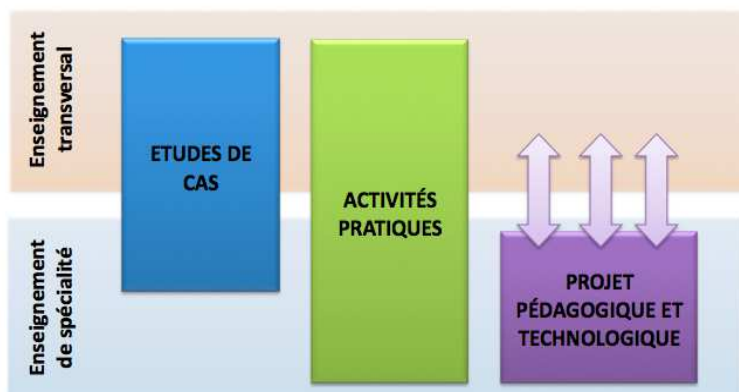


LES ENSEIGNEMENTS DE SPÉCIALITÉ

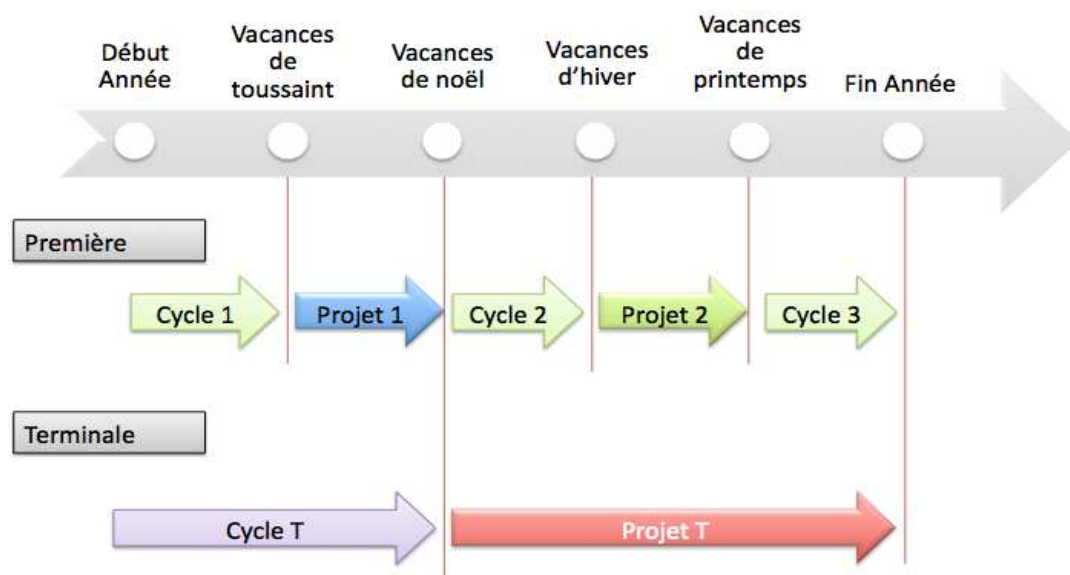


Les enseignements de spécialités sont organisés autour des mêmes activités que les enseignements transversaux (voir chapitre comment enseigner) avec une place très importante laissée aux projets technologiques de formation ou terminal d'évaluation (d'environ 70 heures).

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.



Un cycle de formation peut comprendre :

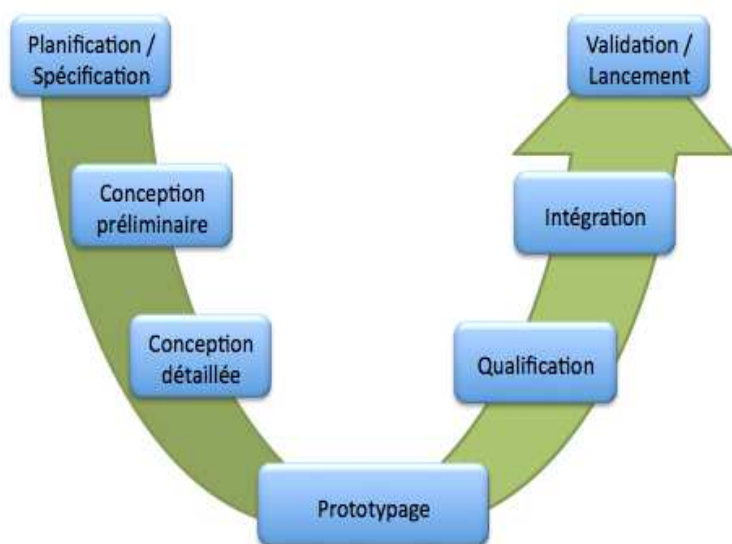
- Étude de dossier technique
- Activités pratiques
- Travaux dirigés
- Cours

Un projet doit comprendre :

- 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, doivent s'appuyer sur la norme d'éco conception 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.

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, 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 inclue 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 inspirée 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.

Étapes de conception préliminaire et détaillée

Dossier de conception préliminaire (X 50-106-1) :

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 (X 50-106-1) :

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 acceptions 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 des techniciens 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 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 suivantes :

- **Maquettes d'ouvrages** (surtout utilisées en Architecture et Construction et parfois en Innovation Technologique et Éco Conception), qui sont des reproductions à échelle réduite de structures matérielles réalisées généralement 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 composants 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 sonore 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 jamais construit entièrement mais correspondra à la modification d'un système existant.

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 *a 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 nécessitent un travail important d'administration et ne sauraient être exigés.

Respect de règles de sécurité

Les interventions sur des chaînes d'énergie peuvent amener les élèves à travailler sur des flux d'énergie dangereux (électricité par exemple). Dans ces situations de travail à proximité d'énergies dangereuses, il est obligatoire de respecter les normes de protection et de sécurité en vigueur. Cela peut amener à préparer les élèves à mettre en place toutes les conditions d'un travail en sécurité.

Si l'habilitation électrique n'est pas au programme STI2D mais réservée aux enseignements professionnels, les élèves doivent cependant respecter les conditions de sécurité et appliquer les consignes dans le cadre des approches de maintenance et prototypage (procédures de mise sous tension, mesurages en sécurité). Elles doivent donc faire l'objet d'attentions particulières dans la spécialité EE.

LES ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES EN SPÉCIALITÉ ITEC

L'approche élève des activités

Les activités pédagogiques en spécialité ITEC sont basées sur des études de systèmes réels, présents dans le pôle ITEC, dans le laboratoire d'analyse des systèmes ou dans l'environnement proche des élèves.

Les études de dossiers 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 de spécialité ITEC 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 technologiques de spécialité, puisque toutes les autres notions s'appuieront nécessairement sur les enseignements transversaux.

- La démarche de projet : les projets industriels
- Créativité et innovation technologique
- Description et représentation

Les thèmes d'activités relatifs aux activités en ITEC

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	Améliorer le confort ou l'ergonomie d'un système Améliorer le confort d'un environnement
Énergie	Diminuer le besoin énergétique Assurer l'indépendance énergétique
Environnement	Diminuer les nuisances environnementales générées par un système (bruit, vibrations, émissions de polluants) Diminuer les ressources matérielles nécessaires à la réalisation ou au fonctionnement d'un système Utiliser des ressources recyclées pour réaliser un nouveau système
Santé	Protéger la santé Améliorer la performance physique ou pallier à un handicap
Mobilité	Améliorer la mobilité de l'utilisateur
Protection	Protéger un environnement vis-à-vis des risques naturels Protéger un environnement ou un système des tentatives de dégradation ou d'intrusion
Assistance au développement	Fournir des ressources ou des équipements nécessaires à un environnement en manque (eau, énergie, alimentation, matériaux)

Proposition de centres d'intérêt en spécialité 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 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
CI1	Besoin et performances d'un système	Diagrammes SysML adaptés Logiciel CAO 3D et simulations métier 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	Éco-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.
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 mouvement, 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

L'approche pédagogique en projet de spécialité :

L'approche pédagogique proposée repose sur l'articulation des trois grandes phases d'un projet de conception industrielle d'un produit : imaginer une solution pour répondre à un besoin, valider des solutions techniques, 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 trois 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 modelleur volumique de CAO 3D et en intégrant la relation fonctions/matériau/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 et 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 utilisées, même si elles 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 logiciels 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 modelleur 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 privilégie 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 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.

Propositions d'activités élèves en projet de spécialité ITEC

Les projets peuvent privilégier un ou plusieurs points de vue particuliers spécifiques à la spécialité Innovation Technologique et Éco 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 tâches 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	<p>À partir d'un système existant :</p> <ul style="list-style-type: none"> Analyser le besoin auquel il répond et le cahier des charges associé Analyser les brevets et normes associés 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 	<p>À partir d'un système existant :</p> <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	<p>À partir d'un système existant et d'un cahier des charges définissant un nouveau besoin (amélioration des performances, modification de l'usage, etc.) :</p> <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 	<p>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.) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en œuvre une méthode d'écoconception 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	<p>À partir des maquettes numériques des pièces correspondant à la modification du système :</p> <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 <p>Si possible, vérifier les caractéristiques principales des pièces obtenues et conclure quant à leur conformité.</p>	
Valider	<p>À partir des pièces prototypes montées sur le système à modifier :</p> <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 	<p>À partir des pièces prototypes montées sur le système à modifier :</p> <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

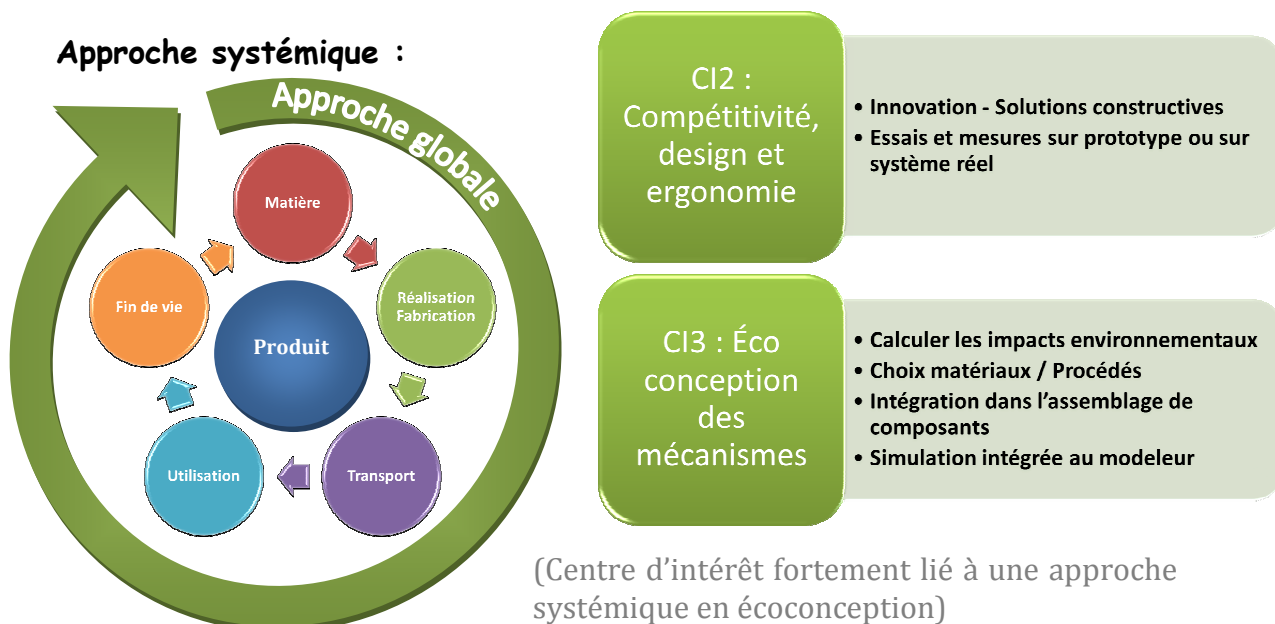
Exemples de projet	Adapter un moyeu dynamo de vélo pour récupérer et adapter l'énergie nécessaire à l'alimentation d'appareils mobiles à partir d'une connectique USB (projet transversal MEI ou mené en collaboration avec des approches énergie et information)	Adapter un moyeu dynamo de vélo pour récupérer 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 de vie)
	Améliorer les performances (allègement 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 de spécialité ITEC

La filière Innovation Technologique et Éco Conception intègre à tous les niveaux de son programme la notion de développement durable et d'écoconception. On peut retrouver ces 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'écoconception 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 projet. 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'écoconception, le « Profil Environnemental du Produit »).

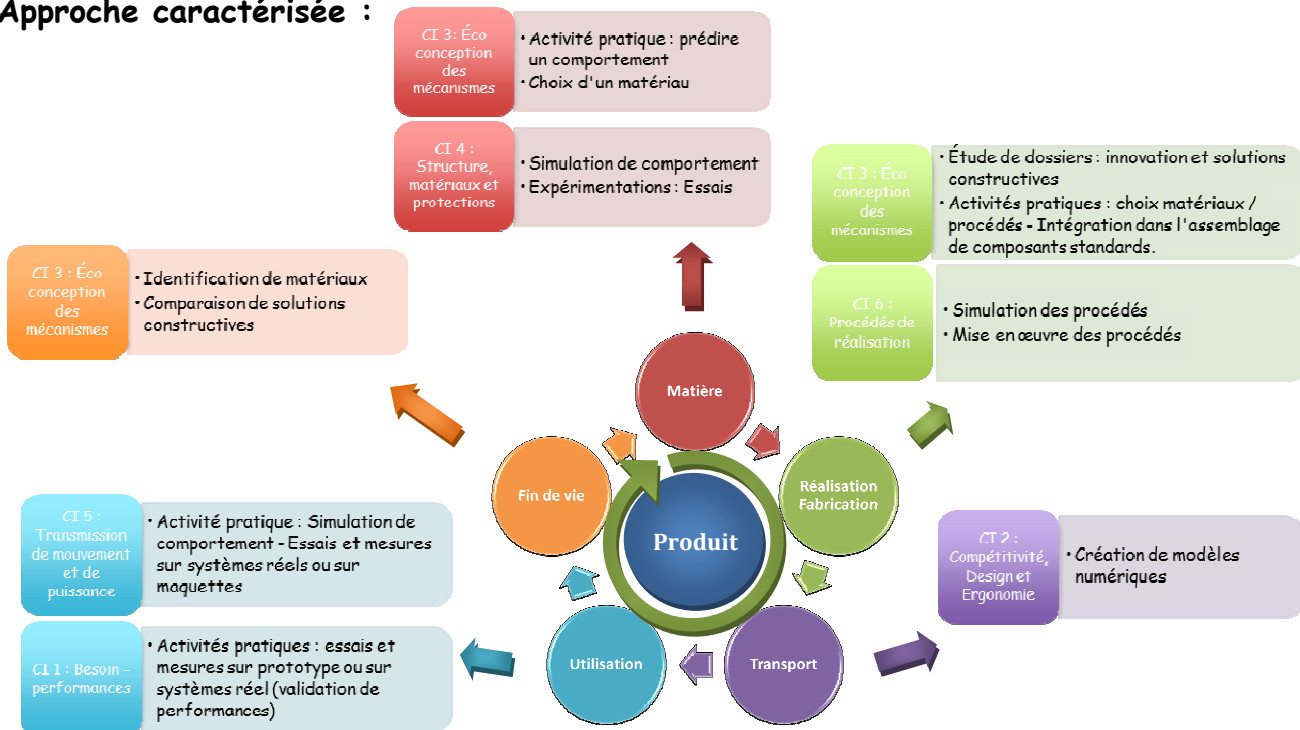
Les valeurs des impacts environnementaux vont nous permettre d'aborder une étude en écoconception en s'orientant par exemple soit sur la diminution d'un impact environnemental soit sur le changement de typologie du produit (actif vers passif, actif vers jetable, passif vers positif...). Dans tous les cas, la validation de l'écoconception 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 ? Quelle 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 vous propose un 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 fabrication ? Validation éventuelle de la structure de la pièce par prototypage ou simulation.
	CI 3 CI 6	Éco-concevoir un produit.	Innovation et solutions constructives optimiser les assemblages, diminuer le nombre des matériaux, optimisation des fonctions...
Réalisation Fabrication	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 -
	CI 2	Optimiser le nombre de produits à transporter à volume équivalent.	Notion de packaging. Optimiser l'emballage du produit en termes 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

Le prototypage en spécialité ITEC s'intéresse à trois 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.
































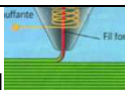































































Le premier niveau de prototypage permet de réaliser une maquette (en vraie grandeur ou à l'échelle) d'une pièce (ou d'un ensemble de pièces assemblées ou non) permettant de valider les formes et les dimensions générales (mais pas la précision des surfaces). Les imprimantes 3D permettent l'obtention de pièces composées d'une ou deux matières (une matière 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 composant dans un moule en silicone. Les matériaux coulés sont des polyuréthanes bi composant 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 quatre 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.

Annexe 5

Comparaison des procédés de prototypage

Critères de COMPARAISON 		De design	Fonctionnelle	En vraie matière	Ou équivalente	Rapidité	Directe	Indirecte	Achat	Matière
PROCÉDÉS de PROTOTYPAGE		Pièce :				Obtention :			Coût :	
Usinage ...	Par couches 									
	Dans la masse 									
Collage de poudre 										
Dépôt de ...	Cire 									
	Fil 									
Polymérisation de liquide par ...	Flashage U.V. 									
	Laser 									
Polymérisation de poudre ...	Polymère 									
	Métallique 									
Injection sous vide de ...	Résine bi composant 									
	Matériau métallique 									
Découpe Laser 										
Injection plastique 