analyse du déroulement du projet | L'élève apprend en s'appuyant sur des expérimentations et réalisations qui peuvent ne pas être optimisées, mais qui sont toujours analysées | Le projet technique induit parfois la priorité du résultat sur la démarche... un juste équilibre est nécessaire |
| 3 – Le projet comprend 3 temps : préparation, réalisation, intégration | La démarche du projet STI2D respecte globalement ces 3 temps, même si réalisation et intégration ont un sens particulier | La phase de préparation est fondamentale dans le projet pédagogique, elle donne la référence qui permettra d'évaluer les écarts entre le prévu et le réalisé. | La réalisation doit se limiter à des prototypes, des maquettes ou des simulations de comportement, l'intégration à l'analyse des résultats obtenus |
| 4 – Le projet permet des apprentissages signifiants en lien avec la réalité | Le projet STI2D est toujours un projet de modification d'un système existant, réel ou virtuel. Il n'est jamais le résultat d'une idée non matérialisée | Le projet pédagogique donne à rêver une nouvelle réalité... qui motive les élèves, mais qui doit rester réalisable. | Le projet technique est, par définition, ancré dans une réalité... il reste à choisir une réalité motivante. |
| 5 – Le projet laisse place à l'initiative et à la créativité de l'élève | Cela est surtout vérifié dans la phase de préparation, par la mise en place de méthodes adaptées dans la continuité de l'EE CIT | Le projet pédagogique peut privilégier des phases de créativité... les élèves comprenant bien que tout n'est pas réalisable | Attention de ne pas imposer une obligation de réussite dans un environnement contraint parfois directif... susceptible de brider fortement la créativité des acteurs |
| 6 – Le projet nécessite un travail de coopération | C'est un travail en équipe de 3 à 5 élèves, qui respectent, avec l'aide de leur professeur, des étapes (revues de projet) et des rôles donnant lieu à la définition de tâches personnelles à mener. | Le travail collaboratif et collectif est une caractéristique essentielle des activités technologiques, qu'il faut apprendre aux élèves en le vivant et qu'il faut valoriser. | La démarche d'ingénierie système permet un découpage en sous-système propice à la répartition des tâches et à la coopération |
| 7 – Le projet implique des choix | Le premier temps de préparation du projet | Le projet pédagogique facilite les propositions | Ne pas toujours minimiser, comme |

| Points d'analyse | Le projet en STI2D | Apprendre par le projet | Les points de vigilance |
|--|---|--|--|
| et laisse la place à l'erreur | STI2D privilégie les recherches de solutions. La réalisation de prototypes et de maquettes permet de remettre en cause un résultat inadapté | et les d'essais, dans un cadre maîtrisé par le professeur garantissant une « sortie positive » des activités. | dans le projet technique, les possibilités d'erreur... et stériliser, de fait, l'intérêt d'essais non « productifs » |
| 8 – Le projet favorise l'intégration des éléments du programme de formation | Le projet STI2D est une pratique d'intégration de toutes les compétences du programme (celles de l'enseignement transversal et celles de la spécialité) | Le projet pédagogique est porté par l'envie de réussir qui motivent les élèves à faire et donc à apprendre | Le cadre doit être structuré et donner une organisation permettant de respecter des objectifs et des délais |
| 9 – Le projet favorise le développement de stratégies de résolution de problème | Le projet STI2D intègre les deux démarches pédagogiques qui lui sont associées (investigation et résolution de problème technique) | Le projet pédagogique met en œuvre des démarches particulières pour aboutir aux résultats attendus | Les procédures stabilisées relevant de démarches précises de résolution de problème technique sont amenées par l'enseignant |
| 10 – Le projet fait l'objet d'une évaluation et d'une rétroaction | Cette rétroaction entre l'objectif visé et le résultat atteint est la « production attendue » du projet STI2D. | Le projet pédagogique permet de ne pas s'imposer une production respectant les critères industriels habituels de qualité et de performance | Attention de ne pas imposer un résultat donné, aux performances attendues, qui ne laissant pas de place à un écart entre le visé et le réalisé et entraîne un sentiment d'échec. |

GLOSSAIRE PÉDAGOGIQUE

Compétence : être compétent, c'est pouvoir mobiliser un ensemble intégré de connaissances, de capacités, de comportements pour résoudre des situations problèmes dans un contexte imposé.

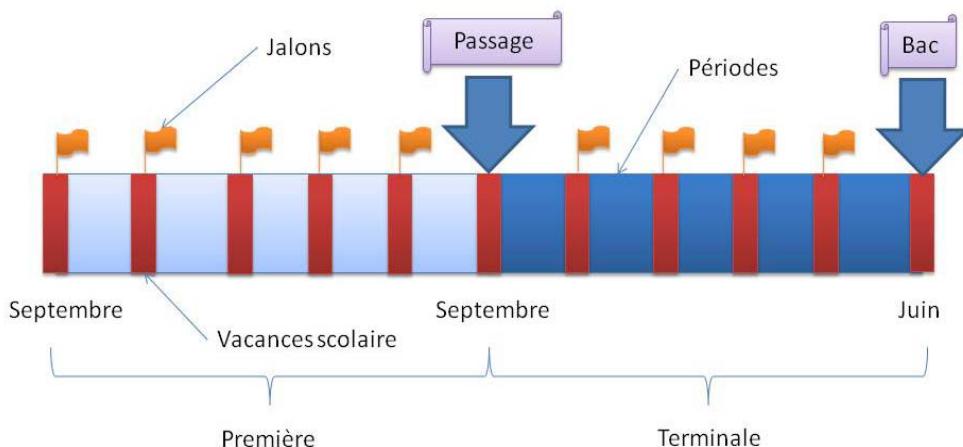
Situation problème : c'est une situation didactique créée par l'enseignant pour permettre à l'élève d'être acteur de sa formation, l'élève doit construire son savoir, ses connaissances. L'objectif pédagogique visé par une situation problème est toujours le franchissement d'un obstacle par l'élève. Dans le contexte d'un enseignement de sciences de l'ingénieur, la situation problème sera fortement corrélée avec le processus destiné à donner du sens à travers le triptyque questions sociétales, problématique, problèmes techniques.

Dans le contexte STI2D, la situation problème sera, si possible, corrélée à un aspect de développement durable et/ou à la compétitivité des produits.

Une situation aura le label de situation problème :

- si au départ l'élève n'a pas les instruments de la résolution (sinon elle devient une situation de réinvestissement) ; c'est le besoin de résoudre qui doit conduire l'élève à élaborer ou à s'approprier les instruments de la résolution ;
- si la difficulté est suffisamment résistante pour que l'élève mobilise ses connaissances et ses représentations afin de remettre en cause certaines et d'en construire d'autres ;
- si la difficulté n'apparaît pas à l'élève comme insurmontable.

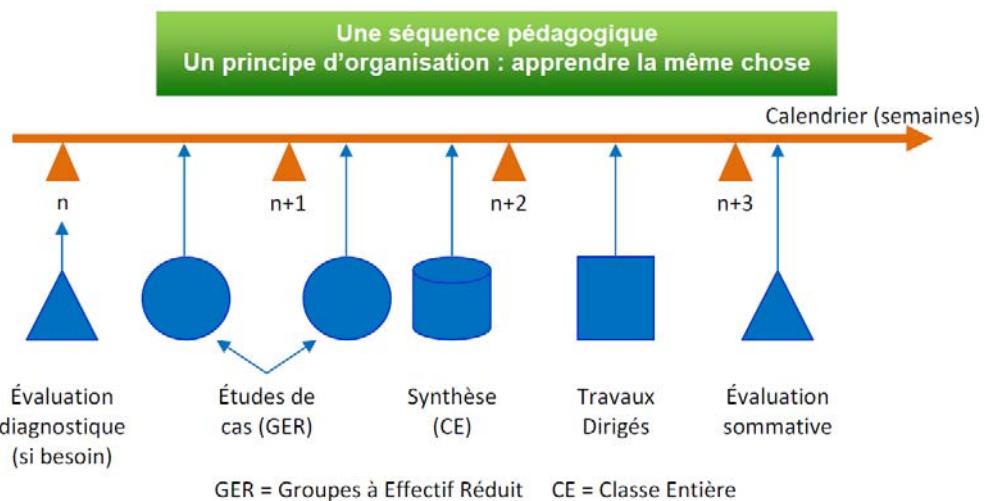
Progression pédagogique : c'est l'équivalent du planning en démarche de projet, il vise à organiser dans l'espace (occupation des salles ou laboratoires) et le temps (plage de travail intra ou inter disciplinaire) les activités pédagogiques afin de développer les compétences définies dans le programme. Elle comporte des jalons, par exemple, les périodes de rendu des notes pour les conseils de classe, elle permet d'assurer la cohérence pédagogique entre l'année de première et de terminale. Elle favorise la passation des consignes entre les enseignants de l'équipe pédagogique. Elle doit comporter des périodes de temps plus réduites pour favoriser les évaluations sommatives en fin d'apprentissage. Exemple : prendre le rythme des vacances scolaires, soit des périodes de cinq ou six semaines.



Séance : c'est l'unité élémentaire de formation dont la durée peut aller de 1 à 4 heures connexes, elle peut être en classe entière ou en groupe à effectifs réduits. Elle peut être encadrée par un ou plusieurs enseignants (cas des travaux interdisciplinaires en SSI par exemple). Elle se déroule dans un lieu unique relatif au groupe envisagé (classe entière ou groupe à effectifs réduits), la salle de classe, le laboratoire de SI ou de physique, visite extérieure à l'établissement.

Séquence : c'est un ensemble de séances, pas obligatoirement connexes, liées par un principe d'organisation : les élèves atteignent les mêmes objectifs, soit à partir d'activités identiques (cours, TD par exemple), soit à partir d'activités qui peuvent être différentes (activités pratiques ou études de dossier sur des supports différents). Une séquence doit posséder son propre dispositif de structuration des connaissances (cours en démarche déductive, synthèse en démarche inductive), un dispositif

d'évaluation (diagnostique en entrée si nécessaire, formative pendant et sommative après le processus de formation). Il peut y avoir plusieurs séquences qui traitent des mêmes compétences, dans ce cas, on peut distinguer une séquence de découverte, d'approfondissement, etc.



Activités : ce que fait l'élève pendant la séance pour atteindre les objectifs fixés, acquisition de connaissances et de capacités. Exemple d'activités : prendre une mesure, identifier une structure, caractériser une fonction, simuler le comportement, valider une solution, mettre en œuvre le système, prendre des notes, présenter au groupe, ...

Centre d'intérêt : thème s'appuyant sur un ensemble cohérent de compétences et/ou de connaissances d'un programme permettant d'organiser des activités sur supports pédagogiques pouvant être différents mais visant à atteindre le même objectif de formation et une phase de structuration de connaissances unique. Un centre d'intérêt peut donner lieu à différentes séquences de formation, aux objectifs de formation progressifs et réparties sur le cycle de formation.

Modalité pédagogique : une modalité pédagogique est une approche didactique particulière, choisie par l'enseignant et proposée aux élèves en fonction des connaissances visées et des conditions de formation. Les modalités pédagogiques sont, soit transmissives (à partir du savoir transmis du professeur), soit behavioristes (réponse concrète à un problème posé), soit constructivistes (à partir d'un besoin exprimé des élèves et de découvertes faites pour y répondre), ou basées sur la démarche deductive (du général au particulier) et inductive (du particulier au général).

Démarche déductive : on part du cas général vers le cas particulier. L'organisation classique se décompose selon les phases : cours - une ou plusieurs études d'application - évaluation sommative. Le fil rouge de la séquence est la problématique qui prend appui sur un thème sociétal ou un centre d'intérêt. Dans ce cas, les élèves apprennent la même chose, mais peuvent réaliser des activités différentes sur des systèmes différents.

Démarche inductive : on part du cas particulier vers le cas général. L'organisation classique se décompose selon les phases : une ou plusieurs études - restitution - leçon de synthèse - évaluation sommative. Avec cette démarche, il faut viser un nombre réduit d'objectifs pédagogiques. Le fil rouge de la séquence est la problématique qui prend appui sur un thème sociétal ou un centre d'intérêt. Il faut choisir les activités compatibles avec ces objectifs et les contraintes organisationnelles et matérielles. Le projet interdisciplinaire et les mini-projets font parties des modalités pédagogiques et didactiques de la démarche inductive.

Modèle transmissif : modèle centré sur le maître qui transmet son savoir.

Modèle behavioriste : modèle qui repose sur l'entraînement. Il s'intéresse plus aux entrées/sorties qu'aux processus mentaux. La méthode est simple : élaborer des situations pour obtenir certains comportements de l'élève (logique de conditionnement). L'enseignant doit sortir de son discours, pour s'intéresser à l'élève. Il doit créer des objectifs intermédiaires et des situations de remédiations.

Modèle constructiviste : modèle élaboré à partir d'un besoin exprimé des élèves et de découvertes faites pour y répondre ; les connaissances se construisent dans un certain ordre et à condition que le contexte de formation proposé fournisse les stimulations nécessaires. Ce modèle concerne la pédagogie dite de la construction.

Démarche d'investigation : démarche inductive qui s'applique à tous les domaines scientifiques. C'est la démarche pratiquée au collège et en classe de seconde dans les enseignements d'exploration. C'est un ensemble d'actions et de réflexions qui vise à observer le comportement, le fonctionnement, la constitution d'un produit, à rechercher des informations et à identifier les solutions retenues ainsi que les principes qui les régissent.

Démarche de résolution de problème technique : démarche inductive qui s'applique à tous les domaines technologiques. Elle met en œuvre des méthodes formalisées, même si elle peut aussi intégrer le concept de démarche d'investigation. C'est un ensemble structuré de réflexions et d'actions visant à partir de l'expression du problème technique identifié :

- à l'expliciter ;
- à identifier les contraintes et les hypothèses qui y sont associées, le niveau de réponse attendue et les types de résolution possibles (lois règles, outils, méthodes et organisation, ...) ;
- à appliquer les méthodes de résolution ;
- à comparer les résultats afin de faire un choix justifiable.

Évaluation diagnostique : évaluation qui a pour objectif principal de permettre aux enseignants d'observer les compétences et d'apprécier les réussites, ainsi que les difficultés éventuelles des apprenants, considérés individuellement, à un moment précis de leur apprentissage. Elle leur fournit ainsi des repères pédagogiques pour organiser la suite des apprentissages.

Évaluation formative : évaluation entièrement intégrée à l'apprentissage. Elle intervient avant, pendant et après le cursus de formation. Centrée sur l'élève, elle mesure ses résultats en fonction d'objectifs opérationnels. Elle indique également à l'enseignant comment se déroule son programme pédagogique et quels sont les obstacles auxquels il se heurte.

Évaluation sommative : évaluation qui s'effectue en fin d'apprentissage. Elle permet d'estimer les connaissances acquises de l'apprenant, d'en faire un inventaire. Elle peut permettre également de prendre une décision d'orientation ou de sélection en fonction des acquis, mais aussi de situer les apprenants d'un groupe par rapport aux autres.

Systèmes réel, réel instrumenté, didactisé, simulé : selon les modalités pédagogiques mises en œuvre, les objectifs fixés par le professeur et la nature même des compétences à développer, un choix de type d'équipements est à faire.

On peut distinguer les types d'équipements suivants :

- **les systèmes réels distants ou non, des sous-ensembles et des composants industriels** - il s'agit d'équipements identiques à ceux que l'on peut retrouver dans une entreprise, chez un particulier ou encore des systèmes en situation réelle de fonctionnement ou de production. Il peut s'agir par exemple, d'un équipement grand public, d'organes ou d'éléments réels qui appartiennent à un ensemble ;
- **les systèmes réels instrumentés** - ces systèmes, matériels ou ouvrages sont des équipements réels qui ont été instrumentés afin de relever en certains points des données chiffrées sur le comportement du système en fonctionnement ;

- **les systèmes didactisés** - l'exploitation de matériels ou de systèmes réels ne permet pas toujours l'accès aux éléments qui assurent les différentes fonctions (dimensions, encombrement, ...). Le système ou le matériel didactique est un système ou un matériel isolé de son contexte, éventuellement instrumenté, mais mettant en œuvre les éléments ou organes réels de l'équipement industriel ou grand public. Il peut s'agir par exemple d'une direction assistée d'automobile ;
- **les systèmes maquettisés** - avec ces systèmes ou matériels, il y a un rapport d'échelle, une homothétie avec le matériel réel. Une maquette peut traduire une fonction globale, des données d'entrée, de sortie et de contrôle en termes qualitatifs. Elle peut traduire un processus global de fonctionnement sans pour autant prendre en compte la totalité des phénomènes et des grandeurs physiques du système réel homothétique. Pour un système automatique, la partie opérative peut être maquettisée et la partie commande peut être réelle ;
- **les systèmes simulés** - dans ce cadre, il s'agit de simulations à partir de logiciels permettant de visualiser le comportement d'un procédé, d'une commande, d'un mécanisme, d'une structure, d'un ouvrage ou encore un mode opératoire, afin d'appréhender le comportement du matériel ou du système et d'en faciliter le paramétrage en réponse à un cahier des charges.

Dans le cadre des objectifs pédagogiques poursuivis, ces différents supports pédagogiques se complètent. S'il est nécessaire de privilégier les supports mettant en œuvre des constituants réels, il n'est pas exclu de faire appel à des systèmes maquettisés pour valider certains comportements. Par ailleurs, les simulations informatiques facilitent l'analyse et la compréhension de systèmes techniques réels présents ou non sur le plateau technique.

De manière complémentaire, le développement de travaux pratiques mettant en œuvre des systèmes en situation réelle avec des liaisons à distance peut également être envisagé.

Modèle de connaissance : s'applique sur un système complexe et défini à partir des lois des domaines transdisciplinaires (physique, chimique, thermique). Ce modèle est connu sous une forme temporelle continue et généralement non linéaire. Pour établir un modèle de connaissance, il faut délimiter le constituant à modéliser, choisir les variables représentatives de son comportement et identifier les phénomènes significatifs de son évolution dynamique. Ce type de modèle est utilisé pour simuler le comportement d'un système à commander et/ou concevoir un algorithme de commande. Lorsque ce modèle est intégré dans un système de commande, il est nécessaire de le linéariser et de le discréteriser. Ces modèles sont généralement complexes et comportent beaucoup de paramètres à identifier.

Modèle de comportement d'un système : permet de décrire les évolutions d'un système dynamique. Les entrées et les sorties du modèle de comportement sont liées par des équations permettant de définir des fonctions de transfert dans lesquelles on ne cherche pas à expliquer les phénomènes des domaines transdisciplinaires (physique, chimique, thermique) qui interviennent. Ce modèle peut être obtenu de deux manières, à partir d'un modèle de connaissance linéarisé autour d'un point de fonctionnement ou à partir de fonctions de transfert issues d'expérimentations.

Modèle de comportement d'un constituant : permet de décrire les évolutions d'un constituant (mécanique, électrique, thermique, etc.). Ce type de simulation est généré par des progiciels « métier », qui permettent aux techniciens d'entrer des conditions particulières (matériaux, charges, conditions limites, etc.) et de visualiser des résultats (déformations, contraintes, températures, etc.).