

1 - Préambule

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, des services et des ouvrages 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.

Aujourd'hui, 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, le cadre d'utilisation mondiale de ces ressources paraît limité.

La conception des systèmes techniques, qui utilisent 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 deviennent l'un des enjeux majeurs du développement. Ce nouvel impératif technologique peut trouver sa traduction dans l'éco-conception¹ des systèmes artificiels et la gestion optimisée de l'énergie. Ainsi, la conception des infrastructures publiques, des transports et de l'habitat, grands utilisateurs d'énergie, doit impérativement prendre en compte ces concepts émergents. Les nouvelles attentes des consommateurs, souvent associées à la notion de développement durable, exigent de disposer de labels attestant à la fois, d'une « haute qualité environnementale » et d'une « efficacité énergétique reconnue ».

Dans cette perspective 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 respectueux des ressources et de l'environnement.

La recherche et le développement d'applications représentatives des usages de la société constituent autant d'opportunités pour intégrer de tels procédés dans la technologie des systèmes. Ainsi, avec les structures nécessaires aux échanges dans l'environnement où elles interviennent (flux d'énergie, d'informations, de produits et de rejets), ces applications constituent le champ d'étude de la spécialité « Énergie et Environnement ».

2 - Objectifs généraux de la spécialité

Quelle que soit leur nature, les besoins auxquels elles répondent et les consommateurs à qui elles sont destinées, les réalisations techniques nécessitent aujourd'hui :

- la maîtrise de la matière pour créer ou modifier les structures physiques ou chimiques d'un système;
- la maîtrise de l'énergie disponible pour alimenter et contrôler le système et plus globalement les applications utilisées dans notre espace de vie ;
- la maîtrise des informations globales ou locales pour leur traitement leur transport et leur exploitation ;
- la maîtrise des compétences humaines pour concilier le développement des applications techniques dans le champ des contraintes économiques et environnementales pour la réalisation, l'exploitation et le recyclage du produit ou de l'ouvrage.

Les trois éléments, « matière, énergie, information » se présentent donc comme constitutifs de la base de toute formation technique, le facteur humain étant l'élément transversal incontournable pour mettre en synergie l'ensemble de ces trois composantes.

La spécialité «énergie et environnement» s'appuie partiellement sur les trois domaines que sont le traitement du signal et de l'information, l'énergie et sa gestion, la matière et les structures. Elle s'attache à étudier l'impact des choix techniques, notamment en matière d'utilisation de l'énergie sur l'environnement. 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.

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.

L'étude d'applications réelles est conduite en phase de description de l'existant et comprend, pour les synthétiser, l'étude des processus associés au pilotage des procédés² utilisés. 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 disponibilité 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 de pouvoir alimenter, exploiter, régler, maintenir et éventuellement d'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 physiques. 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.

Les compétences, qui mobilisent ces savoirs, sont développées pour :

- étudier et décrire la réalité technologique des applications (actuelles d'une part et obsolètes d'autre part) qui répondent à des usages actuels ;
- mener l'approche comparative de solutions constructives visant à l'identification d'innovations ou de sauts technologiques au cours du temps ;
- étudier les procédés mis en œuvre dans les applications et particulièrement leurs implications en matière :
 - o de sobriété énergétique ;
 - o d'efficacité énergétique ;
 - o du caractère renouvelable de l'énergie qu'ils utilisent ;
 - o de l'impact produit sur l'environnement.
- 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 en matière de sécurité des personnes et des biens ;
- imaginer des dispositions constructives ou d'exploitation permettant une amélioration locale.

² Pour l'analyse des procédés on s'intéresse systématiquement aux procédés élémentaires qui sont consommateurs d'énergie (travail ou échange thermique). La matrice proposée ci-dessous synthétise les possibilités d'action selon une typologie prenant en compte les différentes matières d'œuvre :

Matière d'oeuvre	Transformation	Déplacement	Stockage
	\mathcal{T}	\mathcal{D}	\mathcal{S}
Produit P	\mathcal{T}_P	\mathcal{D}_P	\mathcal{S}_P
Énergie W	\mathcal{T}_W	\mathcal{D}_W	\mathcal{S}_W
Information I	\mathcal{T}_I	\mathcal{D}_I	\mathcal{S}_I

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 dans un contexte donné.

3 - Programmes détaillés

Les programmes **sciences appliquées** et **sciences industrielles** 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 en a entendu parlé et sait où trouver l'information ».

Il n'y a pas d'évaluation envisageable à l'examen pour les savoirs situés à ce niveau d'approfondissement

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 de l'enseignement.

Programme de « sciences appliquées »

Préambule

Les sciences 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 avec un minimum de sentiment de sécurité aux inévitables évolutions technologiques.

Cet enseignement de sciences 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 à dominante mécanique.

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.

Compétences visées

En sciences appliquées, le bachelier en «Energie et Environnement », doit être capable de :

- maîtriser les lois de base dans les domaines de la mécanique, de la chimie des matériaux, de l'optique, de la conversion de l'énergie 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.

Programme

Pour des raisons d'efficacité pédagogique, les thèmes du programme devront être abordés par le biais d'activités pratiques : c'est par une approche concrète que les concepts accessibles pourront être abordés 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 grapheurs 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 aux élèves 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'ÉNERGIE	Niveau			
		1	2	3	4
1.1. Historique et problématiques					
Ressources énergétiques mondiales : bilan et perspectives. énergies renouvelables.					
1.2. énergie électrique					
1.2.1 Tension, courant. Lois des mailles et des nœuds. Loi d'Ohm. Résistivité. Théorème de superposition. Modèle équivalent de Thévenin.					
1.2.2 Régime sinusoïdal monophasé Expression d'une grandeur sinusoïdale : définitions, unités. Représentation de Fresnel.					
1.2.3 Schéma équivalent d'un dipôle ; impédance, déphasage. Comportement des éléments R, L, C ; relations entre u et i. Groupements RL, RC, RLC. Résonance.					
1.2.4 Puissances. Puissance en régime périodique quelconque : définitions des grandeurs. Application au régime sinusoïdal. Théorème de Boucherot					
1.3. Énergie mécanique					
1.3.1 Définitions Les forces. Couple de forces. Travail d'une force. Les repères					
1.3.2 Principe fondamental de la dynamique : énoncé ; application au solide en translation, au solide en rotation autour d'un axe. Caractéristiques mécaniques des principales charges.					
1.3.3 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.					
1.3.4 Mécanique des fluides Éléments de statique des fluides : pression, théorème 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					
1.4.1 états de la matière Masse volumique, densité, pression. Unités SI. Température : échelles Kelvin et Celsius.					
1.4.2 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.					
1.4.3 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					
1.5.1 Rappels. Structure atomique de la matière. Classification périodique : présentation simplifiée. Réaction chimique, corrosion.					
1.5.2 Propriétés de l'eau Propriétés physico-chimiques de l'eau. Électrolyse.					
1.5.3 Énergie chimique Réactions exothermiques, endothermiques. Enthalpie. Énergie molaire de réaction. Énergie de changement d'état					
1.5.4 Combustion. Réactions de combustion. Pouvoir calorifique des carburants. Pollution atmosphérique : origines, conséquences, solutions.					
1.6. Energie rayonnante					
1.6.1 Ondes ; vitesse ; longueur d'onde. Classification des gammes d'ondes.					
1.6.2 Lumière ; modèle ondulatoire de la lumière. Réflexion, réfraction. Lois de Descartes. Notions de photométrie.					
1.6.3 Cellule photovoltaïque					
1.7. Energie nucléaire					
Les réactions nucléaires : fission, fusion. Bilan énergétique. équivalence masse énergie. énergie de liaison. Réacteurs nucléaires : combustibles et déchets.					
1.8 Transformations énergétiques					
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'ENERGIE	Niveau			
		1	2	3	4
2.1. Stockage de l'énergie électrique					
▼	2.1.1 Champ magnétique, flux d'induction Sources de champ magnétique. Lignes de champs. Mesures. Flux d'induction : définition, calcul pour des cas simples.				
	2.1.2 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.				
	2.1.3 Condensateurs Principe. Constitution. Capacité. Association de condensateurs. Énergie emmagasinée.				
	Super capacités : présentation, perspectives				
2.2. Piles et accumulateurs					
	2.2.1 Oxydoréduction Définition des oxydants et des réducteurs Couple oxydant/réducteur ; classification des couples. Application aux piles.				
	2.2.2 Caractéristiques des piles et accumulateurs Historique. Présentation des différentes formes d'accumulateurs. Perspectives. Recyclage.				
2.3. Autres moyens de stockages					
	2.3.1 Énergie thermique : ballon d'accumulation, ...				
	2.3.2 Volants d'inertie				
	2.3.3 Stockage hydraulique				
<i>Précisions : Les deux formes de stockage principales que sont l'énergie électrique et chimique forment l'essentiel de cette partie qui prend naturellement sa place en classe de première. De nombreux exemples devront venir illustrer les concepts.</i>					
Abordé dès la 1ère	3 – PRODUCTION ET DISTRIBUTION D'ENERGIE ELECTRIQUE	Niveau			
		1	2	3	4
3. 1. Le réseau					
▼	3.1.1 Régime triphasé Système équilibré en tension et courant. Grandeurs simples et composées. Couplage étoile et triangle. Puissances.				
	3.1.2 Transformateur Principe. Constitution. Rapport de transformation. Schéma équivalent. Chute de tension. Pertes.				
3.2. Générateurs sinusoïdaux					
	3.2.1 Alternateur Principe. Caractéristiques de la tension : tension, fréquence. Couplage sur le réseau. Groupe électrogène.				
	3.2.2 Génératrice asynchrone Principe. Champs tournants. Caractéristique $T=f(n)$ pour $-1 < g < 1$				
	3.2.3 Etude comparative des génératrices synchrone et asynchrone				
	3.2.4 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					
	3.3.1 Redresseur Diodes : schéma équivalent commutation. Redresseur en pont non commandé : allures des tensions et des courants. Principe simplifié d'une alimentation stabilisée.				
	3.3.2 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.		1.1	1.1	
3. 4. Distribution de l'énergie électrique					
	3.4.1 Qualité des réseaux. Décomposition de Fourier. Valeur moyenne. Fondamental. Harmoniques. Étude qualitative des harmoniques de courant de quelques montages industriels. Norme.				
	3.4.2 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					
▼	4.1.1 Caractéristiques mécaniques des charges entraînées. Cas de la traction, du levage et du pompage... Réversibilité.				
	4.1.2 Moteurs électriques				
	4.1.2.1 Moteur à courant continu Principe : force de Laplace. Moteur à excitation indépendante. Schéma équivalent. Courbe $T = f(n)$. Variation de vitesse. Réversibilité. Freinage. Association moteur convertisseurs. Bilan de puissances. Rendement.				
	4.1.2.2 Moteur asynchrone Principe. Courbe $T = f(n)$. Variation de vitesse. Réversibilité. Freinage. Association machine convertisseurs. Bilan de puissances. Rendement.				
	4.1.2.3 Démarrage et freinage des moteurs électriques. Etude des régimes transitoires.				
	4.1.3 Moteurs thermiques Moteur à explosion. Cogénération. Moteur Sterling.				
4.2. Autres utilisations					
	4.2.1 Éclairage. Bilan énergétique : solutions et perspectives.				
	4.2.2 Chauffage et refroidissement. Chauffage par effet Joule. Chauffage par induction. Chauffage par micro-ondes. Chauffage industriel : perspectives. Principe des machines thermodynamiques (machine frigorifique, pompe à chaleur).				
	4.2.3 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 système réels. La régulation sera abordé sur des systèmes simples ; par exemple une régulation de température.

Organisation horaire

	Classe de première			Classe de terminale		
	Cours	TD	TP	Cours	TD	TP
Sciences physiques appliquées	3	0	3 *	3	0	3 *

* = en groupes de Travaux Pratiques d'ateliers (TP) effectif maxi 15 (situation actuelle des enseignements technologiques pratiques dans toutes les séries STI).

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 la même journée les séances de travaux pratiques de sciences appliquées des deux groupes.

Programme de « sciences industrielles »

1 – Présentation des compétences relatives au baccalauréat technologique « sciences et technologies » dans la série « énergie et environnement »

Les connaissances de ce baccalauréat sont organisées selon 4 pôles :

Pôle 1 – Eco conception des systèmes artificiels et gestion optimisée de l'énergie

- Caractériser le besoin et le service rendu par une application⁴ ;
- Évaluer les effets produits sur l'environnement ;
- 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

- 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 solution⁵ d'alimentation en énergie pour le fonctionnement d'une application terminale.

Pôle 3 – Analyse et validation de procédés

- 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 – Imagination et veille stratégique

- 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.

⁴ L'application (équipement, produit, service ou installation) est organisée en fonction d'un usage dans un contexte déterminé

⁵ L'électricité est un cas spécial dénommé « vecteur d'énergie ». Ce vecteur constitue le carrefour des formes d'énergie utile. Il assure la décentralisation des moteurs et des contrôles commandes. Hors usages calorifiques il est le vecteur privilégié des énergies renouvelables et apparaît le plus privilégié pour l'information. Son inconvénient majeur est de ne pratiquement pas être stockable.

2 - Expression des finalités liées au besoin d'énergie

Les activités humaines qui correspondent à des besoins primaires manifestés par l'homme permettent d'engager une réflexion sur :

- les origines du besoin en énergie ;
- les ressources en énergie fossile ;
- le caractère renouvelable de l'énergie ;
- l'énergie nécessaire à l'extraction de matière première ;
- l'énergie liée à la transformation des produits ;
- le remboursement de dettes liées à différentes politiques énergétiques ;
- le contexte géopolitique où s'expriment ces besoins.

Le tableau présenté ci-dessous reprend quelques activités humaines qu'il convient de placer dans différents contextes de développement économique. Il fournit des pistes utiles pour caractériser les applications techniques qui supportent les travaux d'analyse technique et l'approche expérimentale en travaux pratiques d'atelier.

Besoins vitaux	Activités dérivées
<i>S'alimenter</i> (eau, nourriture)	Chasser, pêcher, élever, irriguer, cultiver, récolter, transporter, distribuer, cuisiner, conserver, conditionner,...
<i>Se protéger</i> (vêtements, habitat)	Produire des matériaux, fabriquer, assembler, construire, réparer, recycler,...
<i>Communiquer</i>	Éduquer, se déplacer, lire, écrire, émettre, éditer,...
<i>Se maintenir en bonne santé</i>	Soigner, se protéger, épurer, isoler, assainir...
<i>Se distraire</i>	...

3 - Des procédés⁶ à rechercher dans les applications

Si, pour favoriser la démarche expérimentale, les applications sont découpées en « procédés élémentaires », l'analyse des solutions constructives porte sur l'ensemble de la chaîne fonctionnelle que ces procédés constituent.

Par ailleurs, le cycle de vie des matériels qui portent l'application est susceptible de produire des impacts environnementaux tels que :

- l'épuisement des ressources ;
- l'appauvrissement de la couche d'ozone ;
- la formation de smog ;
- le changement climatique ;
- l'altération des habitats ; acidification ; réduction de la biodiversité ;
- la pollution de l'air, de l'eau et du sol.

⁶ La notion de PROCÉDÉ doit être comprise comme représentant une méthode pour obtenir localement un enrichissement (une valeur ajoutée) sur les propriétés de la matière, de l'énergie ou de l'information en vue d'une transformation, d'un déplacement ou d'un stockage

4 – Commentaires méthodologiques

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 / énergie** » présentée par le système matériel et d'en élargir l'étude à l'impact environnemental et à l'évaluation de la « non qualité ».

Cette première activité doit être complétée par d'autres 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 fondent la performance globale.

Ces études comparatives induiront une réflexion sur les innovations.

Le tableau ci-dessous reprend 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. A cet effet, le découpage fonctionnel des applications constitue le moyen le plus efficace pour délimiter les procédés qui concourent à l'élaboration locale d'une valeur ajoutée sur le produit, l'énergie ou l'information.

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 applications retenues permettront de dégager les procédés élémentaires parmi ceux qui figurent dans le présent tableau.

→ Remarque importante :

Dans la perspective de rendre compatible le nombre de procédés objets d'analyse, avec le temps disponible, il convient de limiter les applications retenues.

Dix applications seront préférentiellement choisies parmi celles qui figurent en gras souligné dans le tableau ci-après.

Exemple de sélection d'applications :

- Solaire photovoltaïque,
- Traitement de l'eau,
- Réseau électrique national,
- Piles et accumulateurs,
- Solaire thermique,
- Chambre froide,
- Éclairage public,
- Levage,
- Transport routier,
- Malaxage.

Une autre sélection, couvrant les mêmes champs applicatifs, pourra être retenue par l'équipe pédagogique du pôle scientifique.

Applications étudiées	Procédés élémentaires intégrés à l'application et significatifs d'une transformation, d'un déplacement ou d'un stockage		
Alimenter en énergie <ul style="list-style-type: none"> - éolien - solaire photovoltaïque - micro turbinage - pile à combustible 	Transformation d'énergie	Déplacement d'énergie	Stockage d'énergie (embarqué, secouru)
Alimenter en air, en eau potable <ul style="list-style-type: none"> - conditionnement d'air - traitement de l'eau - électrolyse de l'eau salée - osmose inverse 	Transformation d'un produit	Déplacement d'un produit	
Distribuer l'énergie <ul style="list-style-type: none"> - réseaux électriques nationaux - échangeurs - réseaux urbains de chaleur - habitat 	Transformation d'énergie	Déplacement d'énergie	
Stocker l'énergie <ul style="list-style-type: none"> - piles – accumulateurs - association condensateurs – bobines et électronique de puissance - association volants d'inertie – machines tournantes électriques - réservoirs 	Transformation d'énergie	Déplacement d'énergie	Stockage d'énergie
Chauffer <ul style="list-style-type: none"> - cogénération - chauffages industriels 	Transformation d'énergie		
Se chauffer (Cf. confort) <ul style="list-style-type: none"> - solaire thermique - chaudière - pompe à chaleur - chauffage électrique 	Transformation d'énergie (solaire, biomasse, géothermie)	Déplacement d'énergie	Stockage d'énergie
Produire du froid <ul style="list-style-type: none"> - chambre froide - circuits et composants 	Transformation d'énergie		Stockage d'énergie
Rafrâchir (Cf. confort) <ul style="list-style-type: none"> - production eau glacée - climatisation 	Transformation d'énergie	Déplacement d'énergie	
Éclairer (Cf. confort) <ul style="list-style-type: none"> - éclairage public - éclairage habitat 	Transformation d'énergie (longueur d'onde, intensité lumineuse)		
Déplacer <ul style="list-style-type: none"> - traction - transitive industrielle - levage - ventilation - pompage 		Déplacement d'un produit (solide, liquide, gazeux)	
Se déplacer (Cf. confort) <ul style="list-style-type: none"> - transports routiers - transports maritimes - transports ferroviaires 	Transformation d'énergie	Déplacement de personnes	Stockage d'énergie (embarqué)
Transformer un produit <ul style="list-style-type: none"> - compression - filtrage - malaxage 	Transformation d'un produit (solide, liquide, gazeux)	Déplacement d'un produit (solide, liquide, gazeux)	Stockage d'un produit (solide, liquide, gazeux)
Stocker un produit <ul style="list-style-type: none"> - stockage gaz - stockage solides - stockage liquides 			Stockage d'un produit (solide, liquide, gazeux)
Traitement des informations <ul style="list-style-type: none"> - micro systèmes - automates industriels - réseau de terrain - réseau éthernet – Internet (Web) 	Transformation d'informations	Déplacement d'informations	
Stocker des informations <ul style="list-style-type: none"> - mémoires électroniques - mémoires optiques - mémoires électromécaniques 			Stockage d'informations

5 - Programme : présentation du « squelette » des savoirs organisés par pôles

1 Eco conception des systèmes artificiels et gestion optimisée de l'énergie

1.1 Service rendu par une application

- 1.1.1 Expression du besoin
- 1.1.2 Efficience
- 1.1.3 Compétitivité et développement durable
- 1.1.4 Analyse des externalités (qui supporte les coûts ?)

1.2 Règles générales de l'éco conception

- 1.2.1 Préservation et usage efficace des ressources naturelles
- 1.2.2 Minimisation des émissions et des déchets
- 1.2.3 Suppression ou minimisation des substances toxiques
- 1.2.4 Réduction de la consommation d'énergie

1.3 Analyse du cycle de vie

- 1.3.1 Étapes du cycle de vie
- 1.3.2 Impacts sur l'environnement
- 1.3.3 Critères de choix d'un procédé lors de la conception
- 1.3.4 Temps de retour sur investissement

1.4 Éco-construction

- 1.4.1 Outils d'analyse et de description fonctionnelle d'un produit
- 1.4.2 Représentation et dimensionnement des chaînes cinématiques assistés par ordinateur
- 1.4.3 Produits et matériaux dans la relation* usage - procédés - énergie
 - En phase conception*
 - En phase d'exploitation*
 - En phase de recyclage et en fin de vie*

2 Étude comparée d'applications dans leurs contextes

2.1 Représentations d'un système

- 2.1.1 Représentations fonctionnelles
 - Représentation fonctionnelle descendante*
 - Représentation objet*
- 2.1.2 Représentations structurelles normalisées
 - Schémas électriques et fluidiques*
 - Utilisation d'une maquette numérique d'un ensemble mécanique (décodage uniquement)*
 - Utilisation d'une maquette numérique d'un bâtiment (décodage uniquement)*

2.2 Architecture fonctionnelle d'une application

- 2.2.1 Contexte de l'application
- 2.2.2 Point de vue pour lequel la modélisation fonctionnelle est établie
- 2.2.3 Agencement des procédés utilisés pour obtenir la valeur ajoutée
 - Concept de procédé élémentaire*
 - Typologie de procédés*
 - Organisation des procédés élémentaires*
- 2.2.4 Processus d'élaboration de la valeur ajoutée
 - Séquentiels*
 - Continus*
 - Mixtes*

2.3 Performances comparées d'applications

- 2.3.1 Impact environnemental
- 2.3.2 Durée de vie et maintenabilité
- 2.3.3 Sûreté de fonctionnement
- 2.3.4 Efficacité énergétique
- 2.3.5 Origine et nature de l'énergie finale utilisée
 - Énergie fossile*
 - Énergie portée par un vecteur*
 - Énergie renouvelable*
- 2.3.6 Coût énergétique

3 Analyse et validation de procédés

3.1 Éléments fonctionnels communs associés aux procédés

- 3.1.1 Régulation et asservissement d'un procédé
- 3.1.2 Estimation de la valeur ajoutée par le procédé
- 3.1.3 Modulation d'énergie destinée au procédé

3.2 Procédés élémentaires

3.2.1 Transformation de produits

Produits gazeux

- Compression
- Conditionnement de l'air

Produits liquides

- Filtration
- Osmose inverse : application à l'eau potable
- Électrolyse de l'eau salée

Produits solides

- Malaxage

3.2.2 Transformation d'énergie

Production d'électricité

- À partir d'énergie fossile
- À partir d'énergie nucléaire
- À partir d'énergie renouvelable :
 - Éolienne*
 - Solaire photovoltaïque*
 - Microcentrales*
 - Piles à combustible*

Production de chaleur

- Par combustion (dont biomasse)
- Par système thermodynamique (pompe à chaleur)
- Par rayonnement solaire
- Par conversion du vecteur électricité :

Production de chaleur et d'électricité par cogénération

Production de froid

- Par transformation thermodynamique

Conversion électromécanique

- Moteur
- Générateur

Éclairage

3.2.3 Transformation d'informations

Traitement

- Conditionnement*
- Conversion*

3.2.4 Déplacement de produits

- Traction*
- Transitique*
- Levage*
- Ventilation*
- Pompage*

3.2.5 Déplacement d'énergie

Transport et distribution d'énergie électrique

- Procédés de transformation du vecteur électricité
 - Procédés de transport du vecteur électricité
 - Procédés de gestion, protection et contrôle commande

Transfert et distribution d'énergie thermique

- Réseaux urbains
- Réseaux eau chaude basse température
- Transfert par échangeur

3.2.6 Déplacement d'informations*Transmission***3.2.7 Stockage de produits***Propriété des produits stockés*

Propriétés physico-chimiques

Propriétés bactériologiques

Solutions de stockage

Des gaz

Des liquides

Des solides

3.2.8 Stockage d'énergie électrique

Par principe chimique

Par principe électrostatique

Par principe électromagnétique

Autres principes

3.2.9 Stockage d'énergie thermique**3.2.10 Stockage d'informations***Mémorisation*

Technologies des mémoires

Propriétés des mémoires : Consommation, pérennité de l'information, temps d'accès, capacité, cycle de lecture – écriture.

4 Imagination et veille stratégique**4.1 Identification de lignes de produits et de systèmes**

4.1.1 Améliorations

4.1.2 Sauts technologiques

4.2 Outils de créativité et d'innovation**4.3 Outils de recherche de l'information**

4.3.1 Moteurs de recherche

4.3.2 Thésaurus

4.4 Protection de l'innovation

4.4.1 Marques

4.4.2 Brevets

4.5 Démarche de projet

4.5.1 Ingénierie simultanée

4.5.2 Cycle de vie du projet

4.6 Bases de données

4.6.1 Critères de construction

4.6.2 Hiérarchisation

4.6.3 Indexation

4.6.4 Diffusion

4.6.5 Actualisation

6 - Programme détaillé de « sciences industrielles »

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

Ce pôle représente environ 20 % du temps de formation

Abordé dès la 1 ^{ère}	1 - Éco-conception des systèmes artificiels et gestion optimisée de l'énergie	Niveau			
		1	2	3	4

1.1 Service rendu par une application

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expression du besoin (analyse des interactions et caractérisation des critères) ▪ Efficience ▪ Compétitivité ▪ Notion de « développement durable » (réglementation et normes) ▪ Analyse des externalités (qui supporte les coûts ?) 				
---	--	--	--	--

Précisions : 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 Règles générales de l'éco-conception

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Définition de l'éco-conception ▪ Préservation et usage efficace 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 ▪ Suppression ou minimisation des substances toxiques ▪ Réduction de la consommation d'énergie <ul style="list-style-type: none"> • Habitat à énergie positive • Label « haute qualité environnementale » 				
<ul style="list-style-type: none"> • Émission de gaz à effet de serre, toxicité, cycle climatique, cycle de l'eau 				

Précisions : Il s'agit de proposer un inventaire de ces ressources et d'imaginer, en fonction d'un mode de vie dans 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 les solutions technologiques existent pour diviser par deux la consommation d'énergie.

1.3 Analyse du cycle de vie

<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 et usages efficaces) ▪ Critères de choix d'un procédé lors de la conception ▪ Temps de retour sur investissement 				
--	--	--	--	--

Précisions : L'influence des différents paramètres, qui interviennent comme autant d'impacts sur l'environnement, est appréciée à 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 Éco-construction

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Outils d'analyse et de description fonctionnelle d'un produit ▪ Représentation et dimensionnement des chaînes cinématiques assistés par ordinateur <ul style="list-style-type: none"> • Étude des liaisons élémentaires, notions de degré de liberté • Schématisation des liaisons élémentaires • Schématisation cinématique d'un mécanisme • Liaison complète, liaison glissière et liaison pivot : solutions constructives • Étanchéité ▪ Choix de composants¹ <ul style="list-style-type: none"> • Pré actionneurs pneumatiques, hydrauliques et électriques • Actionneurs pneumatiques, hydrauliques et électriques • Éléments d'adaptation de l'effort, de la vitesse et du couple (réducteurs, variateurs) • Notions d'effecteurs ▪ Produits et matériaux dans la relation « usage - procédés - énergie² <ul style="list-style-type: none"> • Choix des matériaux constitutifs (critères physico-chimiques, énergétiques, environnementaux, économiques) • Matière première renouvelable ou recyclable • Disponibilité des approvisionnements ▪ Améliorations à rechercher au niveau énergétique et environnemental lors de la conception d'un procédé <ul style="list-style-type: none"> • Simplification du procédé ou du sous-ensemble • Utilisation d'un sous-ensemble multi fonctions ou standardisé • Réutilisation d'un sous-ensemble • Prise en compte de critères de montage, démontage et de maintenance ▪ Choix de la source d'énergie utilisée ▪ Conditions de travail ▪ Sûreté de fonctionnement ▪ Respect de la réglementation 					
--	--	--	--	--	--

Précisions :

1 - Le composant est apprécié dans ses caractéristiques externes en référence à un catalogue constructeur.

2 - Pour une valeur ajoutée apportée par un ou des procédés répondant à un usage donné, on étudiera l'inter relation « matériaux / procédés et énergie » afin de réduire les rejets et la consommation d'énergie :

- lors de la phase conception
- lors de la phase d'exploitation
- lors de la phase de recyclage et en fin de vie

Pôle « Étude comparée d'applications dans leurs contextes »

Ce pôle représente environ 30 % du temps de formation

Abordé dès la 1 ^{ère}	2 - Étude comparée d'applications dans leurs contextes	Niveau			
↓		1	2	3	4

<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2.1 Représentations d'un système <ul style="list-style-type: none"> ▪ Représentations fonctionnelles : <ul style="list-style-type: none"> • Représentation fonctionnelle descendante • Représentation objet • Outils de représentation FAST ▪ Représentations structurales normalisées : <ul style="list-style-type: none"> • Schémas électriques et fluidiques • Schémas cinématiques • Dessin d'organes mécaniques : <ul style="list-style-type: none"> - utilisation d'une maquette numérique pour un mécanisme articulé (décodage uniquement) ; - utilisation d'une maquette numérique d'un bâtiment (décodage uniquement). 				
---	--	--	--	--

Précisions : Les outils de représentation sont à maîtriser pour les représentations normalisées

<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2.2 Architecture fonctionnelle d'une application <ul style="list-style-type: none"> ▪ Contexte de l'application ▪ Point de vue pour lequel la modélisation fonctionnelle est établie ▪ Agencement des procédés utilisés pour obtenir la valeur ajoutée : <ul style="list-style-type: none"> • Concept de procédé élémentaire • Typologie de procédés • Organisation dans l'association des procédés élémentaires <ul style="list-style-type: none"> - élaboration liée de la valeur ajoutée ; - élaboration flexible de la valeur ajoutée. ▪ Processus d'élaboration de la valeur ajoutée : <ul style="list-style-type: none"> - séquentiels - continus - mixtes 				
--	--	--	--	--

Précisions : 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 de certains procédés est conduite dans le pôle 3, le pôle 2 visant à délimiter le rôle de chaque procédé ainsi que sa contribution à la non qualité et à la dépense d'énergie.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2.3 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 (voir comptage d'énergie) <ul style="list-style-type: none"> - cas d'une distribution centralisée - cas d'une production locale 				
--	--	--	--	--

Précisions :
 Il s'agit de donner du sens à ces performances comparées en choisissant des applications, d'une part qui coexistent à un instant donné et qui peuvent apparaître comme concurrentes et, d'autre part, de comparer des applications présentant le même usage à des périodes différentes.

Exemples :
 - Problématique liée au transport de marchandises par la voie routière ou par voie ferroviaire aujourd'hui.
 - Evolution du chauffage dans l'habitat entre 1970 et aujourd'hui.

Pôle « analyse et validation de procédés »

Ce pôle représente environ 30 % du temps de formation

Abordé dès la 1 ^{ère}	3 - Analyse et validation de procédés	Niveau			
		1	2	3	4
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3.1 Éléments fonctionnels communs associés aux procédés 					
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Régulation et asservissement d'un procédé¹ : <ul style="list-style-type: none"> • Représentation fonctionnelle d'une régulation ou d'un asservissement : schémas blocs • Notion de grandeurs réglée, réglante et perturbatrice • Loi de commande • 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 - Influence sur les performances autour d'un point de fonctionnement : <ul style="list-style-type: none"> - du gain ; - d'un intégrateur ; - d'un dérivateur. 				
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Fonction de transfert en boucle ouverte et en boucle fermée : étude statique</i> 				
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estimation de la valeur ajoutée par le procédé² : <ul style="list-style-type: none"> • Capteurs et détecteurs • Estimateur (valeur ajoutée estimée à partir d'un calcul) 				
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Chaîne de conditionnement de l'information, transducteurs, calculs d'incertitude</i> 				
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modulation d'énergie destinée au procédé³ : <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 				
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Caractérisation externe d'un modulateur. Quadrants de fonctionnement et réversibilités.</i> 				

Précisions :

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 privilégié.

2 - Les capteurs seront étudiés uniquement dans le cadre de l'étude des procédés auxquels ils sont associés.

3 - Les convertisseurs seront étudiés dans leur contexte d'usage c'est-à-dire associés à leur source et à leur charge. Seules les caractéristiques externes aux constituants de la chaîne de transfert de l'énergie seront considérées.

▪ 3.2 Procédés élémentaires

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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. 				
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Loi de Mariotte (PV = RT) .Loi de Dalton (ΣPV = ΣRT). Diagramme de l'air humide (calcul de l'enthalpie d'un point). Changement d'état par compression ou détente. Structure et propriétés moléculaires de l'eau. Électrolyse. Lois de couples résistants et lois de commande.</i> 				

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transformation d'énergie : <ul style="list-style-type: none"> • Concept d'efficacité énergétique • Production d'électricité : <ul style="list-style-type: none"> ○ à partir d'énergie fossile ; ○ à partir d'énergie nucléaire ; ○ à partir d'énergie renouvelable. • Identification et valorisation des particularités locales pour le choix d'une production d'énergie décentralisée : <ul style="list-style-type: none"> ○ éolien ; ○ solaire photovoltaïque ; ○ micro turbinage ; ○ pile à combustible. • Production de chaleur : <ul style="list-style-type: none"> ○ Par combustion (dont biomasse) ; ○ Par système thermodynamique (pompe à chaleur) ; ○ Par rayonnement solaire ; ○ Par conversion du vecteur électricité : • Production de chaleur et d'électricité par cogénération • Production de froid : <ul style="list-style-type: none"> ○ Par transformation thermodynamique • Conversion électromécanique : <ul style="list-style-type: none"> ○ Moteurs ○ Générateurs • Éclairage <ul style="list-style-type: none"> ○ Caractérisation des sources lumineuses ○ Critères d'utilisation pour la réponse à un besoin d'éclairage (projet d'éclairage) 				
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Écoulement des fluides. Régimes laminaire et turbulent. Fission nucléaire. Travail, puissance, rendement global.</i> • <i>Courant continu, courant alternatif polyphasé.</i> • <i>Photonique appliquée aux capteurs photovoltaïques.</i> • <i>Oxydoréduction.</i> • <i>Combustion stœchiométrique et oxydante (rejets associés : CO et CO₂). Rayonnement solaire.</i> • <i>Premier principe de la thermodynamique, cycle de Carnot. Changement de phase.</i> • <i>Loi de Laplace. Notion de couple thermique.</i> • <i>Photométrie. Incandescence. Fluorescence. Thermoluminescence. Propriétés spectrales.</i> 				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transformation d'information <ul style="list-style-type: none"> ○ Acquisition d'une grandeur physique et transduction ○ Architecture d'un microsystème : <ul style="list-style-type: none"> – 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, GRAFCET) ○ Modes de marche et d'arrêt ○ Conversions (CNA – CAN), codage, modem. 				
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Circuits RLC.</i> 				

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Déplacement de produits <ul style="list-style-type: none"> • Traction • Transitique • Levage • Ventilation • Pompage 				
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Couples résistants caractéristiques.</i> • <i>Accélération, vitesse, décélération, positionnement. Principe fondamental de la dynamique.</i> • <i>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.</i> • <i>Énergies cinétique, de pression et potentielle : théorème de Bernoulli. Pertes de charges. Notions de débit pression. Hauteur manométrique.</i> 				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Déplacement d'énergie <ul style="list-style-type: none"> • Transport et distribution d'énergie électrique : <ul style="list-style-type: none"> ○ Procédés de transformation du vecteur électricité (transformateurs et convertisseurs) ○ Procédés de transport du vecteur électricité : <ul style="list-style-type: none"> - architecture des réseaux ; - adaptation de la production à la consommation : paramètres fondamentaux tension fréquence ; - stabilité et qualité des réseaux ; - relèvement du facteur de puissance. ○ Procédés de gestion, protection et contrôle commande <ul style="list-style-type: none"> - 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. - 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 : <ul style="list-style-type: none"> ○ Réseau urbain ○ Réseau d'eau chaude basse température ○ Transfert par échangeur : modèle thermique équivalent • Comptage et facturation de l'énergie 				
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Loi d'Ohm généralisée. Décomposition en série de Fourier : harmoniques.</i> • <i>Représentation de Fresnel.</i> • <i>Théorèmes de superposition. Schéma équivalent de Thévenin, de Boucherot, de Millman.</i> • <i>Loi de Fourier (conduction), loi de Planck (rayonnement), loi de Newton (convection), coefficient thermique d'échange, calorimétrie.</i> 				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Déplacement d'informations <ul style="list-style-type: none"> • Protocoles de transmission : structures, supports (filaire, optique et radio), trames, boucles 0-10 V et 4-20 mA. • Adaptation d'impédance • Réseaux <ul style="list-style-type: none"> ○ Bus de terrain ○ Ethernet : Internet 				

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stockage de produits <ul style="list-style-type: none"> • Propriété des produits stockés : <ul style="list-style-type: none"> ○ Propriétés physico-chimiques ○ Propriétés bactériologiques : contamination bactérienne et parasitaire, cycle de maturation des produits climatiques. • Solutions de stockage : <ul style="list-style-type: none"> ○ Des gaz ○ Des liquides ○ Des solides 	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Capacité thermique. Conductivité. Acidité basicité (PH). Titre hydrotimétrique (Th). Dilatation. Couple électrolytique</i> 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stockage d'énergie électrique <ul style="list-style-type: none"> ○ Par principe chimique <ul style="list-style-type: none"> - Piles ; - 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 : <ul style="list-style-type: none"> - 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. ▪ Stockage d'énergie thermique <ul style="list-style-type: none"> - Sous forme sensible - Sous forme latente 	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Oxydoréduction, loi de comportement électrocinétique. Loi de Coulomb, pertes diélectriques. Loi de Faraday, loi de Lentz, pertes Joules. Inertie. Hydrostatique. Charge et décharge de condensateur.</i> 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stockage d'information <ul style="list-style-type: none"> • Mémorisation <ul style="list-style-type: none"> ○ Principes de base : <ul style="list-style-type: none"> - Bascules élémentaires ; - Caractère bistable ou monostable : pré positionnement d'état. ○ Technologies des mémoires (optique, électromagnétique et semi-conducteur) ○ Propriétés des mémoires : <ul style="list-style-type: none"> - Consommation ; - pérennité de l'information ; - temps d'accès, cycle de lecture - écriture, - densité d'information, capacité mémoire. 	

Précisions : La pertinence de l'étude d'un procédé est directement reliée à la pertinence de l'application qui demeure le sujet de l'approche de la spécialité « énergie et environnement ». Dans cette perspective, les « procédés élémentaires » sujets aux expérimentations sont extraits de l'application étudiée, ils conservent notamment des interfaces qui les relient à leur contexte en phase d'exploitation. 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), conservent donc une similitude comportementale et une homothétie dans les solutions constructives lors de l'expérimentation.

En conclusion, la modélisation fonctionnelle de l'application apparaît clairement comme une contrainte d'antériorité dans l'approche de l'expérimentation des procédés.

Pôle « Imagination et veille stratégique »

Ce pôle représente environ 20 % du temps de formation

Abordé dès la 1 ^{ère}	4 - Imagination et veille stratégique	Niveau			
		1	2	3	4
▼	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 4.1 Identification de lignées de produits et de systèmes <ul style="list-style-type: none"> ▪ Améliorations associées à une application : critères, indépendance des critères, évolution des performances, efficacité énergétique et niveau des rejets dans l'environnement. ▪ Sauts technologiques : identification et quantification des améliorations engendrées. 				
	<p>Précisions : Plusieurs lignées de produits ou de systèmes seront exploitées, toutes les lignées pourront être retenues comme sujet mais on s'efforcera de retenir celles qui présentent un sujet toujours d'actualité. Ainsi une lignée peut trouver ses racines dans la profondeur historique (exemple des application de pompage), une autre dans l'histoire récente des solutions modernes (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 voie, des données et des images dans la communication.</p>				
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 4.2 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 ▪ éléments d'analyse statistique : plans d'expérience • Statistiques 				
	<p>Précisions : L'approfondissement de ces notions 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 procurer une inter relation entre les différents membres de l'équipe de projet. Tout ou partie de ces différents outils pourra être mobilisé au service du projet.</p>				
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 4.3 Outils de recherche de l'information <ul style="list-style-type: none"> ▪ Moteurs de recherche ▪ Thésaurus ▪ Bibliographie 				
	<p>Précisions : La documentation attachée aux différentes recherches documentaires, notamment dans l'espace projet, fait l'objet d'un classement spécifique dont les items de sélection sont renseignés par 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.</p>				
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 4.4 Protection de l'innovation <ul style="list-style-type: none"> ▪ Marques ▪ Brevets 				
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 4.5 Démarche de projet <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ingénierie simultanée ▪ Cycle de vie du projet ▪ Santé et sécurité au travail, réglementation 				
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 4.6 Bases de données <ul style="list-style-type: none"> ▪ Critères de construction ▪ Hiérarchisation ▪ Indexation ▪ Diffusion ▪ Actualisation 				

Précisions : Les contenus de formation dispensés dans le pôle 4 concourent à structurer une activité d'équipe dans l'espace projet de la classe de terminale. Ces contenus sont donc mobilisés principalement lors du projet, ils permettent de donner une forme actuelle à la production du travail en équipe, notamment par l'emploi d'une base de données destinée à fédérer l'information et les expérimentations produites individuellement ou en équipe.

7 – Commentaires méthodologiques

Les formes d'énergie utilisées pour l'alimentation des systèmes peuvent être fossiles (pétrole, gaz, uranium pour combustible nucléaire) ou provenir de sources renouvelables (hydraulique, éolien, solaire, biomasse, géothermie, houle et marée). Toutes les formes d'énergie peuvent être produites et distribuées après transformation sur un réseau public et certaines peuvent être embarquées à bord d'un système autonome (électricité, gaz, fluide, pile à combustible). Par ailleurs, et pour atteindre des niveaux de rendement très élevés, elles peuvent être combinées par cogénération thermique et électrique.

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 ». Cependant, les besoins des hommes pour assurer leurs activités et leur confort, la consommation de l'énergie sous toutes ses formes, la gestion des bâtiments comme la nécessité de développer des habitats à haute qualité environnementale vis-à-vis des engagements internationaux de la France, seront des applications indispensables à développer. En effet, si l'électricité apparaît indispensable dans de nombreuses applications à haute valeur ajoutée il convient de valoriser les solutions spécifiques à l'habitat où le chauffage et l'emploi de l'eau chaude sanitaire n'apparaissent pas les seules applications pertinentes de l'électricité. Par ailleurs, l'espace habitat individuel ou collectif constitue l'ensemble géographique le plus étendu où il peut être pertinent d'expérimenter des solutions de production électrique répartie⁷.

Tout en offrant un espace suffisant d'investigations dans les domaines complémentaires représentés par les autres spécialités⁸, la possibilité est ainsi offerte d'activités concrètes dans un domaine particulier permettant l'acquisition, par la technologie, de connaissances et de compétences transférables à d'autres domaines.

La variété des usages, des environnements et des applications industrielles comme des applications liées à l'habitat, fournit un large domaine d'illustration lors de la mise en œuvre du projet. Les travaux, qui sont adossés au projet technique développé pour améliorer localement une application où l'énergie occupe une place importante, doivent compléter la formation technologique et permettre des croisements disciplinaires pertinents dans le pôle scientifique et avec l'ensemble des enseignements dispensés dans ce baccalauréat.

En effet, l'organisation en pôle scientifique, comprenant les mathématiques, les sciences appliquées et les sciences industrielles, s'élargit dans l'espace projet d'une durée de trois semaines au cours de l'année de terminale.

Le projet, dont la durée est équivalente à la mutualisation des horaires pour l'ensemble des disciplines pendant trois semaines, est à définir par l'équipe enseignante à partir d'une thématique susceptible de constituer un enjeu aux niveaux énergétique et environnemental.

Une première semaine 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 semaine 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 semaine est consacrée aux expérimentations nécessaires, à cet effet, et pour permettre de cerner les préparations matérielles nécessaires aux essais, il peut être nécessaire de scinder les semaines du projet. La dernière semaine est consacrée à mutualiser les expérimentations conduites et à réfléchir sur le moyen de promouvoir, à destination de tiers, les conclusions développées lors des travaux.

⁷ - Voir définition de l'habitat à « énergie positive » qui produit plus qu'il ne consomme d'énergie.

⁸ - Ingénierie Mécanique - Architecture et Construction - Ingénierie des Systèmes Automatiques – Information et Réseaux -

8 - Organisation horaire des enseignements

Enseignements obligatoires	Première			Terminale		
	Cours	TD	TP	Cours	TD	TP
Mathématiques	3	1	0	3	1	0
Sciences physiques et chimiques	3	0	3*	3	0	3*
Sciences et technologies						
<i>Étude des applications en génie électrique et énergétique :</i>						
GEE	2	0	7*	2	0	9*
<i>Éco-construction des systèmes : Éco construction</i>	1	0	3**	1	0	3**
Français	2	1	0			
Philosophie				1	1	0
Langue vivante 1	1	1	0	1	1	0
Histoire et géographie	2	0	0			
Éducation physique et sportive	2	0	0	2	0	0
Horaire élève attendu	32			31		
Options facultatives	Première			Terminale		
LV2	1	1	0	1	1	0

Commentaires :

* = en groupes de Travaux Pratiques d'ateliers (TP) effectif maxi 15 (situation actuelle des enseignements technologiques pratiques dans toutes les séries STI)

** = en groupes de TP, effectif maxi 20 (situation actuelle des enseignements de construction dans toutes les séries STI)

9 - Proposition de partition horaire en première et terminale (sciences industrielles)

Pôles	Sciences industrielles	Classe de première		Classe de terminale		Répartition horaire par pôle
		cours	TP	cours	TP	
<i>Eco conception des systèmes artificiels et gestion optimisée de l'énergie</i>	<i>Eco-cons. GEE</i>	20 0	40 30	10 0	21 30	151 h
<i>Étude comparée d'applications et de leurs contextes</i>	<i>Eco-cons. GEE</i>	0 30	10 80	0 20	20 91	251 h
<i>Analyse et validation de procédés</i>	<i>Eco-cons. GEE</i>	10 20	30 80	17 18	10 80	265 h
<i>Imagination et veille stratégique</i>	<i>Eco-cons. GEE</i>	0 10	10 20	0 16	30 42	128 h
<i>Projet technique en classe de terminale (3 semaines tous enseignements globalisés)</i>	<i>projet</i>			93 ⁽⁹⁾		93 h
<i>Sur la base de 30 semaines par année de formation</i>						795 h + projet

⁽⁹⁾ un document d'accompagnement permettra de mettre en place la stratégie pédagogique relative à la gestion du projet