

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

Cycle terminal

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

- Spécialité Énergie et environnement -

Mars 2007

SÉRIE SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INGÉNIEUR

Spécialité Énergie et environnement

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

Préambule

Les besoins vitaux de l'homme pour s'alimenter, se protéger, communiquer, se déplacer, se maintenir en bonne santé et se distraire sont à l'origine d'une consommation d'énergie croissante. Parallèlement, les réserves en ressources naturelles fossiles sont limitées.

Associées au sein d'un même domaine, les notions d'énergie et d'environnement doivent s'inscrire dans la perspective d'un développement harmonieux et durable. La production des biens et des services se doit de respecter les ressources disponibles en limitant les rejets et les nuisances à des valeurs que l'écosystème et la biosphère peuvent absorber.

La conception des systèmes techniques, utilisateurs de l'énergie dans toutes les phases de leur cycle de vie, doit, à l'instar de la prise en compte des contraintes économiques, respecter les contraintes environnementales qui constituent désormais l'un des enjeux majeurs du développement. Ce nouvel impératif technologique peut trouver une réponse favorable dans l'Éco-conception¹ des systèmes artificiels et la gestion optimisée de l'énergie.

Des procédés nouveaux, respectueux des attentes liées à l'Éco-conception des systèmes et à la gestion optimisée de l'énergie, sont développés à travers un modèle énergétique efficace, respectueux des ressources et de l'environnement.

La recherche et le développement d'applications, représentatives des usages² courants dans la société, constituent autant d'opportunités pour l'intégration de tels procédés dans la technologie des systèmes qui utilisent, ou génèrent, des flux d'énergie, d'informations, de produits et des rejets. Ainsi, l'analyse des solutions constructives qui portent ces applications et de leurs impacts sur l'environnement, dans l'ensemble du cycle de vie où elles interviennent, constitue le champ d'étude de la spécialité Énergie et Environnement.

La spécialité Énergie et Environnement s'appuie essentiellement sur l'énergie et sa gestion et, partiellement, sur les domaines constitutifs du traitement de l'information et des réseaux et de la matière et des structures. Elle s'attache à étudier l'impact des choix techniques dans un contexte environnemental. Elle apporte les compétences nécessaires pour aborder l'architecture, le pilotage, la maintenance et la gestion énergétique des applications dans l'industrie, l'habitat et les transports.

Compétences visées

Le titulaire du baccalauréat Sciences et technologies de l'industrie et du laboratoire spécialité Énergie et Environnement, doit être en mesure de :

- mener l'approche comparative de solutions constructives visant à l'identification d'innovations ou de sauts technologiques dans des applications similaires actuelles ou historiquement datées ;
- étudier les procédés mis en œuvre dans les applications et particulièrement leurs implications en matière de sobriété énergétique ; d'efficacité énergétique ; d'énergie renouvelable utilisée ; d'impact environnemental ;
- simuler partiellement ou totalement le comportement d'une application ou d'un procédé ;
- modéliser les transformations, déplacements ou stockages opérés dans les propriétés associées aux matières, énergies ou informations ;
- apprécier les contraintes de sûreté de fonctionnement dans les applications ;
- imaginer des dispositions de construction ou d'exploitation susceptible d'améliorer l'existant.

¹ L'éco-conception correspond à l'intégration des aspects environnementaux dans la conception ou la reconception des produits. Il s'agit de prendre en compte les exigences environnementales sur le produit : consommation de ressources, émissions atmosphériques, production de déchets, valorisation du produit dans l'ensemble du cycle de vie.

² Les usages qui correspondent aux applications énergétiques visées concernent notamment le confort dans l'habitat, la qualité de l'air et de l'eau, la conservation des denrées alimentaires, la production de biens et les transports.

Programmes

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

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

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

1 - Niveau d'**information** : le contenu est relatif à l'appréhension d'une vue d'ensemble d'un sujet. Les réalités sont montrées sous certains aspects de manière partielle ou globale. Ceci peut se résumer par la formule : « l'élève sait où trouver l'information ».

Il n'y pas d'évaluation envisageable à l'examen pour les savoirs situés à ce niveau d'approfondissement mais l'information donnée participe de la compréhension globale des applications techniques retenues.

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

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

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

Chacun de ces niveaux englobe les précédents.

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

Programme de **Sciences physiques et chimiques appliquées**

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

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

Il doit mettre l'accent sur l'acquisition :

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

En sciences appliquées, le bachelier en spécialité Énergie et environnement, doit être capable de :

- maîtriser les lois de base dans les domaines de la mécanique des solides et des fluides, de la chimie des matériaux, du rayonnement, de la thermique et de l'électricité ;
- exploiter ces lois de base pour modéliser le fonctionnement ou le comportement de systèmes et produits du domaine Énergie et environnement ;
- maîtriser les principes de base de la métrologie.

Commentaires méthodologiques généraux :

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

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

Les différentes parties du programme seront l'occasion de faire acquérir des compétences,

- dans le domaine de la représentation des grandeurs :
 - associer à toute grandeur son unité dans le système international d'unités ;
 - vérifier l'homogénéité des expressions dans des cas simples ;
 - définir l'unité d'une grandeur à partir de l'analyse des unités dans une expression simple (par exemple, temps caractéristique dans « une équation différentielle ») ;
- dans celui de l'écriture des résultats de calculs et de mesure :
 - encadrer une mesure obtenue avec un appareil dont la documentation technique est fournie ;
 - fournir un résultat sous forme d'encadrement dans le cas d'une série de mesures ;
 - donner un résultat avec un nombre de chiffres significatifs adaptés.

Abordé dès la 1 ^{ère}	1 – FORMES DE L'ENERGIE	Niveau			
		1	2	3	4
	1.1. Historique et problématiques				
	- Ressources énergétiques mondiales : bilan et perspectives, énergies renouvelables.				
	1.2. Energie électrique				
	- Tension, courant : lois des mailles et des nœuds ; loi d'Ohm ; résistivité ; théorème de superposition ; modèle équivalent de Thévenin. - Régime sinusoïdal monophasé : expression d'une grandeur sinusoïdale (définitions, unités) ; représentation de Fresnel. - Schéma équivalent d'un dipôle, impédance, déphasage : comportement des éléments R, L, C ; relations entre u et i ; groupements RL, RC, RLC ; résonance. - Puissances : puissance en régime périodique quelconque (définitions des grandeurs) ; application au régime sinusoïdal ; théorème de Boucherot.				
	1.3. Énergie mécanique				
	- Définitions : forces, couple de forces ; travail d'une force ; les repères. - Principe fondamental de la dynamique : énoncé ; applications au solide en translation, au solide en rotation autour d'un axe ; caractéristiques mécaniques des principales charges. - Énergie cinétique d'un solide en translation ou en rotation : théorème de l'énergie cinétique ; énergie potentielle de pesanteur ; énergie mécanique d'un système ; conservation de l'énergie mécanique. - Mécanique des fluides : - éléments de statique des fluides : pression, théorèmes de Pascal et d'Archimède ; - éléments de dynamique des fluides : théorème de Bernoulli, écoulement des fluides en régime laminaire et turbulent, pertes de charge ; - applications : hélice, turbine, pompe.				

1.4. Energie thermique					
	<ul style="list-style-type: none"> - Etats de la matière : masse volumique, densité, pression ; unités SI ; température (échelles Kelvin et Celsius). - Chaleur : définition ; effets (variation de température, dilatation, changement d'état) ; propagation de la chaleur (conduction, convection, rayonnement) ; calorimétrie ; caractéristiques thermiques des matériaux et des fluides. - Définitions du travail et de l'enthalpie : diagramme psychrométrique ; conservation de l'énergie (premier principe de la thermodynamique) ; cycle de Carnot. 				
1.5. Energie chimique					
	<ul style="list-style-type: none"> - Rappels : structure atomique de la matière ; classification périodique (présentation simplifiée) ; réaction chimique, corrosion. - Propriétés de l'eau : propriétés physico-chimiques de l'eau ; électrolyse. - Énergie chimique : réactions exothermiques, endothermiques ; enthalpie ; énergie molaire de réaction ; énergie de changement d'état. - Combustion : réactions de combustion ; pouvoir calorifique des carburants - Pollution atmosphérique : origines, conséquences, solutions 				
1.6. Energie rayonnante					
	<ul style="list-style-type: none"> - Ondes ; vitesse ; longueur d'onde, classification des gammes d'ondes. - Lumière ; modèle ondulatoire de la lumière ; réflexion, réfraction, lois de Descartes. - Notions de photométrie - Cellule photovoltaïque 				
1.7. Energie nucléaire					
	<ul style="list-style-type: none"> - Les réactions nucléaires : fission, fusion, bilan énergétique - Équivalence masse énergie, énergie de liaison - Réacteurs nucléaires : combustibles et déchets 				
1.8 Transformations énergétiques					
	<ul style="list-style-type: none"> - Synthèse des différentes transformations possibles et leurs applications 				

Précisions : cette partie recense les formes d'énergie et leurs transformations. Il faut se garder de la traiter en linéaire. Chaque forme d'énergie sera présentée au moment de l'utilisation de cette énergie. Par exemple : l'énergie chimique peut être traitée juste avant le stockage de l'énergie chimique. Par contre, il est essentiel de faire une présentation courte de la problématique en début de première année et une synthèse sur les transformations en fin de terminale.

Abordé dès la 1ère	2 – STOCKAGE DE L'ÉNERGIE	Niveau			
		1	2	3	4
	2.1. Stockage de l'énergie électrique				
	<ul style="list-style-type: none"> - Champ magnétique, flux d'induction : sources de champ magnétique, lignes de champs, mesures, flux d'induction (définition, calcul pour des cas simples) - Bobine d'induction : expression de la tension induite aux bornes d'une bobine, loi de Faraday, courant induit, loi de Lenz, auto-induction, énergie emmagasinée - Condensateurs : principe, constitution, capacité, association de condensateurs, énergie emmagasinée - Super capacités (présentation, perspectives) 				
	2.2. Piles et accumulateurs				
	<ul style="list-style-type: none"> - Oxydoréduction : <ul style="list-style-type: none"> - définition des oxydants et des réducteurs ; - couple oxydant/réducteur, classification des couples ; - application aux piles. - Caractéristiques des piles et accumulateurs : historique, présentation des différentes formes d'accumulateurs, perspectives, recyclage. 				
	2.3. Autres moyens de stockage				
	<ul style="list-style-type: none"> - Énergie thermique : ballon d'accumulation - Énergie mécanique : volant d'inertie, stockage hydraulique 				

Précisions : Les deux formes de stockage principales associées à l'énergie électrique et l'énergie chimique forment l'essentiel de cette partie qui prend naturellement sa place en classe de première. De nombreux exemples devront venir illustrer les concepts.

Abordé dès la 1ère	3 – PRODUCTION ET DISTRIBUTION D'ENERGIE ELECTRIQUE	Niveau			
		1	2	3	4
3. 1. Le réseau					
▼	<ul style="list-style-type: none"> - Régime triphasé : système équilibré en tension et courant, grandeurs simples et composées, couplages étoile et triangle, puissances - Transformateur : principe, constitution, rapport de transformation, schéma équivalent, chute de tension, pertes 				
3.2. Générateurs sinusoïdaux					
	<ul style="list-style-type: none"> - Alternateur : principe, caractéristiques de la tension (tension, fréquence), couplage sur le réseau ; groupe électrogène. - Génératrice asynchrone : principe, champs tournants, caractéristique $T=f(n)$ pour $-1 < g < 1$ - Etude comparative des génératrices synchrone et asynchrone - Onduleur : onduleur monophasé à quatre interrupteurs (tension théorique, allure du courant), influence de la commande sur la forme de la tension, caractéristiques de la tension (valeur efficace, fréquence). 				
3.3. Générateurs continus					
	<ul style="list-style-type: none"> - Redresseur : diodes (schéma équivalent commutation), redresseur en pont non commandé (allures des tensions et des courants), principe simplifié d'une alimentation stabilisée. - Hacheur : hacheur série (allures des tensions et courants), rapport cyclique, valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge, ondulation du courant, puissance moyenne. - Hacheur quatre quadrants, réversibilité. 				
3. 4. Distribution de l'énergie électrique					
	<ul style="list-style-type: none"> - Qualité des réseaux : décomposition de Fourier, valeur moyenne, fondamental, harmoniques ; étude qualitative des harmoniques de courant de quelques montages industriels ; norme. - Filtrage : filtrage passif, cellule LC 				

Précisions : L'étude des générateurs doit permettre de faire comprendre les principes. Il ne doit en aucun cas être exhaustif. La pollution du réseau devra être traitée en relation avec des problèmes réels et les normes en vigueur.

Abordé dès la 1ère	4 – UTILISATIONS ET PILOTAGE DE L'ENERGIE	Niveau			
		1	2	3	4
4.1. Chaînes dynamiques					
▼	<ul style="list-style-type: none"> - Caractéristiques mécaniques des charges entraînées : cas de la traction, du levage et du pompage, réversibilité. 				
4.1.2 Moteurs					
	<ul style="list-style-type: none"> - Moteur à courant continu <ul style="list-style-type: none"> - principe : force de Laplace ; - moteur à excitation indépendante, schéma équivalent, courbe $T=f(n)$, variation de vitesse, réversibilité, freinage ; - associations moteurs-convertisseurs. - Bilan de puissances ; rendement - Moteur asynchrone : <ul style="list-style-type: none"> - principe, courbe $T=f(n)$, variation de vitesse, réversibilité, freinage ; - associations machines-convertisseurs. - Bilan de puissances ; rendement - Démarrage et freinage des moteurs électriques : étude des régimes transitoires. - Moteurs thermiques : <ul style="list-style-type: none"> - moteur à explosion, cogénération ; - moteur Sterling. 				

4.2. Autres utilisations			
- Éclairage : bilan énergétique (solutions et perspectives)			
- Chauffage et refroidissement :			
- chauffage par effet Joule ;			
- chauffage par induction ;			
- chauffage par micro-ondes ;			
- chauffage industriel (perspectives) ;			
- machines thermodynamiques (machine frigorifique, pompe à chaleur).			
- Dimensionnement thermique des systèmes électriques			
4.3. Capteurs			
- Principe physique des principaux capteurs			
4.4. Régulation			
- Principe, boucle ouverte, boucle fermée, étude statique ; exemples simples.			

Précisions : les applications industrielles feront l'objet de nombreuses manipulations sur systèmes réels. La régulation sera abordée sur des systèmes représentatifs de procédés instrumentés dont l'action sur la matière d'œuvre est observable.

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

Programme de **Sciences et techniques**

Commentaires méthodologiques généraux :

L'étude d'applications réelles est conduite en phase de description de l'existant. Elle comprend l'étude des processus associés au pilotage des procédés utilisés afin de les synthétiser. Elle permet l'appropriation de modèles de comportement, de contrôle et d'exploitation de systèmes analysés dans leurs contextes d'usage.

L'utilisation optimisée des sources d'énergie, là où les applications sont exploitées³, est réalisée dans le souci de préserver la sûreté des équipements. Dans ce contexte, l'étude d'applications qui utilisent des énergies renouvelables occupe une place privilégiée.

La méthodologie développée s'appuie sur une démarche expérimentale permettant de faire émerger des savoirs et des savoir-faire. Il s'agit d'alimenter, exploiter, régler, maintenir et éventuellement intervenir pour améliorer localement une application (industrie, habitat ou transport). Parallèlement, une modélisation est engagée pour réaliser une comparaison entre le comportement réel observé de l'application et la réponse obtenue d'un modèle installé sur un simulateur.

Les applications étant datées, la comparaison entre des systèmes présentant une même fonction d'usage permet de définir les critères et les compromis qui ont été choisis en phase de conception.

Un même type de comparaison, destiné à recueillir les éléments fondateurs de sauts technologiques, est établi pour des systèmes construits à des dates différentes. Ces comparaisons, issues de l'étude des applications retenues, font l'objet d'un classement en base de données.

Les savoirs constitutifs du programme de sciences industrielles sont structurés au sein d'un groupe d'enseignements scientifiques qui comprend les mathématiques et les sciences appliquées. Ils sont dispensés dans des activités d'analyse, de synthèse et de travaux pratiques à partir de systèmes significatifs d'applications. Les scénarios qui conduisent aux études liées à ces applications précisent les enjeux et le contexte fondateurs des cas d'utilisation sur l'ensemble du cycle de vie des matériels et équipements mis en oeuvre.

³ - Les applications sont exploitées à des fins industrielles, de service, de loisir ou de confort dans l'habitat, elles sont organisées en fonction d'un usage déterminé, de performances attendues exprimées dans un cahier des charges et dans des conditions économiques et environnementales acceptables du contexte déterminé. Ces applications sont portées matériellement par des équipements, des produits ou des installations, elles peuvent concerner l'élaboration de biens de consommation, de services, de moyens de transport ou procurer du confort dans l'habitat.

Les connaissances de ce baccalauréat sont organisées selon quatre pôles. L'ensemble de ces pôles participe à la structuration des savoirs des disciplines scientifiques de mathématiques, de sciences physiques et chimiques appliquées et de sciences industrielles.

Pôle 1 – Éco-conception des systèmes artificiels et gestion optimisée de l'énergie, dont l'objet est de :

- caractériser le besoin et le service rendu par une application ;
- évaluer les effets produits sur l'environnement pour l'ensemble du cycle de vie du système ;
- décrire et classer les éléments physiques constitutifs d'un système ou d'un équipement en fin de vie.

Pôle 2 – Étude comparée d'applications dans leurs contextes, dont l'objet est de :

- décrire et représenter l'organisation fonctionnelle de systèmes ou d'équipements qui répondent à des usages et des performances à une date donnée ;
- comparer des applications liées à un même usage et mettre en évidence des améliorations ;
- argumenter le choix d'une **solution⁴ d'alimentation** en énergie pour le fonctionnement d'une application terminale.

Pôle 3 – Analyse et validation de procédés, dont l'objet est de :

- mettre en œuvre un système ou un équipement où l'énergie occupe une place importante ;
- associer, dans un système, une solution constructive à un procédé technique ou à une fonction technique ;
- identifier par des essais les modifications apportées par les procédés sur les matières, énergies et informations ;
- exploiter une modélisation du réel pour prévoir un comportement ou valider un procédé technique selon un point de vue.

Pôle 4 – Innovation et veille stratégique, dont l'objet est de :

- contribuer à un projet technique dans une démarche globale ;
- situer une application dans son environnement historique et proposer des critères discriminants pour construire une base de données techniques.

Dans le domaine d'approfondissement, l'architecture de la formation doit permettre une bonne articulation entre quatre champs caractéristiques de la culture technique constitués, par les solutions techniques, les codes et langages, les principes scientifiques et les modèles technologiques.

Les solutions techniques sont datées, leurs études en phase de description conservent une pertinence liée à leur contexte historique de création.

Les contenus de formation, reliés à des apprentissages sur les supports techniques didactiques disponibles dans les lycées, ne doivent pas être dissociés du contexte réel et des enjeux associés aux produits, climats artificiels, services techniques, équipements ou ouvrages considérés sur les systèmes réels correspondants. À cet effet, pour définir une frontière pertinente à l'agencement technique, support des investigations, une étude préalable, à caractère systémique, doit être conduite. Il s'agit de proposer une approche concrète et expérimentale de l'association « usage / procédés utilisés / énergie nécessaire » présentée par le système matériel et d'en élargir l'étude à l'impact environnemental et à l'évaluation de la « non qualité » dans l'ensemble du cycle de vie.

Cette première activité doit être complétée par des activités permettant de comparer des systèmes qui présentent une association « usage / procédés / énergie » équivalente en définissant des critères de classement susceptibles de caractériser leur performance et leur compétitivité respectives.

Une approche pédagogique adaptée doit mettre en évidence des sauts technologiques en comparant des applications actuelles présentant des fonctions d'usage similaires. L'étude historique de ces mêmes applications, qui conduit à la découverte des procédés et des technologies qui leurs sont associées, complète l'analyse des critères qui permettent d'apprécier la performance globale.

Ces études comparatives induiront une réflexion sur les innovations.

Le document d'accompagnement, publié par ailleurs, liste les principaux procédés pouvant faire l'objet de démarches visant la description des solutions techniques mises en œuvre dans les applications retenues au cours des études. Le choix de l'application étudiée conduit à retenir tout ou partie des procédés élémentaires mobilisés pour l'obtention de la valeur ajoutée globale. En conséquence, les

⁴ L'électricité présente un cas particulier dénommé « vecteur d'énergie ». Ce vecteur constitue le carrefour des formes d'énergie utiles. Il assure la décentralisation des moteurs et des contrôles commandes. Hors usages calorifiques, il est le vecteur principal des énergies renouvelables et apparaît privilégié pour l'information. Son inconvénient majeur est de ne pratiquement pas être stockable.

applications retenues permettront de dégager les procédés élémentaires parmi ceux qui sont privilégiés.

Programme

Pôle « Éco-conception des systèmes artificiels et gestion optimisée de l'énergie »

Abordé dès la 1ère	1 – ÉCO-CONCEPTION DES SYSTEMES ARTIFICIELS ET GESTION OPTIMISEE DE L'ENERGIE	Niveau			
		1	2	3	4
1.1. Service rendu par une application					
	<ul style="list-style-type: none"> - Expression du besoin : fonctions d'usage et fonctions de service - Rapport performance / coût - Impact du développement durable sur les différents coûts 				
1.2. Règles générales de l'Éco-conception					
	<ul style="list-style-type: none"> - Définition de l'éco conception - Préservation et usage raisonné des ressources naturelles : <ul style="list-style-type: none"> - Inventaire (qualitatif et quantitatif) des ressources énergétiques, hydriques et de matières premières ; - Minimisation des consommations pour un besoin donné. - Minimisation des émissions et des déchets : <ul style="list-style-type: none"> - Émission de gaz à effet de serre, toxicité, cycle climatique, cycle de l'eau. - Suppression ou minimisation des substances toxiques - Réduction de la consommation d'énergie (dans les secteurs habitat, transport, industrie) 				
1.3. Analyse du cycle de vie des produits					
	<ul style="list-style-type: none"> - Étapes du cycle de vie : <ul style="list-style-type: none"> - Disponibilité du moyen de production ; - Production ; - Distribution ; - Utilisation : écobilan (suivi énergétique et fonctionnement dégradé) ; - Recyclage des matériaux ; - Réutilisation des pièces ; - Remise à niveau du produit ; - Valorisation thermique ; - Déchets ultimes. - Impacts sur l'environnement : <ul style="list-style-type: none"> - Identification, classement, pondération des impacts environnementaux ; - Incidence des coûts collatéraux (externalités, préservations des ressources et usages efficaces). - Critères de choix d'un procédé lors de la conception - Temps de retour sur investissement 				

1.4. Éco-construction

- Description et représentation géométrique des chaînes d'action :
 - Fonctions de service, fonctions techniques, diagramme FAST ;
 - Dessin, schémas et croquis à main levée pour décrire graphiquement une solution ;
 - Représentation en 3D par modéleur volumique de tout ou partie d'une chaîne d'action :
 - Arbres de construction et d'assemblage d'une maquette numérique ;
 - Relations entre paramètres géométriques et conditions fonctionnelles ;
 - Types d'éditations et d'habillage (notion de point de vue) ;
 - Animations et simulations (déplacements des pièces, loi d'effort, collision).
- Approche structurelle d'une chaîne d'action :
 - Étude des liaisons élémentaires, notion de degrés de liberté ;
 - Schématisation cinématique d'un mécanisme ;
 - Exemples de solutions constructives associées à des fonctions techniques :
 - Transmettre un mouvement (accouplements, freins) ;
 - Transformer un mouvement (engrenages, liens souples, bielle-manivelle, cames) ;
 - Réaliser un assemblage ou un guidage ;
 - Rendre étanche.
 - Actionneurs : actionneurs pneumatiques, hydrauliques et électriques ;
 - Pré actionneurs pneumatiques, hydrauliques et électriques.
- Comportement cinématique d'une chaîne d'action :
 - Repère et position d'un point d'un solide ;
 - Vitesse et accélération des points d'un solide en rotation ou en translation rectiligne ;
 - Mouvements plans : champ des vitesses, théorème de l'équiprojectivité, centre instantané de rotation.
- Comportement dynamique et énergétique des transmetteurs de mouvement :
 - Approche de la conservation d'énergie ;
 - Précision d'une transmission : jeux, déformation, usure ;
 - Impact d'une chaîne d'énergie sur les choix technologiques ;
 - Rendement mécanique et réversibilité de la transmission.
- Produits et matériaux dans la relation « usage - procédé – énergie » :
 - Choix des matériaux constitutifs (critères physico-chimiques, énergétiques, environnementaux, économiques) ;
 - Caractérisation mécanique des pièces participant à la transmission ou à la dissipation de l'énergie : coefficient de frottement, capacité thermique ;
 - Matière première renouvelable ou recyclable.
- Recherche d'améliorations (niveaux énergétique et environnemental) :
 - Simplification du procédé ou du sous-ensemble ;
 - Utilisation d'un sous-ensemble multi fonctions ou standardisé ;
 - Intégration de la maintenance dans la conception.
- Choix de la source d'énergie utilisée par une application
- Conditions d'usage : analyse des risques, santé et sécurité à l'utilisation
- Notion de sûreté de fonctionnement

Précisions :

1.1. L'expression du besoin est à exprimer au regard d'un mode de vie, d'une culture, d'une région.

Les externalités désignent les effets positifs ou négatifs que les activités économiques d'un groupe d'agents peuvent avoir sur le bien-être d'un autre groupe, et ceci sans que le marché les fasse rétribuer ou payer (la pollution est l'exemple type d'une externalité négative). Il peut également y avoir un "bénéfice externe", comme la création d'une activité touristique autour du lac de retenue d'un barrage hydroélectrique.

1.2. Il s'agit de proposer un inventaire de ces ressources et d'imaginer, en fonction d'un mode de vie issu d'un pays industrialisé étendu à l'ensemble de la planète, une projection pour estimer les échéances d'épuisement. Il s'agit de prendre en compte quelles évolutions technologiques permettraient de réduire les consommations et les rejets, tout en maintenant un niveau de confort acceptable. Aujourd'hui, si les solutions technologiques existent pour diviser par deux la consommation d'énergie, la division par quatre de la consommation demeure un objet de recherche.

1.3. L'influence des différents paramètres, qui interviennent comme autant d'impacts sur l'environnement, est appréciée avec l'aide d'un logiciel d'éco conception. En conséquence, l'étude sera bornée à des exemples simples dont certains sont proposés dans le guide d'accompagnement pédagogique. Les différents éléments de pollution sont à rechercher (bruit, déchets, fumées, résonance, parasite, harmoniques, fuites).

1.4. L'emploi de maquettes numériques permet de caractériser la chaîne cinématique du sous-système mécanique articulé. La maquette n'est pas à établir mais doit accompagner la réflexion sur le mode de transmission de mouvement aux effecteurs.

Pôle « Étude comparée d'applications dans leurs contextes »

Abordé dès la 1 ^{ère}	2 - ÉTUDE COMPAREE D'APPLICATIONS	Niveau			
		1	2	3	4
2.1. Analyse de contextes d'utilisation					
	<ul style="list-style-type: none"> - Contextes historiques - Contextes géographiques - Contextes économiques 				
2.2. Représentations d'un système					
	<ul style="list-style-type: none"> - Représentations schématiques normalisées : <ul style="list-style-type: none"> - Schémas électriques ; - Schémas mécaniques ; - Schémas fluidiques. 				
2.3. Architecture fonctionnelle d'une application					
	<ul style="list-style-type: none"> - Représentation fonctionnelle descendante (modélisation de l'architecture) : <ul style="list-style-type: none"> - Délimitation de l'application ; - Notion de point de vue pour lequel le modèle est établi ; - Agencement des procédés utilisés pour obtenir la valeur ajoutée finale : <ul style="list-style-type: none"> - Typologie des procédés élémentaires ; - Relation entre les procédés : évolution liée, flexible ou mixte de la valeur ajoutée sur la matière d'œuvre. - Processus d'élaboration de la valeur ajoutée (modélisation de l'enchaînement des tâches au cours du temps) : <ul style="list-style-type: none"> - Séquentiels (descripteur GRAFCET); - Continus ; - Mixtes. 				
	- Éléments fonctionnels communs pour le pilotage et la communication				
2.4. Performances comparées d'applications					
	<ul style="list-style-type: none"> - Impacts environnementaux - Durée de vie et maintenabilité - Sécurité de fonctionnement - Efficacité énergétique - Origine et nature de l'énergie finale utilisée - Coût énergétique (comptage d'énergie dans les cas d'une distribution centralisée et d'une production locale couplée au réseau électrique) 				

Précisions :

2.1. L'étude de contextes permet de comparer des solutions techniques et fournit des indicateurs de performance.

2.3. Les applications proposées à l'étude relèvent d'une complexité permettant de justifier l'association de plusieurs procédés élémentaires concourant à l'établissement de la valeur ajoutée au produit, à l'énergie, à l'information. L'étude expérimentale des procédés est conduite dans le pôle 3. Le pôle 2 vise à délimiter le rôle de chaque procédé ainsi que sa contribution à la non qualité et à la dépense d'énergie.

Pour la modélisation de l'application on s'intéresse systématiquement aux procédés élémentaires consommateurs d'énergie (travail ou échange thermique). La matrice proposée ci-dessous synthétise les possibilités d'action des procédés au sein des applications retenues :

Matière d'oeuvre	Activités élémentaires nécessitant de l'énergie		
	Transformation T	Déplacement D	Stockage S
Produit P	T_P	D_P	S_P
Énergie W	T_W	D_W	S_W
Information I	T_I	D_I	S_I

Exemples :

T_P représente la transformation d'un produit ; D_W représente le déplacement (transport) de l'énergie ; S_I représente un stockage d'informations.

2.4. Il s'agit de donner du sens aux performances comparées en choisissant des applications, d'une part, actuelles qui coexistent à un instant donné et qui peuvent apparaître comme concurrentes et, d'autre part, datées qui présentent le même usage à des périodes différentes.

Exemples :

- Problématique de comparaison actuelle du transport des marchandises par voie routière ou par voie ferroviaire ;
- Evolution historique du chauffage dans l'habitat de 1950 à nos jours.

Commentaires méthodologiques

La méthode d'analyse utilisée doit permettre de faire émerger l'architecture des procédés mobilisés pour l'élaboration de la valeur ajoutée de l'application. C'est dans ce pôle que les éléments fonctionnels nécessaires au pilotage des procédés et à la communication externe sont identifiés et délimités. Dans le même temps, la modélisation du processus d'enchaînement des tâches est établie.

Pôle « analyse et validation de procédés »

Abordé dès la 1 ^{ère}	3 - ÉLEMENTS FONCTIONNELS COMMUNS	Niveau			
		1	2	3	4
3.1. Régulation et asservissement					
	<ul style="list-style-type: none"> - Représentation fonctionnelle d'une régulation ou d'un asservissement par schémas blocs - Notions de grandeurs : réglée, réglante, perturbatrice. - Loi de commande d'un système asservi - Point de fonctionnement et stabilité d'un système - Critères de performances : précision, rapidité, amortissement, traînage, retard, dépassement, erreur statique. - Réponse à un échelon de consigne (ou de perturbation). Influence sur les performances autour d'un point de fonctionnement : <ul style="list-style-type: none"> - du gain ; - d'un intégrateur ; - d'un dérivateur. 				
3.2. Estimation de la valeur ajoutée					
	<ul style="list-style-type: none"> - Capteurs et détecteurs - Estimateur (estimation de la valeur d'une grandeur physique à partir d'un calcul) 				
3.3. Modulation d'énergie					
	<ul style="list-style-type: none"> - Par convertisseur statique : <ul style="list-style-type: none"> - Association de convertisseurs statiques ; - Association source électrique - convertisseur statique – charge ; - Réversibilités mécanique et électrique (charge, convertisseur, modulateur, source). - Par vanne motorisée - Par effet centrifuge : régulateur 				

Précisions :

3.1 - L'étude de la régulation, ou de l'asservissement, est conditionnée par l'étude d'un procédé lui-même extrait d'une application. Les notions abordées dans ce chapitre doivent faire l'objet de constats observés lors des mesurages. Les modèles de comportement qui en découlent ne seront installés que dans des cas simples en lien avec le programme de mathématiques (notamment les réponses à un échelon seront assimilables à un premier ou à un second ordre). En revanche, l'observation de l'influence des paramètres, à partir d'un moyen de simulation informatique, doit être privilégiée ;

3.2 - Les différents capteurs seront étudiés uniquement dans le cadre de l'étude des procédés auxquels ils sont associés ;

3.3 - Les convertisseurs seront étudiés dans leur contexte d'usage, c'est-à-dire, associés à leur source d'énergie et à leur charge. Seules les caractéristiques externes aux constituants de la chaîne de transfert de l'énergie seront considérées. La caractérisation externe d'un modulateur est définie dans le plan couple / vitesse (quadrants de fonctionnement liés aux réversibilités).

Le parcours dans les quatre quadrants est à apprécier dans les phases statiques et dynamiques du fonctionnement.

Abordé dès la 1 ^{ère}	4 - PROCÉDES DE TRANSFORMATION	Niveau			
		1	2	3	4
4.1. Transformation de produits					
	<ul style="list-style-type: none"> - Produits gazeux : <ul style="list-style-type: none"> - Compression ; - Conditionnement de l'air. - Produits liquides : <ul style="list-style-type: none"> - Filtration ; - Osmose inverse : application à l'eau potable ; - Électrolyse de l'eau salée. - Produits solides : <ul style="list-style-type: none"> - Malaxage. 				
4.2. Transformation d'énergie					
	<ul style="list-style-type: none"> - Concept d'efficacité énergétique - Production d'électricité à partir de sources d'énergie fossiles, nucléaires et renouvelables. - Alimentation en énergie : identification et valorisation de particularités locales pour le choix d'une production d'énergie électrique décentralisée : éolien, solaire photovoltaïque, micro turbinage, pile à combustible. - Production de chaleur : combustion (dont biomasse), système thermodynamique (pompe à chaleur), rayonnement solaire, conversion du vecteur électricité . 				

<ul style="list-style-type: none"> - Production de chaleur et d'électricité par cogénération - Production de froid : transformation thermodynamique. - Conversion électromécanique : moteurs, générateurs. - Éclairage : caractérisation des sources lumineuses, critères d'utilisation pour la réponse à un besoin d'éclairage (projet d'éclairage). 				
4.3. Transformation d'information				
<ul style="list-style-type: none"> - Acquisition d'une grandeur physique et transduction - Architecture d'un microsystème : composants matériels ; composants logiciels ; adressage ; périphériques associés (Interface Homme/Machine, coupleurs WEB). - Amplification, filtrage, multiplexage - Temps de cycle, temps de transfert, chien de garde - Parallélismes dans le traitement séquentiel des tâches (algorithme et GRAFCET) - Modes de marche et d'arrêt - Conversions numériques et analogiques : CNA, CAN, transcodage, modem. 				

Précisions :

4.1. : L'étude de ces procédés, directement liés à la qualité de l'air et de l'eau, doit illustrer concrètement le lien étroit qui relie la santé à l'utilisation de l'énergie. En effet, l'énergie apparaît tout à la fois, source de pollution et l'un des principaux vecteurs d'amélioration de la qualité de l'air, de l'eau et de l'alimentation.

4.2. et 4.3. : L'étude de ces procédés est indissociable de l'application qui les utilise. Ces procédés élémentaires sont donc délimités puis extraits de l'application pour une étude approfondie à l'atelier (validation de la valeur ajoutée et paramètres fondamentaux de réglage, de configuration et d'exploitation ; analyse et communication de la non qualité, traçabilité).

	Abordé dès la 1 ^{ère}	5 - PROCÉDES DE DÉPLACEMENT	Niveau			
			1	2	3	4
5.1. Déplacement de produits ou de personnes						
	<ul style="list-style-type: none"> - Traction - Transitique - Levage - Ventilation - Pompage 					
5.2. Transport et distribution d'énergie						
	<ul style="list-style-type: none"> - Transport et distribution d'énergie électrique (vecteur électricité) : <ul style="list-style-type: none"> - Procédés de transformation des propriétés électriques : transformateurs et convertisseurs ; - Procédés de transport de l'électricité : <ul style="list-style-type: none"> - Architecture des réseaux : notions de stabilité et qualité des réseaux. - Adaptation de la production à la consommation (paramètres fondamentaux tension et fréquence) ; - Pertes et relèvement du facteur de puissance. - Schéma des liaisons à la terre : régimes de neutre, prise de terre ; - Protection des personnes (sectionnement, isolement, pouvoir de coupure, pouvoir de fermeture, protection différentielle) ; - Réglementation liée à l'habilitation électrique. - Protection des matériels (fusibles, relais thermique, relais magnétique, image thermique, association des protections) ; Influence des harmoniques sur les circuits terminaux, sur le réseau ; - Gestion du réseau, interfaçage et qualité des échanges, section économique de transport. - Transfert et distribution d'énergie thermique : réseau urbain, réseau d'eau chaude basse température, transfert par échangeur (modèle thermique équivalent). - Comptage et facturation de l'énergie 					
5.3. Transmission d'informations						
	<ul style="list-style-type: none"> - Notion de protocoles de transmission : structures, supports (filaire, optique et radio), trames. - Adaptation d'impédance - Réseaux : bus de terrain, Ethernet, Internet. - Critères associés à la communication dans les automatismes : temps de communication, distance, nature et quantité des informations échangées, sécurité. 					

Précisions :

5.1. L'étude des procédés de déplacement doit clairement distinguer les performances à atteindre en fonction de l'usage du déplacement. Ainsi, si les contraintes de déplacement liées à la transitique industrielle s'attachent aux matières et aux produits, les contraintes de type physiologiques s'attachent au transport des personnes.

La loi de commande en vitesse et l'accélération qui en découle permettent de caractériser le but recherché ainsi que les contraintes énergétiques correspondantes.

Recherche des grandeurs en fonction du temps et en fonction de l'espace à parcourir : couples résistants caractéristiques ; accélération, vitesse, décélération, positionnement.
 Action de la pesanteur. Maintien d'un couple nominal à vitesse nulle. Point de fonctionnement dans le plan couple vitesse (phases statiques et dynamiques). Quadrants de fonctionnement.
 5.2. La réflexion porte sur l'ensemble de la distribution allant de la source d'énergie à son utilisation dans l'application. L'analyse fait une large place aux conditions d'exploitation, en sécurité, de toute la chaîne énergétique.
 5.3. Le choix de la transmission des informations est, notamment, associé à la présence de courants forts dans l'application objet d'étude.

Commentaires méthodologiques :

Les déplacements de produits et de personnes constituent des applications intéressantes pour caractériser des charges entraînant et entraînée ainsi que pour l'étude des réversibilité énergétiques. Les lois physiques associées à ces charges sont donc l'objet d'une étude approfondie permettant de justifier le comportement du sous-système d'entraînement, du moto convertisseur y afférent ainsi que des caractéristiques de la source d'énergie utilisée. S'agissant des transports, la comparaison de moyens énergétiques concurrents sera privilégiée.

Abordé dès la 1 ^{ère}	6 – PROCÉDES DE STOCKAGE	Niveau			
		1	2	3	4
6.1. Stockage de produits					
	<ul style="list-style-type: none"> - Propriété des produits stockés : propriétés physico-chimiques, propriétés bactériologiques (contamination bactérienne et parasitaire). - Solutions de stockage : des gaz, des liquides, des solides. 				
6.2. Stockage d'énergie électrique					
	<ul style="list-style-type: none"> - Par principe chimique : piles et accumulateurs. - Par principe électrostatique : <ul style="list-style-type: none"> - Condensateur : association avec des dispositifs de conversion statique ; - Super condensateurs associés à une électronique de puissance (conversion DC-DC réversible). - Par principe électromagnétique : inductance (association avec des dispositifs de conversion statique), bobine supra conductrice. - Autres principes : <ul style="list-style-type: none"> - Par principe mécanique : volant d'inertie associé à une machine électrique ; - Par principe hydraulique : réservoir d'eau et pompage turbinage associé à des machines électriques ; - Par principe de compression de gaz : réservoir d'air sous pression et turbine associée à une machine électrique. 				
6.3. Stockage d'énergie thermique					
	<ul style="list-style-type: none"> - Sous forme sensible - Sous forme latente 				
6.4. Stockage d'information					
	<ul style="list-style-type: none"> - Mémorisation - Principes de base : bascules élémentaires, caractère bistable ou monostable (pré positionnement d'état). <ul style="list-style-type: none"> - Technologies des mémoires (optique, électromagnétique et semi-conducteur) ; - Propriétés des mémoires : consommation, pérennité de l'information ; temps d'accès, cycle de lecture - écriture, densité d'information, capacité. 				

Précisions : L'ensemble de ces procédés, instrumentés pour faciliter l'étude des comportements locaux liés à la modulation énergétique et à la présence effective d'une charge significative de la matière d'œuvre (à transformer, à déplacer ou à stocker), doit conserver une similitude comportementale et une homothétie des solutions constructives lors de la phase d'expérimentale.

Commentaires méthodologiques : La modélisation fonctionnelle de l'application apparaît clairement comme une contrainte d'antériorité dans l'approche expérimentale des procédés. Il s'agit donc, en phase d'exploitation, de dénombrer les *procédés élémentaires* qui sont mis en œuvre par l'application. Seules les applications listées (liste indiquée dans les recommandations pédagogiques de l'IGEN) peuvent faire l'objet d'une étude expérimentale. On s'attachera à mettre en évidence :

- le comportement de chaque procédé commandé et sa relation au processus d'enchaînement des tâches de l'application dont il est issu ;
- la pertinence de l'agencement des constituants,
- la performance énergétique et la valeur ajoutée localement par chaque procédé mobilisé ;
- l'influence des paramètres caractéristiques (configuration, réglage, exploitation) ;
- une méthode d'identification et de modélisation du procédé.

Pôle « Innovation et veille stratégique »

Abordé dès la 1 ^{ère}	7 – PROJET d'amélioration énergétique et environnementale	Niveau			
		1	2	3	4
7.1. Identification de lignes de produits et de systèmes, approche historique					
	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration d'une application dans son environnement : <ul style="list-style-type: none"> - Critères référés aux contextes applicatif et historique; - Evolution des performances, efficacité énergétique et niveau des rejets dans l'environnement ; - Sauts technologiques (identification, quantification et raisons des améliorations engendrées). 				
7.2. Outils de créativité et d'innovation					
	<ul style="list-style-type: none"> - Cercles de réflexion, outils de la qualité - Démarche d'analyse de la valeur - Méthode de créativité - Eléments d'analyse statistique 				
7.3. Outils de recherche et de classement de l'information					
	<ul style="list-style-type: none"> - Moteurs de recherche - Thésaurus - Bibliographie 				
	<ul style="list-style-type: none"> - Bases de données : <ul style="list-style-type: none"> - critères de construction ; - hiérarchisation, indexation ; - diffusion et actualisation de l'information. 				
7.4. Protection de l'innovation					
	<ul style="list-style-type: none"> - Marques - Brevets 				
7.5. Démarche de projet					
	<ul style="list-style-type: none"> - Axes de recherche et de développement pour l'efficacité énergétique dans les applications, l'emploi de sources d'énergie renouvelables et la diminution de rejets dans l'environnement 				
	<ul style="list-style-type: none"> - Ingénierie simultanée, ingénierie concurrente, travail collaboratif - Cycle de vie du projet et planification des activités - Santé et sécurité au travail, réglementation 				

Précisions :

7.1. : Plusieurs lignes de produits, ou de systèmes, seront exploitées. Toutes les lignes pourront être retenues comme objet d'étude mais on s'efforcera de retenir celles qui présentent un enjeu de pleine actualité. Ainsi une ligne peut trouver ses racines dans la profondeur historique (exemple des application de pompage), une autre dans l'histoire des solutions récentes (exemple des communications par téléphone portable). Dans ce dernier cas, l'application ne peut être réduite à l'objet téléphone, il convient de lui associer les infrastructures qui permettent la transmission effective de la voix, des données et des images dans la communication.

7.3. : La documentation attachée aux différentes recherches, notamment pour les besoins du projet, fait l'objet d'un classement spécifique dont les items de sélection sont renseignés selon des critères clairement établis et en lien avec le thème du projet. La bibliographie fait l'objet de la même attention. Cette activité spécifique est portée par l'utilisation d'une base de données informatisée.

Commentaires méthodologiques

En raison de la grande flexibilité présentée par l'énergie électrique et de son omniprésence dans les sociétés industrialisées, les solutions électriques constituent un vecteur privilégié dans les applications supports d'études pour le domaine Énergie et environnement.

Si l'électricité apparaît indispensable dans de nombreuses applications, il convient de valoriser les solutions spécifiques à l'habitat où le chauffage et l'eau chaude sanitaire n'apparaissent pas réservés à l'emploi de l'électricité. Par ailleurs, l'espace habitat individuel ou collectif constitue un ensemble étendu de solutions énergétiques où il apparaît pertinent d'expérimenter des solutions de production électrique répartie⁵ (habitat dit à « énergie positive »).

Les contenus de formation dispensés dans le pôle « innovation et veille stratégique » concourent à impulser une activité d'équipe lors du projet en classe de terminale. Les savoirs y afférant sont donc mobilisés principalement lors du projet, ils permettent de donner les outils nécessaires à la production du travail en équipe, notamment l'emploi d'une base de données fédère l'information et les expérimentations produites individuellement ou en équipe.

⁵ - L'habitat à « énergie positive » produit plus qu'il ne consomme d'énergie.

L'approfondissement des outils de créativité et d'innovation est à rechercher dans l'espace projet de la classe de terminale. Le découpage des responsabilités individuelles doit faire l'objet d'une attention particulière visant à établir une relation construite entre les différents membres de l'équipe de projet. Tout ou partie de ces différents outils pourra donc être mobilisé au service du projet, notamment l'usage d'outils d'analyse statistique lors de l'expérimentation de procédés.

Tout en offrant un espace suffisant d'investigations dans les domaines des applications, de la matière et de l'information, la possibilité est ainsi offerte d'activités concrètes dans le domaine particulier de l'énergie.

« **Projet technologique** »

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

Le projet est à définir par l'équipe enseignante à partir d'une thématique susceptible de faire émerger des enjeux énergétiques et environnementaux. La variété des usages, des environnements et des applications liées à l'industrie, les transports et à l'habitat, fournit un large domaine d'illustration lors de la mise en œuvre du projet. Le projet technique est développé pour **améliorer localement une application où l'énergie occupe une place importante**. Les travaux réalisés dans ce cadre doivent compléter la formation technologique et permettre des croisements disciplinaires dans le pôle scientifique et avec l'ensemble des enseignements dispensés dans ce baccalauréat.

Trois phases distinctes jalonnent le déroulement du projet :

- une première période est consacrée à la présentation des enjeux associés à différentes pistes d'amélioration de solutions techniques. La première étape peut ainsi être consacrée à la recherche documentaire, à l'établissement des responsabilités individuelles et collectives dans la conduite et la planification des recherches et des expérimentations nécessitées par le projet. Placée à la fin de cette première période et en fonction de l'ampleur des investigations nécessaires, une première revue de projet permettra de définir les éléments expérimentaux les plus pertinents ;
- la seconde période, située en milieu d'année scolaire, est utilisée pour tester la validité de certaines hypothèses d'amélioration ;
- une troisième période permet de comparer les différentes propositions d'amélioration et les différentes productions expérimentales. Elle débouche sur des propositions de solutions et sur la soutenance individuelle du dossier personnel associé au projet. Cette dernière période est consacrée à la mutualisation des expérimentations conduites et à réfléchir sur le moyen de promouvoir, à destination de tiers, les conclusions développées lors des travaux.

Résultats attendus du projet :

- proposer dans le cadre d'une démarche de projet et d'ingénierie simultanée, un descriptif des attentes liées à l'amélioration, la répartition des tâches et la planification du projet ;
- produire différentes solutions constructives significatives d'améliorations ;
- mettre en œuvre et valider les solutions constructives en relation avec une amélioration ;
- communiquer les résultats au sein du groupe de projet puis à destination du demandeur utilisateur de l'application. Un dossier technique vient étayer la communication sous forme de schémas et de documents numériques liés aux améliorations réalisées.