



# éduscol



Ressources pour le lycée général et technologique

Ressources pour la classe de seconde  
générale et technologique

---

## Création et innovation technologiques

## Enseignement d'exploration

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

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

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

14 juin 2010  
(édition provisoire)

Ce document a été élaboré par :

Christophe Debernardi	Professeur agrégé de génie électrique
Benoit Jacquet	Professeur agrégé de mécanique
Philippe Lefebvre	Inspecteur d'Académie - Inspecteur Pédagogique Régional STI
Félix Smeyers	Inspecteur d'Académie - Inspecteur Pédagogique Régional STI
Philippe Taillard	Inspecteur d'Académie - Inspecteur Pédagogique Régional STI
Dominique Taraud	Inspecteur Général de l'Éducation Nationale, groupe STI

## Sommaire

### 1. Les finalités de l'enseignement

- a. Objectifs et positionnement de cet enseignement
- b. Commentaires relatifs aux compétences visées dans les programmes
- c. Commentaires sur les thématiques proposées dans le programme
- d. Typologie des innovations technologiques

### 2. Les activités pédagogiques

- a. Les approches proposées
- b. Les règles d'innovation
- c. Les études de cas
- d. Le projet de créativité technologique

### 3. L'organisation des enseignements

- a. L'organisation des activités
- b. La mutualisation des supports de formation

### 4. Les locaux et équipements

- a. Les locaux
- b. Les équipements
- c. Les supports pédagogiques

## Annexes pédagogiques :

Annexe 1 : Les principes d'innovation

Annexe 2 : Les lois d'évolution

Annexe 3 : Le brainstorming

Annexe 4 : Les fiches descriptives des activités

# 1. Les finalités de l'enseignement

## a. Objectifs et positionnement de l'enseignement

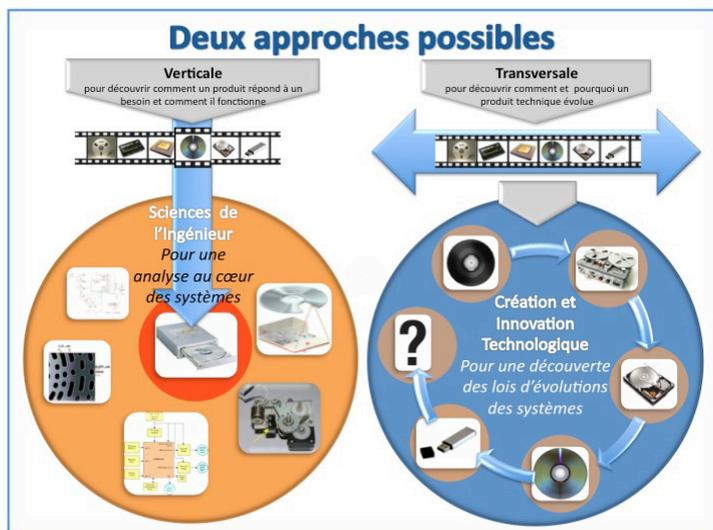
Le principal objectif de l'enseignement de Création et d'Innovation Technologiques (CIT) est l'étude des innovations, des lois d'évolution et de la créativité, associées aux évolutions des produits et systèmes technologiques de notre société.

Le lien entre innovation technologique et production de richesses économiques rapproche également cet enseignement de CIT des enseignements d'exploration des domaines économiques.

Les spécificités de cet enseignement peuvent être résumées par les points suivants :

- Étudier
  - l'évolution technologique d'un produit replacé dans son contexte d'évolution,
  - l'impact d'une innovation technologique sur l'évolution de produits différents ou les innovations en cours relatives à de grands thèmes de notre société ;
- Identifier les lois et principes scientifiques et technologiques qui ont permis ces évolutions ;
- Découvrir et analyser certains de ces principes, pour mesurer et constater des améliorations, des limitations ;
- Découvrir des lois d'évolution des produits, justifier leur complexité grandissante et la nécessité d'une approche globale et pluri technologique ;
- Associer aux innovations des fonctions professionnelles, des métiers et des entreprises, pour comprendre que l'innovation concerne chaque entreprise, chaque domaine professionnel ;
- Participer activement au choix d'orientation de l'élève et à la construction de son parcours de formation.

Le schéma ci-dessous illustre les deux approches des enseignements de CIT et de SI, complémentaires mais indépendantes.



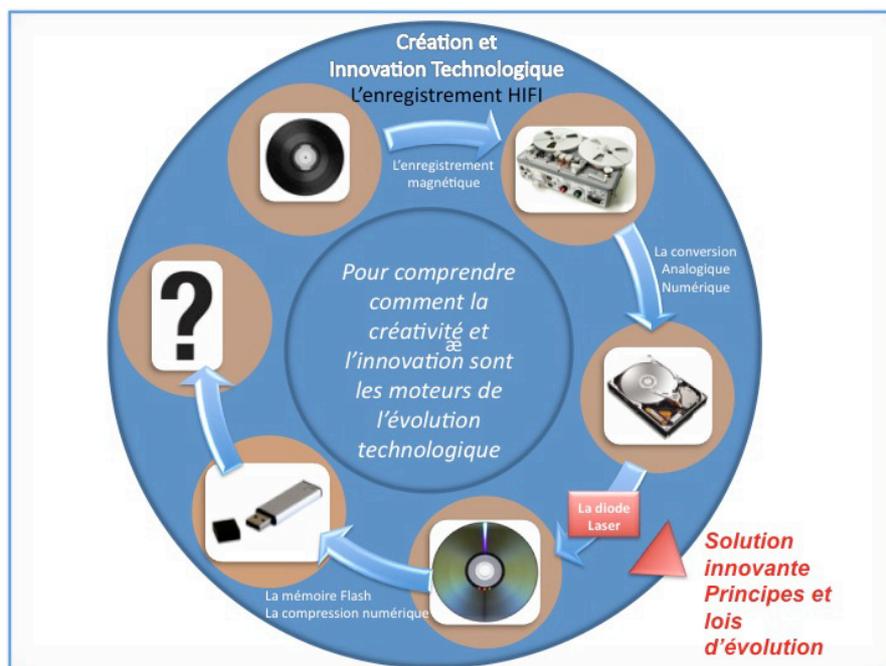
L'enseignement de CIT s'appuie sur tous types de supports représentatifs d'une ou plusieurs innovations technologiques, quelles que soient leurs origines techniques. Cette ouverture permet d'installer un enseignement ouvert vers tous les champs technologiques qui seront proposés dans le baccalauréat technologique STI2D.

L'enseignement délivré s'appuie essentiellement sur des supports techniques réels et/ou virtuels, facilement accessibles et peu coûteux, qui n'exigent pas de spécifications particulières des locaux, en dehors de l'utilisation systématique d'outils informatiques et, éventuellement, d'un nombre limité de dispositifs expérimentaux simples. Ceci permet d'implanter cet enseignement dans les lycées généraux sans spécificité industrielle, et les établissements technologiques industriels actuels, quelles que soient leurs spécialités.

Cet enseignement est donc différent de celui de Sciences de l'Ingénieur, qui s'intéresse plus spécifiquement à l'analyse et au fonctionnement d'un système technologique particulier répondant à un besoin de la société.

## Le concept d'innovation technologique

Les entreprises évoluent au sein d'un marché fortement concurrentiel. Une des clés de leur développement consiste à répondre aux besoins avérés ou suggérés en développant des produits innovants.



La figure ci-dessus illustre le concept général de l'enseignement de CIT, s'appuyant ici sur l'exemple de l'enregistrement de données sonores et permettant d'identifier et de comprendre les principes de grandes innovations.

Dans cet exemple, l'approche « par le produit » proposée dans le programme permet d'isoler un support technique, (un lecteur de CD ROM) et d'identifier les innovations technologiques :

- soit antérieures (invention du laser, innovation technologique de la diode laser, généralisation du principe technologique de numérisation, amélioration des solutions techniques d'asservissement et de traitement des données) ;
- soit postérieures (développement des mémoires flash, abandon des solutions mécaniques avec asservissement d'une partie mobile, miniaturisation de l'unité de stockage, etc.).

L'analyse de l'innovation technologique permet de distinguer plusieurs formes de base :

- **L'innovation de rupture**, qui bouleverse des pratiques installées à partir de l'industrialisation d'un nouveau produit ou système (Internet en est un bel exemple) ;
- **L'innovation « incrémentale »**, plus modeste, qui participe à l'évolution des produits sans modifier en profondeur les pratiques en cours.

**Remarque** : l'approche CIT ne doit pas être confondue avec l'histoire des solutions techniques proposée en technologie au collège. Ici, ce sont bien les principes scientifiques et technologiques qui ont permis les innovations et les évolutions qui doivent être appréhendés et analysés. En effet, le niveau scientifique des lycéens leur permet, dès la classe de seconde, de relier des concepts scientifiques et technologiques. Dans l'approche « Produit » d'une innovation, par exemple, il s'agira de limiter l'étude à 2 ou 3 produits significatifs sans rechercher systématiquement à dresser une classification historique complète des évolutions.

Un même produit peut être étudié en Sciences de l'Ingénieur et en Création et Innovation Technologique, ces deux enseignements proposant des approches différentes des systèmes techniques. Toutefois les élèves suivant par dérogation les deux enseignements ne doivent pas être systématiquement dans cette situation.

Cet enseignement d'exploration doit aussi permettre des ouvertures vers l'extérieur de l'établissement, les entreprises, l'orientation et les métiers, les réalités économiques, sociales, etc.

### **L'ouverture vers les entreprises**

L'exploration des compétences proposées peut avantageusement s'ouvrir sur l'extérieur du lycée, au contact des entreprises locales, de rencontres avec des experts et des professionnels capables de témoigner de l'intérêt de la créativité et de l'innovation.

À ce niveau, il peut être très intéressant d'analyser les innovations technologiques mises en œuvre dans des entreprises locales (département, région) pour prouver que ces concepts ne sont pas réservés aux grands groupes industriels mais qu'ils s'appliquent aussi dans des PME et PMI, voire dans la création d'entreprises.

L'établissement public OSÉO, en charge de l'aide à l'innovation aux entreprises nationales, permet d'identifier des entreprises innovantes locales (<http://www.oseo.fr/>).

### **La découverte de l'innovation, de la propriété industrielle et de la normalisation**

La créativité et l'innovation technologique industrielle vont de pair avec la propriété industrielle, le dépôt de brevets et la protection des innovations, les stratégies de normalisation. L'intérêt de ces composantes doit être perçu très tôt par les élèves, qui peuvent rencontrer des exemples de brevets, les avantages mais aussi les limites de ce type de protection intellectuelle. Les stages proposés par l'INPI (Institut National Propriété Industrielle) et par l'AFNOR aideront les enseignants à parfaire leurs connaissances de ces domaines, à découvrir des exemples concrets d'entreprises s'appuyant sur ces outils pour innover ou ayant connu de réelles difficultés de ne pas l'avoir fait (<http://www.inpi.fr>), site AFNOR ouvert en septembre 2010.

### **La prise en compte de l'orientation**

L'enseignement d'exploration tient un rôle important dans l'information et la sensibilisation des élèves à leur processus d'orientation et à leur futur parcours de formation, pour le cycle terminal comme pour les études supérieures après le baccalauréat.

Il doit être le moment privilégié pour faire découvrir aux élèves l'intérêt, l'intelligence, l'imagination dont doivent faire preuve techniciens et ingénieurs pour inventer, concevoir, améliorer des produits techniques dans un contexte permanent de développement durable. Les rencontres d'industriels et d'experts évoqués précédemment peuvent être complétées par des rencontres avec des chercheurs, des enseignants, qui pourront décrire et expliquer leurs parcours de formation, les qualités attendues, les connaissances mobilisées dans leur vie professionnelle comme dans leur formation.

Cette composante de l'orientation, de la découverte de métiers, de fonctions et de parcours pourra être intégrée dans la soutenance associée à chaque phase de l'enseignement (découvertes et analyse d'innovations technologiques et phase de projet de créativité technologique).

### **L'intervention d'experts**

Cet enseignement permet aussi d'inviter différents experts à venir témoigner et enrichir la culture des élèves. Ces experts peuvent être des enseignants d'autres disciplines (sciences, économie, arts appliqués, sciences, philosophie, etc.), comme des industriels (chefs d'entreprise, ingénieurs, chercheurs, directeurs de bureau d'étude, etc.).

Ces interventions peuvent prendre différentes formes : débat préparé dans la classe, conférence devant plusieurs groupes, visite dans une entreprise...

## **b. Commentaires relatifs aux compétences visées dans les programmes**

L'enseignement d'exploration n'a pas comme objectif de faire acquérir des compétences précises et des connaissances associées dans le domaine des Sciences et techniques Industrielles.

Pour découvrir un domaine de formation particulier STI2D, les fonctions techniques et professionnelles associées, des métiers et des formations post baccalauréat envisageables, cet enseignement définit des compétences, des notions à aborder concrètement et des activités spécifiques.

Les trois champs technologiques abordés (Matériaux & Structures, Énergie et Information) visent à poursuivre l'approche technologique large du collège tout en approfondissant les relations entre les Sciences et la Technologie, par l'approche des concepts d'innovation industrielle.

Cet axe principal de la formation induit de pouvoir communiquer, et donc d'utiliser certains codes et langages propres aux techniciens déjà abordés au collège. Elle implique aussi de vivre concrètement une expérience de créativité technologique, amenant à comprendre que les démarches techniques de création, de conception et de réalisation sont indispensables et s'inscrivent naturellement dans les fonctions d'une entreprise.

Les commentaires qui suivent expliquent chaque compétence proposée dans le programme.

### **Compétence 1 : Acquérir les bases d'une culture de l'innovation technologique**

Il ne s'agit pas, dans cet enseignement, de dispenser un cours théorique sur les définitions et applications des notions de marché, de compétitivité, de besoin, de fonction, de coût et de valeur. Il faut s'appuyer sur ce qui a été acquis au collège et « mettre en situation » ces notions dans l'analyse d'études de cas concrètes, posant un questionnement large à un groupe d'élèves, les obligeant à rechercher des informations, réunir une documentation, partager des hypothèses, les valider, etc.

Les élèves doivent se trouver en position de démarche d'investigation (déjà utilisée au collège) ou de démarche de résolution d'un problème technique, et vivre pleinement toutes les étapes de ces démarches, accompagnées par l'enseignant.

Ces démarches visent à identifier, dans chaque situation proposée, des améliorations, des innovations de rupture, des découvertes, des inventions pour comprendre que la performance d'un secteur industriel et économique est étroitement associée à sa capacité à innover.

Ceci passe naturellement par une analyse historique succincte de l'évolution d'un produit (liens avec les évolutions des savoirs scientifiques et techniques) et la prise en compte de contraintes (sociales, économiques, culturelles) dans son développement.

Pour aider les enseignants et les élèves à identifier des facteurs d'innovation, ce document propose d'utiliser des concepts issus d'une méthode structurée de créativité, appelée TRIZ (acronyme russe de la « Théorie de résolution des problèmes inventifs »). L'utilisation des lois d'évolution et de principes d'évolution définis dans cette théorie n'implique pas, avec les élèves, l'étude ou l'application de cette théorie et d'outils de créativité qui y sont associés. S'il n'est pas envisagé de traiter et d'appliquer cette méthode à ce niveau de formation (compte tenu de la culture technique minimale qu'elle exige), il semble intéressant d'amener les élèves à identifier simplement un certain nombre de lois, de principes et de contradictions mis en œuvre dans l'évolution d'un produit. Chaque fois qu'un élève trouve et formalise les oppositions cachées au cœur d'un problème à résoudre, il développe une analyse technique et scientifique intéressante, qui relève de démarches technologiques enrichissantes et transversales. L'identification de paramètres dont les évolutions sont alors contradictoires (l'amélioration de l'un entraînant la dégradation de l'autre) permet aux élèves de découvrir les liens et les différences entre démarches scientifiques et technologiques et de comprendre que toute création technique passe obligatoirement par des arbitrages de ce type.

**Voir annexes 1 et 2 : Principes d'innovation et Lois d'évolution**

### **Compétence 2 : Communiquer ses intentions**

L'innovation technologique et la créativité impliquent de réelles capacités de communication, entre techniciens (à l'interne d'une structure) et à l'externe (pour expliquer et convaincre). Cette communication, externe et interne, exige la connaissance de certains codes techniques de représentation (schémas techniques, logigrammes, etc.) bien connus des enseignants et déjà abordés au collège.

L'introduction des concepts d'innovation et de créativité va impliquer la capacité d'exprimer une nouvelle dimension de la communication, celle consistant à construire un argumentaire, une analyse logique structurée permettant d'expliquer, mais aussi d'affiner sa pensée, de corriger des incompréhensions, de répartir le travail, de rendre compte en « temps réel » du déroulement d'une réflexion, d'une activité.

Cette capacité, peu abordée et pas du tout développée jusqu'ici dans les enseignements technologiques industriels (sauf en fin d'études secondaires à travers la soutenance d'un projet de BTS, par exemple), aura tout avantage à s'appuyer sur l'utilisation de cartes mentales (ou cartes heuristiques) qui présentent deux avantages :

- le premier est d'être un outil numérique très flexible, pouvant être accessible à tous en temps réel sur un réseau, permettant de présenter un travail de manière progressive et structurée. Une carte mentale peut devenir le support principal des activités d'un travail de groupe, être enregistrée régulièrement pour illustrer la progressivité d'une réflexion et devenir le centre d'une recherche collective qui matérialise ses progrès par la mise en ligne de documents numériques de tous types dans un environnement structuré et structurant ;
- le second est qu'il impose aux rédacteurs (l'enseignant qui prépare une étude de cas, une équipe d'élèves en action lors d'une étude de cas ou durant le projet) de structurer leur pensée sans limiter leur recherche à une démarche obligatoirement linéaire et séquentielle.

Les simulations de comportement d'un système, que ce soit du point de vue de la structure (matérielle et immatérielle), du fonctionnement (pour identifier les paramètres importants, estimer leur influence, constater des avantages et des inconvénients) sont aussi des éléments de communication importants, que les élèves

doivent apprendre à utiliser (et non à construire, ce qu'ils feront plus tard s'ils poursuivent dans des formations industrielles).

D'une manière générale, la « virtualisation » des systèmes étudiés doit être recherchée, **en complément d'un système réel existant** (situation idéale) ou seule, ce qui permet d'étudier des systèmes difficiles ou impossibles à installer dans une salle de classe.

La manipulation « maîtrisée » d'outils de simulation est un apprentissage intéressant, qui permet d'obtenir rapidement un résultat sans devoir mener des calculs longs ou hors de portée d'un élève de seconde. Elle contribue à apporter progressivement une démarche de rigueur indispensable à un enseignement scientifique et technologique.

### Compétence 3 : Mettre en œuvre une démarche de créativité

Il faut, ici, clarifier plusieurs termes qui risquent d'induire certaines confusions : créativité et création, démarche et résultat.

La créativité n'est pas la création. C'est une démarche intellectuelle, culturelle, une disposition ou un état d'esprit qui amène une personne à essayer de créer... Lorsqu'elle y parvient, on peut alors dire qu'il y a création.

La créativité technologique est spécifique, elle s'applique aux produits et systèmes techniques et exige, dans le monde industriel, de posséder une véritable culture technique sur laquelle on pourra s'appuyer pour proposer des solutions réalistes.

Ce premier constat montre bien qu'il n'est pas possible d'exiger des élèves qu'ils vivent une démarche de créativité en classe de seconde pour obtenir un résultat technologiquement pertinent !

Cela permet d'aborder la seconde confusion évoquée : démarche n'est pas résultat.

Contrairement au monde de l'entreprise, qui est confronté en permanence à une obligation de résultat, un enseignement exploratoire ne peut pas répondre à cette obligation et doit se contenter de proposer de « vivre une démarche ».

C'est donc la démarche de créativité technologique qui est recherchée et non son résultat.

Il faut donc accepter, dans cette phase d'enseignement, de limiter les ambitions au vécu d'une approche, d'une démarche, qui montrera à un groupe d'élèves, que l'innovation n'est pas facile, qu'elle peut s'appuyer sur des méthodes identifiées (et bien décrites dans les documents issus des organismes nationaux de développement de l'innovation de type OSEO, (<http://www.oseo.fr/>) et qu'elle exige imagination et connaissances ainsi que le déblocage de freins psychologiques toujours présents. L'annexe 3 décrit les principaux éléments du brainstorming qui aideront les professeurs à construire des phases de créativité dans les séances d'enseignement.

## c. Commentaires sur les thématiques proposées dans le programme

Comme cela est indiqué dans le programme, les thématiques proposées ne sont pas imposées mais simplement proposées pour aider enseignants et élèves à s'intéresser à tous les champs techniques pouvant donner lieu à l'analyse d'une innovation ou à un projet de créativité technologique.

Thèmes généraux	Exemples d'études
La mobilité	Les véhicules individuels et les transports collectifs, les énergies utilisées, le pilotage et la sécurité, ...
Le sport	Les sports de glisse, mécaniques, etc, les matériaux et vêtements techniques, la mesure de performance, ...
La santé	L'imagerie, l'investigation physiologique, l'observation non invasive, l'assistance à l'intervention médicale, ...
L'habitat	La performance énergétique, la maison à énergie positive passive, la domotique, ...
L'énergie	Les énergies renouvelables, le stockage et la distribution, ...
La communication	La téléphonie, les interfaces de communication, les réseaux...
La culture et les loisirs	Le son et l'image, les jeux vidéo, les musées en ligne, ...
Les infrastructures	Les viaducs, les tours, les tunnels...
La bionique	Prothèses, robots humanoïdes, drones, solutions techniques recopiant le vivant,...
La dématérialisation des biens et des services	Monnaie; réservation en ligne, bureau virtuel, ...

La liste ci-avant, proposée dans le programme, montre bien l'abandon de la prédominance « historique » de l'étude des dispositifs et des moyens de production des biens manufacturés ou des constructions. Les thèmes portent sur les systèmes techniques présents dans l'environnement des élèves.

Le programme propose les grands domaines technologiques suivants :

### **La mobilité**

- *Les véhicules individuels et les transports collectifs, les énergies utilisées, le pilotage et la sécurité ...*

Ce domaine est riche d'innovations permanentes, relevant de besoins d'amélioration des conditions d'utilisation, de sécurité comme des évolutions existantes et à venir sur les modes de propulsion, les économies d'énergie et la diminution des impacts écologiques de ce secteur en constante augmentation. Il permet aussi d'intégrer l'importance des besoins induits ou suggérés, associés au design produit, aux effets de mode, de style. Il permet d'aborder tous les types d'innovations et toutes les approches et reste un domaine où la technologie doit affronter de véritables questions sociologiques et environnementales.

### **Le sport**

- *Les sports de glisse, mécaniques, etc. Les matériaux et vêtements techniques, la mesure de performance, ...*

Le domaine des sports, dans sa course aux performances et les enjeux économiques et sociaux qui l'accompagnent, offre un champ permanent d'innovations technologiques. Ces dernières concernent essentiellement les innovations de produits, créées grâce aux évolutions des matériaux, engendrant parfois des questions sociétales intéressantes (comme, par exemple, l'apparition des combinaisons pour nageurs liées à l'utilisation d'un matériau améliorant la flottabilité et la glisse). Ce domaine est proche des élèves, il privilégie largement l'énergie humaine et permet d'aborder facilement des supports techniques privilégiant les innovations du domaine des matériaux et des structures.

### **La santé**

- *L'imagerie, l'investigation physiologique, l'observation non invasive, l'assistance à l'intervention médicale, ...*

Cette thématique permet d'aborder de nombreux types de supports liés directement à l'Homme : maintien de sa forme (appareillages divers de musculation, d'exercices physiques), mesure de caractéristiques physiologiques (température, tensions, poids, etc.), imagerie médicale et ses progrès extraordinaires. Tous ces produits ont évolué pour devenir automatiques, simples à utiliser et très sûrs.

### **L'habitat**

- *La performance énergétique, la maison à énergie positive passive, la domotique, ...*

Ce domaine concerne chacun, permet l'analyse de produits et systèmes techniques courants mais dont on connaît finalement mal les principes scientifiques et technologiques associés (régulation, notions de confort, bilans thermiques et images thermographiques, acoustique, éclairages, etc.). Cette thématique, qui relève pleinement des décisions politiques récentes liées directement au développement durable, à l'efficacité énergétique et aux bilans écologiques, est porteuse de constantes évolutions presque toujours associées à des innovations technologiques.

### **L'énergie**

- *Les énergies renouvelables, le stockage et la distribution, ...*

Cette thématique devient incontournable dans notre société toujours plus consommatrice d'énergie et dont les sources d'énergie s'épuisent. Tous les domaines techniques sont concernés, transports, habitat, communications, transformations industrielles, productions d'énergies à partir des sources renouvelables, etc.

Les innovations envisagées ou déjà mises en œuvre pour produire, récupérer, économiser, transformer l'énergie sont nombreuses et s'inscrivent dans une des grandes priorités du siècle en cours.

### **La communication**

- *La téléphonie, les interfaces de communication, les réseaux, ...*

Ce domaine est représentatif des évolutions technologiques les plus récentes et les plus présentes... le développement extraordinaire de l'Internet, des réseaux de communication GSM (Global System for Mobile Communications), permettent de créer de nouveaux services, des systèmes globaux intégrant des innovations produit et des innovations technologiques. Les produits innovants de ce domaine, telles que les puces RFID (Radio Frequency Identification), l'intégration de nombreux services nouveaux dans un

téléphone, par exemple, se retrouvent dans de nombreuses applications de chaque jour, modifiant en profondeur nos pratiques sociales, culturelles, professionnelles tout en nous interpellant sur les conséquences de leur développement sur notre santé, l'évolution des relations sociales et humaines...

### **La culture et les loisirs**

- *Le son et l'image, les jeux vidéo, les musées en ligne, ...*

En lien direct avec le domaine de la communication, cette thématique prend une place de plus en plus importante dans les sociétés « avancées »... en particulier chez les jeunes qui sont « nés » dans une civilisation de l'image, du virtuel, de l'omniprésence du concept de « Voies, Données, Images » (VDI) qui fait partie de leur quotidien. Les innovations ont été particulièrement nombreuses dans ce domaine avec l'explosion du « numérique » qui a supplanté tous les systèmes d'acquisition, de traitement, de transport et de restitutions analogiques. Appareils de prise de vue et de restitution des images fixes et animées, d'enregistrement et de restitution sonores, de transferts de données évoluent en permanence dans des logiques commerciales qu'il faut savoir analyser...

### **Les infrastructures**

- *Les viaducs, les tours, les tunnels...*

Les grands ouvrages sont une caractéristique constante du développement des sociétés. Les innovations techniques sont indispensables au développement d'ouvrages d'arts spectaculaires, rassemblant sur un seul site de nombreuses solutions techniques nouvelles, exigeantes en recherche et développement car souvent mises en œuvre pour la première fois. Plus localement, chaque ouvrage est l'occasion d'une étude spécifique, entraînant des contraintes particulières qui en font un « objet » unique et visible de tous.

Même si des sites très connus comme le viaduc de Millau, des tours ou des tunnels ne peuvent être étudiés que sur dossier, leurs caractéristiques uniques et les solutions innovantes utilisées font de ces supports des thèmes intéressants que les moyens vidéo actuels permettent d'étudier dans un cadre scolaire.

### **La bionique**

- *Prothèses, robots humanoïdes, drones, solutions techniques recopiant le vivant,...*

Cette thématique, qui est au croisement de plusieurs champs disciplinaires (sciences physiques et chimiques, sciences de la vie et technologie), est en plein développement. La miniaturisation des solutions techniques, l'analyse et la recopie des modes de fonctionnement du vivant permettent de créer des objets qu'il était inconcevable d'imaginer, et de fabriquer il y a quelques années. Cette approche s'intéresse à de nombreux domaines, comme la robotique (en créant des robots reproduisant les structures vivantes), à la médecine (aide au handicap, prothèses, etc.), à la surveillance (drones), aux déplacements (systèmes de propulsion de navires), aux travaux dangereux...

### **La dématérialisation des biens et des services**

- *Monnaie, réservation en ligne, bureau virtuel...*

Ce domaine est étroitement lié à celui de la communication et des échanges sociaux. Il concerne un certain nombre de grandes activités humaines caractéristiques d'échanges concernant la vie sociale, culturelle, professionnelle...

Les secteurs bancaires, des loisirs (voyages, spectacles, musique, films), les administrations développent des services en ligne qui dématérialisent des activités traditionnelles.

Cette thématique devient de plus en plus présente dans nos sociétés, elle utilise des solutions techniques relatives aux systèmes d'information et au numérique, à la communication avec l'utilisation des réseaux, à la protection des données, au cryptage, etc.

## **d. Typologie des innovations technologiques**

Le concept d'innovation, même limité aux domaines technologiques industriels, reste très ouvert et intègre de multiples formes, souvent associées à d'autres concepts des domaines économiques, artistiques, culturels, sociaux, etc.

Pour aider les enseignants à mieux cerner les exemples pertinents à proposer aux élèves, il peut être utile de s'appuyer sur la typologie suivante, construite sur 3 niveaux.

**Le niveau de l'innovation technique** permet, à partir d'une invention, d'une découverte ou d'une innovation, de créer un produit ou un système technique nouveau. C'est, par exemple, la diode laser, apparue bien après l'invention du laser, qui a été industrialisée, fabriquée en série et qui a permis son intégration dans des produits de restitution du son enregistré de façon numérique. Ce peut être aussi les

composants MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems), qui permettent de réaliser des fonctions classiques dans des supports de taille très réduite pour des coûts faibles, qui peuvent être incorporés à des systèmes pour les faire évoluer (exemple de certaines consoles de jeux utilisant un système capable de détecter la position, l'orientation et la vitesse de mouvements dans l'espace de la manette, celles-ci intègrent des accéléromètres réalisés dans cette technologie). Dans ce cas, c'est le procédé qui est innovant et qui crée la rupture technologique permettant l'innovation. Les innovations de rupture technique relèvent donc de deux catégories, parfois associées, l'innovation produit, proposant un produit nouveau réalisé avec des procédés connus, et l'innovation de « process », qui permet de créer un produit connu mais avec un procédé innovant.

- **Exemple d'un accéléromètre en technologie MEMS** : cette innovation technologique permet la mesure d'une vitesse angulaire, en remplacement d'un gyromètre mécanique classique utilisant le principe d'inertie, par un composant à structure vibrante en technologie silicium micro-usinée (MEMS) de quelques millimètres carrés, qui utilise la propriété de l'accélération de Coriolis d'un corps en rotation.

Dans cette innovation, le changement de principe physique a permis l'invention du produit et la miniaturisation du procédé de gravure des circuits intégrés a permis l'innovation technique.

**Le niveau de l'innovation d'intégration technique** aboutit à un produit innovant répondant à un besoin donné, existant, suggéré ou même créé de toute pièce. Dans ce cas, les solutions techniques assemblées pour créer un produit innovant sont connues et existent, le produit ne faisant que les utiliser et les agencer d'une façon nouvelle, amenant à une innovation. Beaucoup de produits répondant à des phénomènes de mode appartiennent à cette catégorie. Dans ce cas, le « design » joue également un rôle important et l'innovation est parfois autant « marketing » que technique. Le gyropode, par exemple, relève de cette catégorie de produits. Il répond au besoin particulier du déplacement individuel assisté et propose une solution globale innovante, qui crée une rupture par rapport aux solutions antérieures. La principale innovation est le pilotage très sophistiqué d'un équilibre instable permanent, géré par une informatique embarquée puissante intégrant, pour pouvoir fonctionner, 5 gyroscopes. Si la technologie des MEMS n'avait pas permis de réaliser ces gyroscopes de petite taille et à un prix abordable, le gyropode n'existerait pas.

Ce produit est donc une innovation d'intégration, utilisant des technologies connues plus ou moins innovantes, dans une approche innovante.

Il en est de même, par exemple, pour un sèche-mains récent, qui, à partir de composants classiques, met en application une façon innovante de sécher les mains mouillées d'une personne... en appliquant un principe physique bien connu (celui du flux laminaire crée par un fluide) à un nouveau contexte.

**Le niveau de l'innovation globale et la création d'un système global** (appelé « super système » dans la méthode TRIZ). Cette situation est une extrapolation de la situation précédente d'intégration, lorsqu'elle est associée à un modèle économique de développement pour aboutir à un système technique global (appelée aussi super système dans la théorie TRIZ). Dans ce cas, les solutions techniques existent, mais c'est la réponse à un besoin global, souvent collectif, qui est recherché et qui a besoin d'un modèle économique particulier pour être viable et exister. Le système « Vélib » développé à Paris et dans des grandes villes, correspond à ce type d'innovation. Dans cet exemple, toutes les solutions techniques mises en cohérence existent (le vélo, la carte à puce pour l'utiliser, le réseau internet pour communiquer, etc.) et c'est le modèle économique retenu (location très flexible d'un vélo, sans personnel, à partir de bornes réparties sur un maillage géographique dense) qui crée le système technique. Les seules créations techniques restent sans doute mineures comme le système d'accrochage du vélo sur sa borne ou l'écriture des programmes de gestion temps réel du parc de vélos et des stations de parking.

Beaucoup des grandes innovations technologiques de ces dernières années relèvent de ce concept de système global, qui permet, lorsque l'évolution d'un produit est arrivée au bout de ses possibilités, de continuer à innover en intégrant ce produit dans un système plus large, qui répond à un besoin nouveau.

L'invention du GPS, de la carte à puce, des puces RFID passives, des communications GSM et la téléphonie mobile crée des conditions favorables à l'expansion de ce type d'innovations.

- **Exemple** : l'intégration de la téléphonie mobile. Avec plusieurs millions de « Smartphones » vendus depuis son lancement, les éditeurs voient dans ce marché un important vivier de clients potentiels. Avec leurs magasins en ligne, les constructeurs de téléphones ont proposé aux utilisateurs de faire leurs courses dans le grand marché des médias. Les éditeurs soit séduits par le concept, soit contraints par la concurrence, ont tous développé des applications pour tenir leur place dans ce marché très concurrentiel.

## **La composante « design » des produits**

Les démarches d'innovation des produits industriels manufacturés induisent la prise en compte de nombreuses compétences allant de la conception des produits, du choix et de l'agencement des composants, des matériaux et des procédés jusqu'à la prise en compte du ressenti des utilisateurs, sollicitant leurs sens (comme la vue au niveau des formes et de l'esthétique et comme le toucher, en rapport avec les matériaux retenus), leurs capacités d'utilisation et leur perception globale du produit.

Cette approche globale permet de concevoir et de fabriquer des produits qui, en plus d'être fonctionnels et de répondre aux besoins des utilisateurs, doivent être :

- facilement identifiables en terme d'image « extérieure » (les marques automobiles, par exemple, accordent beaucoup d'importance à la conception de formes globales ou de détails précis qui permettent de les identifier très rapidement) ce qui correspond généralement à un effet de mode ;
- ergonomiques, ce qui permet de faciliter leur utilisation et de garantir la sécurité des personnes ainsi que leur intégration dans l'environnement des utilisateurs.

Cette approche globale, intégrant des démarches techniques, réglementaires autant qu'esthétiques et ergonomiques est développée dans le concept de design industriel qui fait maintenant partie intégrale des préoccupations des techniciens.

Le mot design est intéressant car il est proche des mots « dessein » et « dessin ». Le premier exprime l'intention du concepteur, l'organisation et l'agencement global du produit, ses formes, son aspect ressenti et son ergonomie. Le second pourrait correspondre au travail du technicien qui va proposer les solutions constructives, définir précisément les composants, les matériaux et la définition précise du produit devant répondre aux attentes et aux desseins du concepteur.

Toute proportion gardée, on peut comparer ces deux approches intégrées dans le design industriel aux métiers complémentaires d'architecte et d'ingénieur du génie civil et du bâtiment, dont les rôles sont différenciés mais étroitement liés. D'ailleurs, dans les pays anglo-saxons, le terme design s'applique indifféremment aux activités de conception technique ou de réflexion sur les formes, l'esthétique et l'ergonomie des produits (littéralement le mot « design » se traduit en français par « conception »).

Il n'est pas envisagé, dans le programme de cet enseignement, de développer des connaissances approfondies dans le domaine du design industriel ou de l'architecture. Des formations spécifiques relevant des Arts Appliqués le proposent. En revanche il n'est plus possible d'ignorer complètement cette composante fondamentale de la conception et de la commercialisation des produits manufacturés et des ouvrages dans une formation de base s'intéressant aux produits techniques et aux innovations associées.

Les produits techniques les plus sensibles aux approches design sont sans contexte les biens personnels, achetés par un individu sensible à une ligne, une mode autant qu'à des fonctions, des performances et des contraintes de fiabilité et d'utilisation. La miniaturisation de certains de ces objets, associée à des politiques marketings engendrant un renouvellement permanent des produits favorisant les modifications externes, rend les élèves très concernés par cette approche.

De plus, le design s'intéresse depuis longtemps à des systèmes moins « grand public » et de nombreux fabricants de produits techniques demandent à leurs concepteurs de collaborer avec des « designers », ce qui induit souvent des innovations intéressantes, dans les formes et dans l'aspect perçu des produits comme dans leur structuration et leur ergonomie.

Il reviendra donc aux professeurs d'intégrer cette composante chaque fois que l'étude d'un produit industriel le permettra. Cela pourra avantageusement se faire lors de l'analyse des liens qui peuvent être identifiés entre les fonctions d'un produit, sa structure, son architecture, ses formes et son aspect perçu.

Cette démarche peut aussi être enrichie par l'analyse de lignées et de familles de produits relative à un objet technique étudié. Lorsqu'on observe l'évolution technique, ergonomique et esthétique de certains objets, on peut constater qu'ils subissent globalement :

- des évolutions de leur structure « interne », associées souvent à des évolutions technologiques permettant de résoudre une fonction d'usage donnée d'une manière différente (une invention ou une innovation technique permet de changer la technologie et de rendre le même usage avec une structure interne de produit différente) ;
- des évolutions « externes », intervenant sur l'aspect perçu du produit et sur son ergonomie, pouvant parfois se limiter à un simple « carénage extérieur » mais pouvant aller jusqu'à repenser complètement les fonctions, les formes et l'utilisation du système.

Très souvent, pour une lignée de produits donnée, ces évolutions « internes » et « externes » se mélangent et inter opèrent étroitement. Les dernières évolutions techniques permettent, par exemple, d'intégrer fortement l'informatique dans de nombreux produits, automatisés ou non auparavant, ce qui modifie à la fois leurs fonctionnalités et leur conception interne, mais également leur utilisation, leur conception externe ainsi que la perception des utilisateurs. Les exemples du « baladeur » (passant d'un concentré électromécanique à un objet purement électronique et informatique) et de la téléphonie en sont des illustrations. Bien que cette démarche ne forme pas les élèves aux fondamentaux plastiques et philosophiques du design (ce qui ne relève pas de cet enseignement), elle leur permettra de découvrir que cette composante existe et qu'elle doit être prise en compte. Cette réflexion technique peut s'ouvrir aussi sur des avis d'experts apportant des points de vue spécifiques, culturels, techniques, économiques, etc.

## 2. Les activités pédagogiques

### a. Les approches pédagogiques proposées

S'il existe de nombreuses manières d'aborder le concept d'innovation technologique, le programme identifie trois approches complémentaires, même si chaque enseignant conserve la liberté pédagogique d'imaginer et d'en proposer d'autres.

Ces trois approches permettent de privilégier soit l'évolution d'un produit (approche produit), soit l'intégration d'une innovation (approche innovation), soit l'évolution d'un grand secteur technologique (approche globale).

Selon le choix qui sera effectué par l'équipe pédagogique, l'entrée proposée aux élèves pourra correspondre à :

- une approche « produit », amenant à l'identification d'une innovation justifiant l'évolution d'un produit assurant une même fonction ;
- une approche « innovation », amenant à découvrir comment une même innovation a permis l'évolution de produits différents, répondant chacun à une fonction de service différente ;
- une approche « globale », amenant à s'intéresser à un grand thème d'évolution technologique, à identifier les axes d'innovation en cours et à s'intéresser à une problématique plus précise engendrant des réflexions prospectives d'innovation.

Les supports et systèmes globaux retenus peuvent être de tous types et appartenir **à tous les domaines techniques industriels, sans exclusivité ni interdit.**

Ces trois approches sont différentes des types d'innovations associées aux trois niveaux présentés dans le chapitre précédent. Elles définissent trois façons pédagogiques d'aborder concrètement les innovations technologiques avec des élèves.

Les enseignants pourront, lors de chaque étude de cas, aborder les innovations en choisissant une approche, en mutualisant et en partageant les activités en identifiant à quel type appartiennent les innovations identifiées.

#### **L'approche « produit »**

Il s'agit d'étudier les évolutions de plusieurs produits répondant tous à une même fonction de service et pouvant mettre en œuvre de des solutions techniques différentes.

Il convient d'éviter des produits trop anciens, pouvant marquer une étape dans l'évolution d'une lignée, mais trop éloignés du quotidien des élèves. Il faudra donc privilégier l'analyse de produits récents, disponibles sur le marché et pouvant facilement être mis à la disposition des élèves ou être accessibles dans un environnement proche.

**Exemples** : l'évolution des sèche-mains est intéressante comme exemple d'innovation produit. La première génération est un simple dérouleur enrouleur de serviette, qui exige une maintenance importante (changement de serviette régulier, nettoyage et personnels de maintenance). Le principe physique utilisé est celui de l'absorption. La seconde génération est le sèche main électrique, qui met en œuvre le principe de l'évaporation d'un fluide grâce à de la chaleur... il n'exige plus d'interventions régulières mais une source d'énergie électrique. La dernière innovation consiste à utiliser le principe du « raclage » à l'aide d'un flux d'air laminaire qui apporte rapidité et confort sans augmenter l'impact énergétique du produit.

### L'approche « innovation »

Il s'agit, dans ce cas, de retenir une innovation et d'étudier son intégration dans des produits différents, répondant chacun à une fonction de service propre.

Les supports retenus devront être représentatifs de l'intégration d'une innovation identifiée, qui a été installée dans des produits techniques. Le concept de numérisation, par exemple, est une innovation qui a envahi les domaines de l'image, du son et des données...

**Exemples** : L'intégration d'accéléromètres dans des produits grand public, a été rendue possible par des inventions scientifiques et des innovations de procédés permettant de les réaliser. La liste des intégrations des MEMS dans des produits courants de notre environnement est impressionnante : les injecteurs pour imprimantes à jet d'encre, les micro-miroirs qui définissent les pixels de certains modèles de vidéoprojecteurs, la projection cinéma numérique publique, les accéléromètres destinés à des domaines divers tels que l'automobile ou plus récemment le jeu vidéo, les émetteurs/récepteurs acoustiques...

D'autres exemples existent, comme les diodes laser, les matériaux composites de type carbone-carbone, les capteurs photovoltaïques, les accumulateurs utilisant des terres rares, etc.

### L'approche « globale »

Il s'agit, dans ce cas, d'aborder un thème général relatif aux évolutions d'un système technique global actuel, en cours d'évolution. Cette approche est plus générale que les deux précédentes et ne s'appuie pas obligatoirement sur des produits techniques isolés mais sur l'analyse de l'intégration de composants (matériels et logiciels) en vue d'améliorer une fonction pour répondre à un besoin exprimé ou à une recherche prospective.

**Exemples** : ils sont nombreux et représentatifs des innovations techniques actuelles. Lorsqu'on interroge un grand champ technique, tels que l'un de ceux qui sont proposés dans les thématiques du programme, on se rend compte que chacun de ces domaines évolue grâce à des innovations, de type produit, intégration ou « système global ». L'exemple de l'automobile montre que les progrès des capteurs et de l'informatique associée permet d'envisager des révolutions dans la sécurité de conduite, en aidant le conducteur à prendre des décisions d'urgence... L'utilisation du système GPS et son intégration de plus en plus poussée dans l'assistance à la conduite va se banaliser, permettant d'identifier la position d'un véhicule et d'indiquer en temps réel la réglementation routière, ou d'encourager à la conduite économe en carburant.

## b. Principes d'innovation et lois d'évolution

Il s'agit ici de présenter des éléments retenus dans l'enseignement d'exploration « Création et Innovation Technologiques », permettant aux enseignants et aux élèves d'identifier des principes d'innovation caractéristiques des systèmes techniques.

Dans le cadre de l'enseignement d'exploration CIT, lors d'études de cas concrètes d'analyse d'innovations techniques associées à des produits existants, **on se limitera à identifier l'existence de lois d'évolution, de contradictions, de principes technologiques d'innovation.**

**Cette limitation permet aux élèves d'ignorer la théorie TRIZ dont ils sont issus. Ils utilisent certains de ses éléments (lois et principes) sans être obligés de connaître la théorie et les outils associés.**

Les lignes qui suivent identifient et expliquent sommairement les éléments théoriques de TRIZ qui peuvent être utilisés par les enseignants dans cet enseignement d'exploration.

La théorie TRIZ affirme qu'il existe :

- **des principes d'innovation des systèmes techniques** ; certains de ces principes peuvent être compris facilement et identifiés par des élèves, à partir de l'analyse de supports techniques et d'une liste donnée et illustrée d'exemples pertinents ;
- **des lois d'évolution des systèmes techniques** ; ces lois peuvent être découvertes, étudiées et formalisées par les élèves pour être appliquées à l'identification d'éléments d'innovation et d'évolution des produits ;
- **des contradictions comme cause de tout problème** ; durant leur évolution, les systèmes surmontent des contradictions techniques que des élèves peuvent commencer à identifier en analysant des solutions. Ces contradictions constituent le point de départ des démarches de créativité associées à l'innovation technique.

## **Les Principes d'Innovation**

Comme cela a déjà été précisé dans ce document, les principes et les lois proposées sont issus de la théorie TRIZ mais peuvent être utilisées avec des élèves sans que cette théorie soit abordée et sans qu'il soit nécessaire d'utiliser les outils associés.

La théorie TRIZ, énonce 40 Principes d'Invention ou d'Innovation issus de l'analyse systématique d'un nombre très important de brevets.

Certains de ces principes sont très accessibles, s'identifient facilement dans des innovations et peuvent être expliqués aux élèves. Il s'agit simplement de montrer que l'évolution d'une solution technique **pouvait être** anticipée, sans attendre des élèves qu'ils utilisent ces principes pour imaginer et créer de nouvelles solutions.

### **Exemples de principes proposés par la théorie TRIZ :**

#### **La segmentation**

- a. Diviser un objet en parties indépendantes.
- b. Réaliser un objet démontable.
- c. Accroître le degré de segmentation de l'objet.

#### **L'extraction**

- a. Extraire (enlever ou séparer) de l'objet une partie ou propriété inutile.
- b. Extraire seulement la partie ou la propriété nécessaire.

#### **L'universalité**

- a. Faire en sorte que l'objet remplisse plusieurs fonctions, de façon à éliminer la nécessité d'autres objets.

#### **Le contrepoids**

- a. Compenser le poids de l'objet en le joignant avec un autre possédant une force de levage.
- b. Compenser le poids d'un objet par l'interaction avec un environnement (au moyen des forces aérodynamiques ou hydrodynamiques).
- c. Mettre l'objet à l'envers ou le retourner.

#### **La sphéricité**

- a. Remplacer des parties linéaires par des parties courbes, des surfaces planes par des surfaces sphériques ; remplacer des formes cubiques et parallélépipédiques par des formes sphériques.
- b. Utiliser des rouleaux, des sphères, des spirales.
- c. Remplacer un mouvement de translation par un mouvement de rotation ; utiliser la force centrifuge.

#### **Le dynamisme**

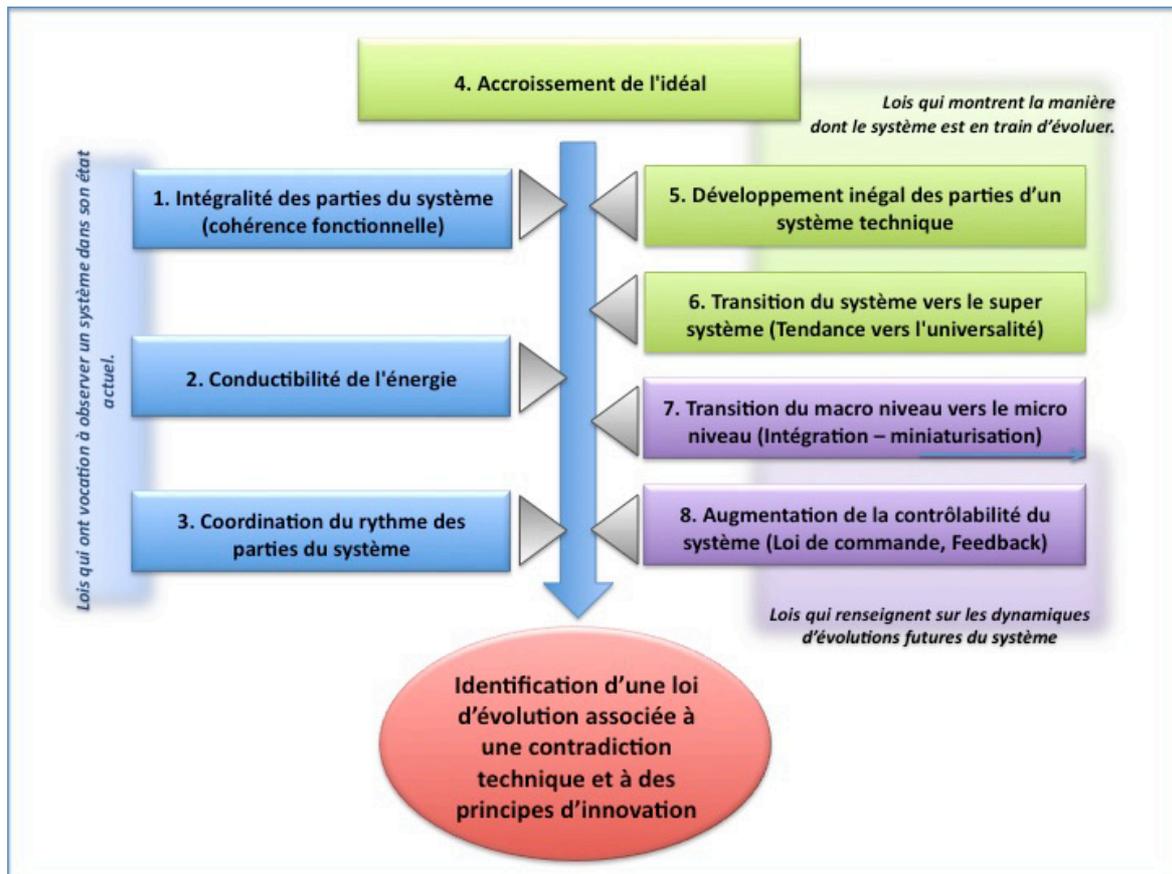
- a. Rendre un objet (ou son environnement) automatiquement ajusté pour une performance optimale à chaque phase de l'opération.
- b. Séparer un objet en éléments pouvant se déplacer les uns par rapport aux autres.
- c. Si un objet est immobile, le rendre mobile, déplaçable.

L'annexe 1, « Lois et principes d'innovation » propose une liste de 20 principes utilisables, commentée et illustrée d'exemples applicables dans l'enseignement d'exploration.

## **Les lois d'évolution des systèmes techniques**

La théorie TRIZ propose neuf lois, dont huit sont abordables par des élèves lors de l'analyse de l'évolution de systèmes techniques (la neuvième loi est trop complexe et exige une grande culture technique pour être comprise).

Il ne s'agit pas, lors de la recherche et de l'analyse des systèmes, d'identifier de façon exhaustive toutes les lois pouvant s'y rapporter, mais seulement de formaliser là où les lois prépondérantes, caractérisant le mieux la ou les innovations étudiées.



La définition de chaque loi n'est pas toujours facile à comprendre, surtout de la part d'un élève de seconde. Il est donc nécessaire d'illustrer par des exemples et de commenter chaque définition de façon à ce qu'un élève puisse y associer une représentation mentale simple et explicite.

L'approche pédagogique des huit lois peut se faire de différentes manières :

- présentation générale et illustrée des lois à travers des exemples simples introduisant les études de cas et justifiant l'utilisation d'une liste commentée des lois ;
- identification, dans chaque étude de cas, de la ou des lois caractérisant le mieux une innovation, identification de cette loi par l'élève et synthèse des huit lois à la fin des études de cas ;
- présentation succincte des lois dans la présentation des études de cas, identification des lois à travers les études de cas et synthèse du professeur en conclusion de la phase d'analyse des innovations.

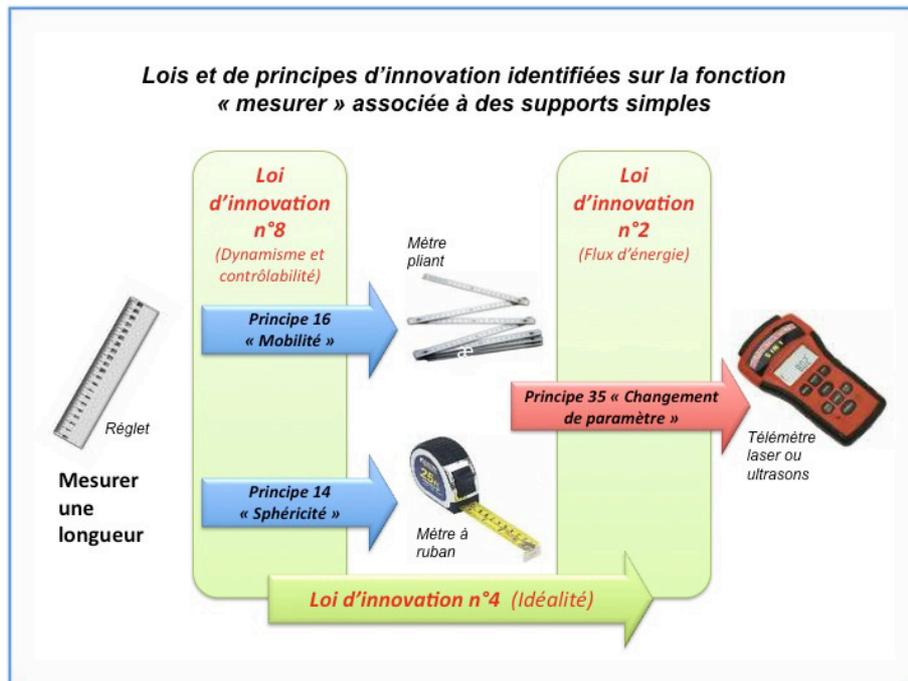
Les huit lois d'innovation proposées peuvent être caractérisées en trois blocs, regroupant :

- les 3 premières lois, qui traduisent l'organisation globale d'un système technique, en garantissant son opérationnalité et sa viabilité ;
- les lois 4, 5 et 6 qui justifient les évolutions globales d'un système qui n'évolue de façon pérenne que s'il tend vers un « idéal » répondant en permanence aux évolutions sociales, économiques, environnementales ;
- les lois 7 et 8 qui traduisent des axes d'évolution et d'innovation, permettant des évolutions par l'innovation technique vers un accroissement de « l'idéalité » d'un système.

**Toutes ces lois sont associées à l'identification de contradictions qui peuvent être résolues par l'identification de principes d'innovation pouvant être appliqués concrètement pour innover et proposer des produits nouveaux.**

L'illustration ci-après montre les évolutions de supports servant à mesurer une distance, à partir d'une simple règle graduée rigide, dont la longueur est limitée, un mètre pliant de menuisier, un mètre à ruban métallique et un télémètre laser ou à ultrasons. Il est possible d'identifier les lois et principes d'innovation qui ont été utilisés par les inventeurs et concepteurs de ces produits et de réaliser une expérimentation sur le principe scientifique (capteur à ultrason, par exemple) et la solution technique retenue dans le télémètre

(caractéristiques du faisceau émis, de la réflexion sur différents supports, précision de la mesure, consommation et limites d'utilisation etc.).



### Les contradictions techniques

L'analyse de l'évolution d'un produit passe aussi par l'identification d'une ou plusieurs contradictions résolues par une innovation ou une invention. Ces contradictions sont de 3 types, *organisationnelle*, *technique* ou *physique*. Chaque type peut être associé à un questionnement donné

On se limitera, dans cet enseignement d'exploration, à l'identification formelle de contradictions techniques.

Les autres contradictions pourront être abordées si elles se justifient, mais sans être obligatoires.

- **Les contradictions organisationnelles** correspondent au questionnement suivant : « *Je sais quoi faire, mais je ne sais pas comment* » Pour un véhicule automobile, cela correspond à la problématique suivante : « En proposant une voiture électrique on limite les rejets locaux de CO2 mais on ne sait pas produire de l'électricité embarquée et non polluante. ».
- **Les contradictions techniques** correspondent au questionnement suivant : « *Je sais comment faire, mais cette réponse est un facteur aggravant...* ». Pour un véhicule électrique, par exemple, on sait qu'en stockant de l'énergie électrique dans des batteries, on augmente la consommation électrique globale sans savoir produire l'électricité « propre » nécessaire.
- **Les contradictions physiques** correspondent au questionnement suivant : « *Je sais quoi faire et comment le faire mais je ne sais pas par quel moyen le faire...* ». Par exemple, une voiture électrique doit conserver une bonne autonomie, mais comment produire des batteries fiables, légères, puissantes, respectueuses de l'environnement à un prix acceptable ?

### c. Les études de cas

L'analyse des innovations s'appuie sur des études de cas. Ces situations mettent en œuvre, selon l'approche retenue, une lignée de produits assurant la même fonction de service, une série de produits intégrant une innovation ou un système global récents et innovants.

Chaque étude de cas doit intégrer des étapes qui structurent une démarche amenant les élèves à :

- découvrir les produits proposés pour identifier les facteurs d'évolution technologiques qui les caractérisent ;
- mener une démarche d'investigation pour identifier une ou plusieurs solutions techniques innovantes ;

- identifier un principe d'innovation associé ;
- mener une activité pratique relative au principe d'innovation identifié et à la solution technique innovante étudiée ;
- identifier, lorsque cela est possible, une loi d'évolution caractéristique du produit étudié ;
- produire un compte-rendu à chaque étape importante et assurer une présentation collective des résultats.

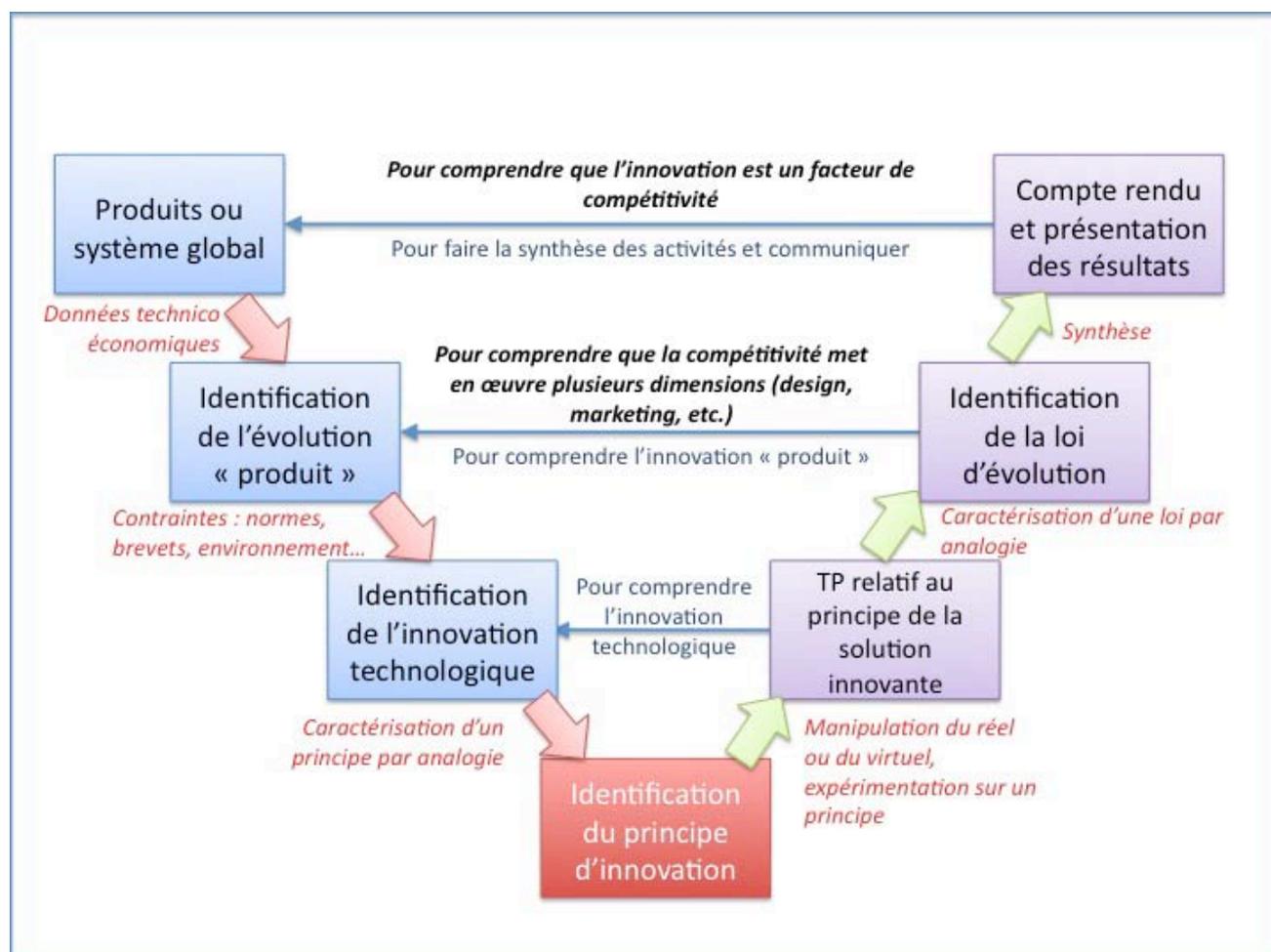
En fonction de la progression pédagogique retenue par l'enseignant, il est possible d'adapter la démarche présentée ci-après en proposant aux élèves de la suivre partiellement (par exemple pour la première étude de cas, dans laquelle ils peuvent découvrir les notions de base sur des produits simples) ou complètement (pour les autres études qui peuvent porter sur la totalité de la démarche et sur des produits plus complexes). Une telle démarche peut être caractérisée par un cycle de développement « en V », caractéristique d'une forme de démarche de projet technique bien connue des enseignants (voir ci-dessous).

Ce principe permet de guider les élèves dans un cadre structurant. Les activités « descendantes » permettent, à partir des produits et systèmes retenus, de proposer une démarche d'analyse structurée amenant à identifier un ou plusieurs principes d'innovation technologique. Ensuite, la démarche « remontante » permet d'identifier des liens entre les principes de solutions techniques découvertes et des principes et des lois d'innovation, de proposer des expérimentations, des activités pratiques sur ces principes techniques et scientifiques, montrant ainsi le caractère global de l'innovation et ses possibilités d'applications dans différentes situations.

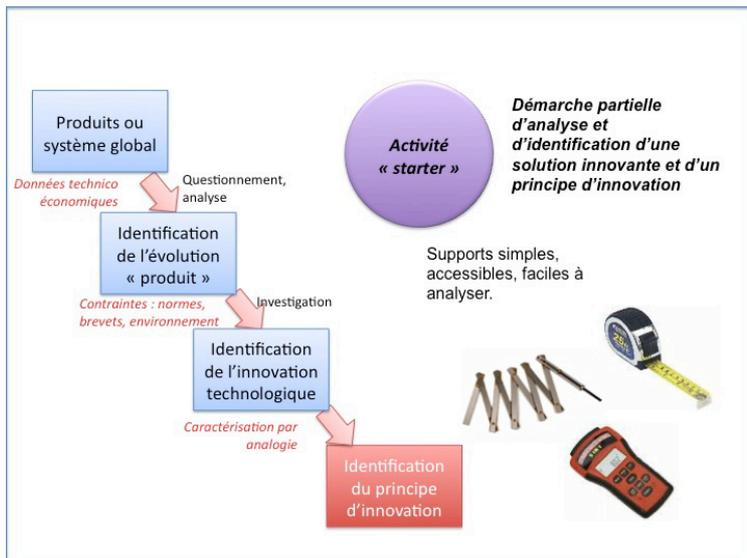
Pour favoriser un apprentissage plus progressif des notions proposées dans cette phase d'analyse des innovations, il est possible de réduire la démarche et, après avoir mené l'approche d'analyse « descendante », d'imaginer plusieurs scénarios limitant les activités et les découvertes de la phase « remontante » de synthèse.

Les schémas présentés ci-dessous illustrent et commentent de telles situations que l'enseignant pourra retenir en fonction de ses objectifs et des supports dont il dispose.

### Démarche de projet proposée pour les études de cas d'analyse d'innovations technologiques



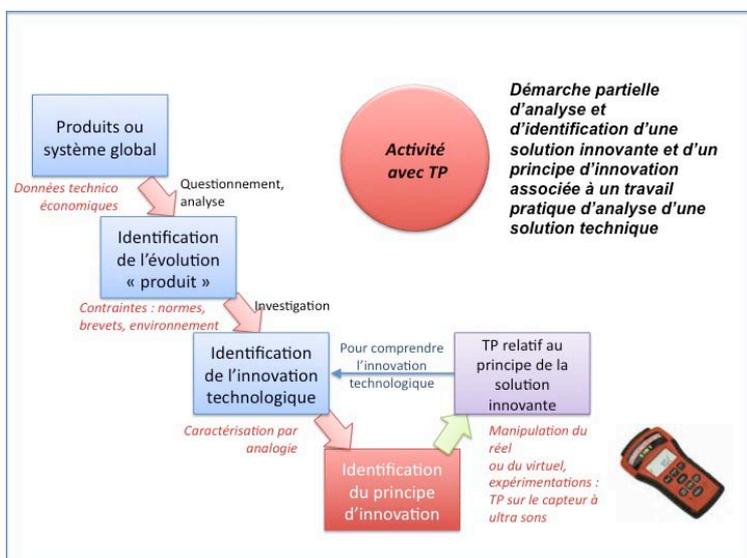
## Démarches progressives d'analyse d'une innovation



### Objectifs et commentaires

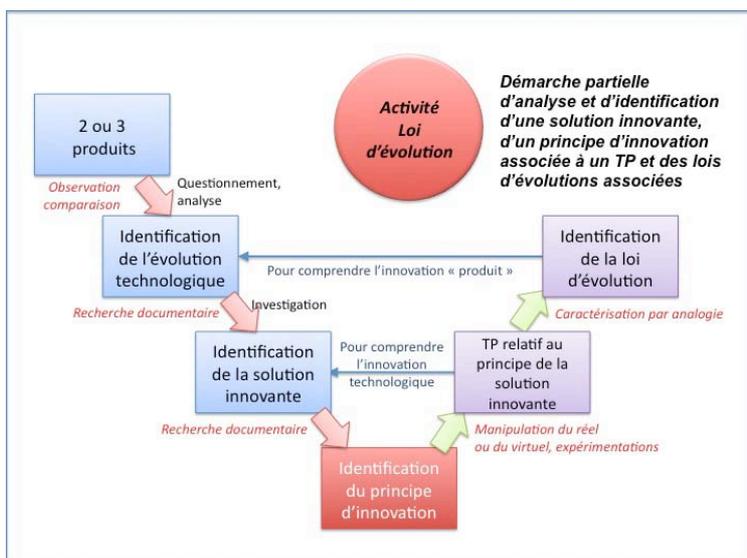
**Objectif :** amener les élèves à identifier une solution innovante, un principe d'innovation associé. Mener une expérimentation simple leur permettant de mieux comprendre le principe de la solution technologique utilisée.

**Commentaire :** l'activité peut être utilisée dans la première étude de cas, sur des supports simples, pour découvrir et s'approprier les concepts et le vocabulaire de base.



**Objectif :** amener les élèves à identifier une solution innovante, un principe d'innovation associé et mener une expérimentation permettant d'identifier et de formaliser le ou les principes d'innovation associés en lien avec une évolution technologique.

**Commentaire :** l'activité peut être utilisée sur des supports simples mais associés à des expérimentations, pour approfondir la culture technique et scientifique des élèves



**Objectif :** amener les élèves à identifier une solution innovante, un principe d'innovation associé et à mener une expérimentation. Identifier et formaliser la ou les lois d'innovation associées et identifier la relation avec une évolution technologique.

**Commentaire :** l'activité peut être utilisée sur tous types de supports, simples et complexes, pour découvrir la diversité des lois d'évolution.

## d. Le projet de créativité technologique

### **Les enjeux du projet**

L'activité de projet permet à l'élève de vivre une expérience de créativité sur un thème concret et d'une complexité adaptée à la situation. Les objectifs de cette phase de l'enseignement sont de :

- nourrir l'imagination des élèves par les innovations, les principes et les lois abordés dans les études de cas préalables ;
- cultiver la participation de chacun d'entre eux dans un travail de recherche collectif et pluriculturel (qui tient compte de la culture et/ou des connaissances extrascolaires de chaque élève) ;
- structurer la réflexion créative en suivant une démarche appropriée et en utilisant des outils simples ;
- exprimer une solution à l'aide d'un rendu – modèle, maquette ou prototype – permettant d'apprécier l'idée créative par rapport au besoin de départ.

Le thème du projet est laissé au choix des équipes pédagogiques. Lorsqu'il est proposé par l'enseignant, le thème du projet doit être pleinement accepté par les élèves et l'enseignant adapte alors sa proposition pour tenir compte des avis et des envies des élèves. Lorsqu'il est proposé par les élèves, l'enseignant peut être amené à adapter et reformuler le thème pour que les objectifs à atteindre puissent l'être sans difficulté. Des thèmes nationaux ou académiques pourront être proposés aux équipes souhaitant participer à des défis ou des challenges amenant à un projet de créativité.

### **La démarche du projet**

Le projet est ponctué d'étapes et éventuellement de jalons sous forme de revues de projet proposées par les élèves et validées par l'enseignant ou simplement imposées par ce dernier. Il obéit donc à une démarche de projet cohérente et justifiée, dans laquelle les élèves résolvent un problème technique qui prend la forme d'une proposition d'innovation. Ils ont donc à leur disposition des éléments de cadrage du projet (démarche et outils) et une banque de données (locale, académique, nationale) qui illustrent les lois d'évolution de système, les principes d'innovation et des contradictions techniques.

Une des étapes du projet est obligatoirement la mise en place d'une séance de créativité adaptée au niveau des élèves et utile à la résolution du problème. Les outils de créativité non rationnelle (**voir Annexe 3 : le brainstorming**, en fin de document), basés sur le brainstorming, sont certainement les plus simples à mettre en place à ce niveau de formation, même s'ils exigent une forte présence de l'enseignant avec un seul groupe d'élèves. Pour diminuer cette difficulté, il est possible de proposer à tous les groupes une séance d'initiation à un outil de créativité particulier afin qu'ils puissent mener, lors d'une séance ultérieure, une activité de créativité en relative autonomie. Pour faire cet entraînement les groupes de projet peuvent par exemple rechercher un nom de baptême de leur future invention. Cet objectif est assez ludique à conduire et peut constituer une première étape dans l'appropriation de sujet du projet par le groupe.

La démarche de projet de créativité technologique, dans le cas le plus structuré, peut s'illustrer de la manière suivante avec ses étapes, ses jalons et les productions des élèves.

#### **1. L'étape d'imprégnation**

La première étape permet de cerner au mieux l'environnement du produit, ses usages et ses relations avec les usagers. Elle permet d'entrer dans l'univers du sujet. Pour cela, on s'appuie sur des pratiques multiples : inventaire des fonctions du produit, enquête auprès des consommateurs, analyse des défauts de l'existant... Cette première étape consiste donc à explorer le sujet, le comprendre et l'embrasser. La démarche est très centrée sur l'analyse du besoin telle qu'elle est pratiquée actuellement dans les démarches de projet technique.

#### **2. L'étape de créativité (ou d'idéation)**

C'est l'étape de créativité pure, le cœur du processus imaginatif, elle reste essentielle pour innover. Pour cela il faut générer un maximum d'idées et donc compter sur des ressources, les connaissances de chacun

et chercher à appliquer des principes utilisés dans d'autres domaines. La pratique du brainstorming reste l'outil universel et traditionnel de créativité en groupe. Le groupe doit libérer son imagination et ne se fixer aucune contrainte pour repousser les limites de la créativité et trouver des idées auxquelles chaque membre seul n'aurait pas pensé.

### 3. L'étape de « cristallisation »

C'est le temps du recentrage pour faire converger toutes les idées vers l'idéalité. L'animateur relit avec le groupe toutes les idées notées au tableau pour :

- reformuler les idées floues ou peu claires ;
- éliminer les idées hors sujet avec l'accord du groupe ;
- regrouper les idées strictement identiques.

Lorsque l'exploitation est terminée, les idées du brainstorming sont prêtes pour être classées par famille, ou triées suivant quelques critères pour confronter la production imaginative à toutes les contraintes techniques ou économiques inhérentes au projet ou sa réalisation.

Durant chacune de ces étapes, les élèves et l'enseignant peuvent utiliser des moyens classiques de communication (« paper-board », tableau, « post-it », etc.) mais aussi des moyens numériques (progiciel de carte mentale, par exemple).

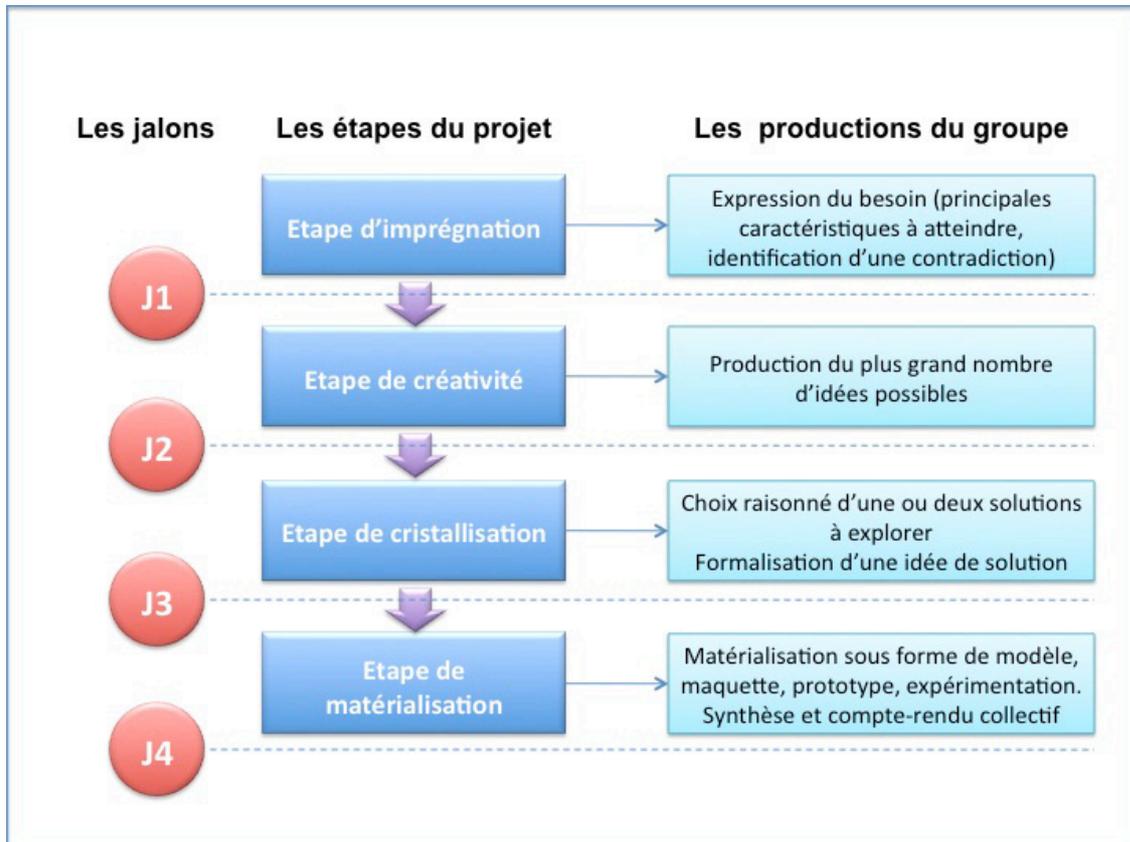
### 4. L'étape de « matérialisation » : réalisation d'une maquette ou d'un prototype.

La dernière phase permet d'exprimer l'idée apparue comme étant la plus pertinente. À l'aide de croquis d'intention ou de schémas, les élèves expriment l'idée avant de pouvoir en faire, suivant les cas, une maquette numérique ou une maquette physique de simulation ou encore un prototype fonctionnel. Cette matérialisation d'idée peut se faire à l'aide d'outils spécifiques permettant de réaliser des prototypes de pièce (prototypage rapide), de programme (programmation intuitive de micro contrôleur), d'assemblages de composants et constituants standards.

L'idée innovante peut aussi être exprimée par un support de communication explicitant les recherches menées, les solutions envisagées (modèle graphique ou maquette numérique), leur analyse critique (avantages et inconvénients). Cette démarche possède quatre jalons qui peuvent être exploités pédagogiquement soit en demandant au groupe de recherche de formaliser par écrit ou graphiquement une étape déterminée du projet, soit en menant une revue critique de projet pour aider le groupe à valider le travail fait à l'étape dans laquelle le groupe se trouve être.

- **J1-jalon 1** : le besoin à satisfaire ou la contradiction technique à lever est-il suffisamment bien exprimé ?
- **J2-Jalon 2** : la production d'idées est-elle fructueuse ? Les différentes lois d'évolution et principes d'innovation ont-ils été tous explorés ?
- **J3-jalon 3** : la solution retenue peut-elle faire l'objet d'une maquette ou d'un prototype avec le temps et les moyens disponibles localement ?
- **J4-jalon 4** : la présentation de la maquette et de la revue critique associée peut-elle exprimer le potentiel de cette solution innovante ?

La figure ci-après illustre les 4 étapes du projet de créativité proposé, sachant que les enseignants pourront, s'ils le désirent, développer d'autres approches de créativité répondant aux attentes du programme dans le temps et le contexte imparti.



## **Les thèmes du projet**

Le thème du projet peut être de toute origine. L'énumération ci-dessous propose quelques types de thèmes possibles :

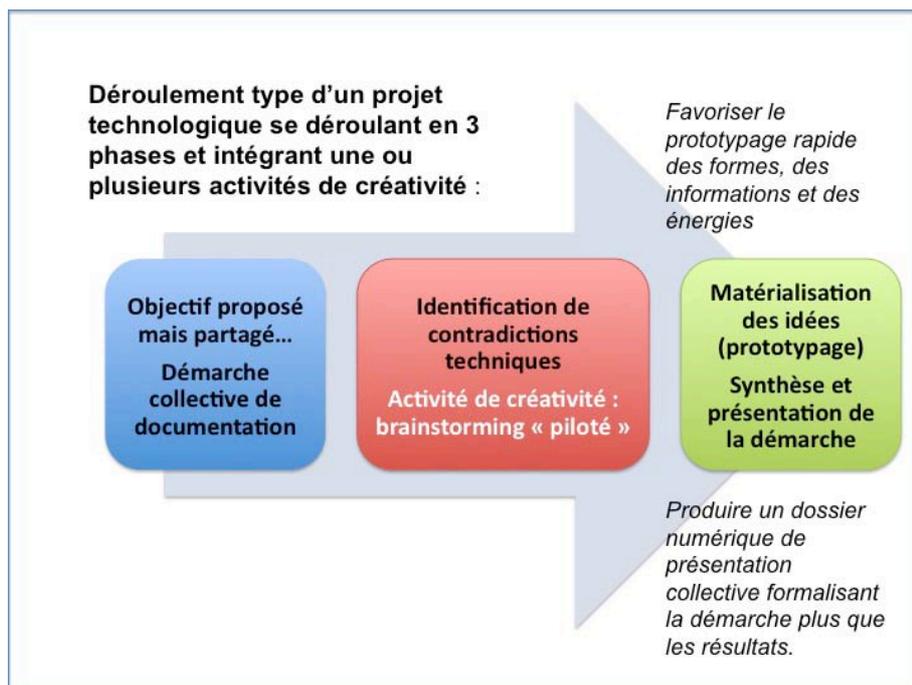
- **un défi technique ou un challenge**, basé sur l'amélioration de la performance d'un système de base imposé, donnant lieu à une compétition entre différentes équipes. Ce type de projet présente l'avantage de mettre toutes les équipes dans une situation de base identique, de proposer une comparaison de résultats souvent stimulante et d'amener à une véritable « matérialisation » des idées par le biais de prototypages de pièces, de programmes... ;
- **l'amélioration d'un système existant**, s'appuyant sur un produit mis à la disposition de l'équipe et définissant un objectif d'amélioration simple et accessible. Cette approche est analogue à certains mini projets conduits dans l'enseignement de détermination Initiation aux Sciences de l'Ingénieur. Elle exige des équipements qui existent souvent dans les lycées technologiques et reste motivante... Si cela peut donner lieu à de vraies démarches de créativité, il faut éviter d'enfermer les élèves dans des contraintes de réalisation qu'ils n'ont pas les moyens de résoudre et accorder autant d'importance aux démarches suivies qu'aux résultats concrets obtenus ;
- **la réflexion globale pour résoudre un problème**, s'appuyant sur une situation problème technique donnée et amenant le groupe d'élèves à imaginer des solutions, à les tester, à les expérimenter simplement pour proposer un **principe de solution** et, si possible, tout ou partie de son prototypage. Cette approche est dans la logique des Travaux Personnels Encadrés proposés en première ou des TIPE de classe préparatoire et s'appuie sur des problèmes larges qui doivent rester au niveau des élèves de seconde ;
- **la confrontation à un problème industriel**, permettant à des élèves de visiter une entreprise locale, de se voir proposer la résolution d'un problème technique concret mais simple que rencontre l'entreprise. Ceci permet à l'équipe, au lycée et dans le cadre du projet, d'imaginer des principes de solution, de les formaliser et de les présenter à l'entreprise pour confrontation et évaluation. Même si elle ne débouche pas sur une matérialisation d'une solution, cette approche qui privilégie le contact et la rencontre du monde professionnel peut se révéler motivante et passionner des élèves ;
- **une coopération établie avec une entreprise** ou organisation voisine de l'établissement amenant à découvrir et analyser des projets de créativité réels et industriels. Ce type de projet est de nature à conforter l'approche orientation donnée à l'enseignement d'exploration. Une valorisation locale ou même académique peut être envisagée et s'intégrer dans des programmes régionaux de soutien à l'innovation.

En synthèse du projet, les élèves présentent la partie recherche de solutions et les interrogations sur les solutions techniques retenues. Les projets sont archivés sur le site académique pour servir de support à une session suivante.

Selon le projet, l'équipe peut être amenée à proposer **des modifications simples mais justifiées par une démarche de créativité** par rapport à un existant, et concernant des pièces ou des supports (approche matière et structure), le traitement de l'information (approche information) ou la maîtrise de l'énergie (approche énergie). Cette approche peut s'inscrire dans une réflexion plus globale, de type économique, sociale, écologique, etc.

Le projet de créativité peut donc s'adapter à des situations très diverses pour correspondre le mieux possibles à l'environnement local, à la culture du projet dans l'établissement et aux objectifs de l'équipe pédagogique.

Il est donc logique que sa définition reste globale et n'impose pas une organisation particulière trop précise s'imposant à tous.



L'illustration ci-dessus fait simplement apparaître les trois grandes étapes de tout projet technologique que les enseignants devront respecter.

Les équipements nécessaires au prototypage et à la « matérialisation » des idées sont décrits plus précisément dans le chapitre 4.b: Les supports didactiques et les équipements.

### 3. L'organisation des enseignements

#### a. L'organisation des activités

Dans le cadre de l'autonomie d'organisation de chaque établissement, les 54 heures d'enseignement d'exploration à assurer peuvent se dispenser selon différents rythmes, comme, par exemple :

- 1,5 h par semaine sur l'année scolaire ;
- 3 h par semaine sur un semestre ou par quinzaine sur l'année scolaire ;
- 2 h par semaine sur 2/3 de l'année scolaire.

Cette dernière configuration permet de commencer l'enseignement d'exploration quelques semaines après la rentrée scolaire (libérant ainsi des plages horaires pour des activités spécifiques d'accueil, par exemple) et de terminer avant les décisions définitives d'orientation.

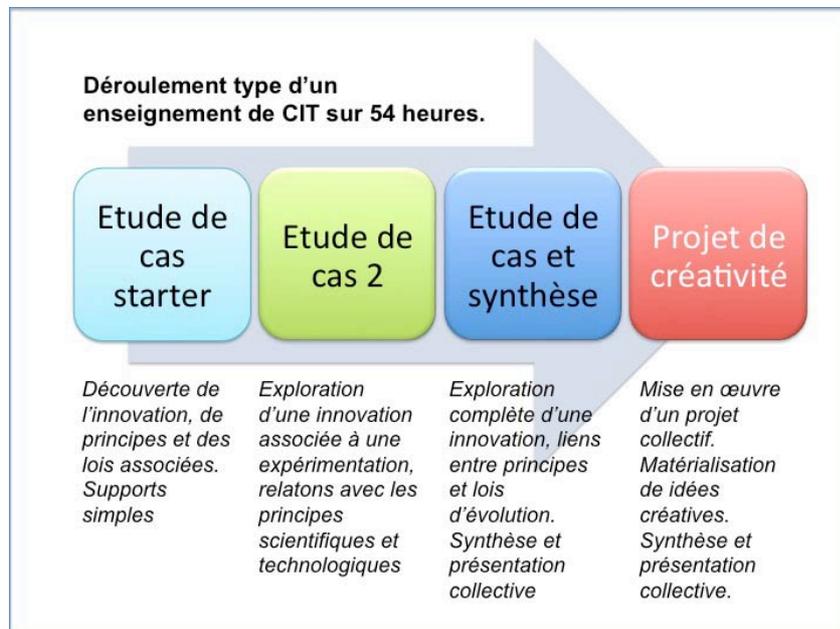
L'enseignement d'exploration doit proposer aux élèves deux types d'activités différentes, la découverte et l'analyse d'innovations technologiques et un projet de créativité technologique.

La phase de découverte et d'analyse d'innovations technologiques représente environ les 2/3 du temps disponible à la moitié (soit environ de 27 à 36 heures), alors que le projet de créativité complète l'horaire annuel (soit environ de 18 à 27 heures).

Durant la première phase d'étude d'innovations technologiques, il est souhaitable que chaque élève s'intéresse à plusieurs études de cas différentes, abordant ainsi la diversité des situations d'innovation des domaines technologiques (matériau et structure, énergie, systèmes d'information). Il est donc nécessaire que chaque équipe pédagogique propose 2 à 3 études de cas d'innovation technologique à chaque équipe d'élèves.

Ces études de cas pourront avantageusement être complétées par des visites d'entreprises innovantes, des rencontres avec des professionnels, des experts d'un domaine (enseignants d'autres disciplines invités, par exemple), des scientifiques, des chercheurs...

Le projet de créativité technologique se déroule également en équipe, sous la responsabilité de l'enseignant. Il prend appui sur une problématique particulière proposée par des élèves ou par l'enseignant (mais toujours négociée et acceptée par les élèves de l'équipe) et sur un support technologique disponible dans le laboratoire et/ou numérisé et permettant des manipulations réelles et/ou virtuelles ou présent dans l'environnement immédiat du lycée (entreprise, collectivité, etc.).



À l'issue de chacune des phases d'analyse de cas d'innovation et de projet de créativité, chaque équipe propose une synthèse de son travail à l'ensemble de la classe. Cette synthèse est collective, elle engendre un partage maîtrisé des tâches associées et elle est réalisée à l'aide des moyens de présentation numériques actuels.

Elle peut s'ouvrir à des personnes extérieures à la classe, enseignants, parents, professionnels et experts invités.

Elle peut donner lieu à une évaluation de la part de l'enseignant, qui intégrera les compétences développées durant toute la phase concernée et, **en fonction d'une décision prise par l'établissement**, proposera, une note individuelle ou une appréciation qualitative prenant en compte les attitudes, aptitudes de chaque élève dans son action collective.

Une équipe pédagogique pourra, si elle le souhaite, construire une grille d'évaluation s'appuyant sur les notions et les compétences abordées du programme afin de formaliser concrètement l'investissement de chaque élève (cette grille pouvant avantageusement donner lieu à des activités d'auto évaluation).

Cet enseignement d'exploration, fondé sur la découverte de notions, de métiers et de parcours de formation, ne peut pas donner lieu à des évaluations sommatives des connaissances.

L'organisation des activités des élèves durant la phase d'analyse d'une innovation technologique respecte les grandes étapes suivantes :

### 1. Présentation de l'enseignement

Elle permet de préciser les objectifs de l'enseignement et son organisation (organisation de la classe en groupes, présentation des situations de travail, planification des situations pour chaque équipe).

### 2. Phase d'exploration : Analyse d'un produit et de ses évolutions.

Par groupe, les élèves identifient les fonctions techniques qui ont évolué (ou pas) dans le produit ou le système, ainsi que l'évolution des solutions techniques.

Ils recherchent le principe physique ou/et technologique utilisé dans des solutions techniques et mènent des expérimentations pour mieux comprendre. Ils essaient ensuite de formuler une contradiction et d'identifier un ou des paramètres à améliorer ou à détériorer.

### 3. Phase de synthèse et de restitution collective

Les élèves identifient et formalisent une ou plusieurs lois d'évolution relative à leurs supports d'étude et produisent un document de synthèse rassemblant leurs constatations. Cette synthèse sert de support à un compte-rendu collectif. Les comptes rendus sont publiés sur un site académique ou inter académique à partir d'une classification par lois d'évolution ou par un principe technique.

Les élèves travaillent en équipe de 3 à 5 élèves et un professeur assure le suivi d'un nombre d'équipes limité afin de garantir le suivi correct des phases d'analyse et d'expérimentation ainsi que pour assurer efficacement l'animation du projet de créativité.

Le tableau ci-dessous montre deux exemples d'organisation et de planification des 54 heures d'enseignement. Il présente deux choix de répartition possibles entre phases d'analyse et de projet.

Ce tableau n'est qu'indicatif et chaque équipe pédagogique pourra proposer d'autres organisations respectant les objectifs proposés.

Étapes de formation	Horaires envisageables	
	Répartition 1/2 – 1/2	Répartition 2/3 – 1/3
Présentation de l'enseignement	1,5 h	1,5 h
<b>Phase 1 : Etude d'innovations technologiques</b>		
Étude de cas 1	9 h	9 h
Étude de cas 2	9 h	9 h
Étude de cas 3		9 h
Intervention extérieure (visite, exposé d'expert, etc.), à placer dans l'année	3 h	3 h
Synthèse et exposés <i>(si cette étape n'est pas intégrée à la fin de chaque situation)</i>	3 h	4,5 h
<b>Phase 2 : Projet de créativité technologique</b>		
Projet de créativité	22,5 h	12 h
Exposé des projets	4,5 h	4,5 h
Bilan de l'enseignement (individuel et collectif)	1,5 h	1,5 h

#### Contraintes organisationnelles retenues

Chaque analyse de l'évolution d'un système technologique global s'appuie sur un thème général (cf liste du programme).

Chaque enseignant pourra choisir les types d'approches proposées aux élèves de sa classe et leur répartition.

Les activités proposées dans chaque phase de travail (analyse et projet) s'appuient toujours sur :

- un ou plusieurs supports, produits techniques présents dans le laboratoire ou virtuels ;
- un dossier numérique complet, contenant l'ensemble des données documentaires nécessaires aux activités ;
- un questionnement ou un thème de projet, précisant ce qui est attendu au niveau des élèves.

L'organisation proposée par l'enseignant doit respecter les contraintes suivantes :

- l'ensemble des activités proposées à chaque élève doit couvrir les 3 champs technologiques Matériaux & Structures, Énergie et Information. En effet, un centrage trop fort sur un seul de ces domaines ne permettrait pas aux élèves de découvrir les richesses des spécialisations qui lui seront proposées de choisir s'il s'oriente vers un cycle terminal STI2D.
- les supports d'étude proposés doivent être diversifiés. Il ne faut pas qu'un élève découvre toutes les notions proposées par le programme sur un système unique, même si sa richesse technique et d'innovation permettrait de le faire. Il faut diversifier les supports, étudier des produits simples et peu coûteux comme des systèmes plus complexes. Enfin, il est évident que ces supports doivent être représentatifs d'innovations perçues comme telles par les élèves d'aujourd'hui, il faudra donc éviter de généraliser l'étude de produits qui ont été innovants un jour mais qui ne correspondent plus à l'image de l'innovation technologique que peuvent se faire les élèves.

## b. La mutualisation des supports de formation

Pour aider les enseignants, faciliter la mise en place de cet enseignement et sa « montée en puissance », il est nécessaire de mutualiser les études de cas et les analyses globales les plus intéressantes sur un site, académique ou national.

Cette base de données partagée entre enseignants leur permettra de trouver des dossiers d'étude de cas validés.

Chaque académie mettra en place un site ou une plate-forme collaborative dédiée aux échanges d'études de cas et de projets entre enseignants.

Au niveau national, un site spécialisé sur l'enseignement d'exploration CIT sera mis en ligne. Il rassemblera tous les textes officiels, les recommandations institutionnelles relatifs à cet enseignement et pourra proposer des liens vers les sites académiques ainsi que des exemples et des ressources numériques retenues pour leurs qualités pédagogiques.

Dans la durée, il faudra également veiller à changer les supports en fonction de l'environnement des élèves et des innovations techniques en cours. Un tel enseignement l'exige.

### **Constitution d'un dossier**

Chaque situation de travail (étude de cas ou projet) s'appuie sur un dossier complet, composé essentiellement de documents numériques, résumés dans une fiche descriptive rassemblant les éléments suivants :

**La description d'un support:** produit ou système technique global, retenu pour son potentiel d'innovation et d'identification de lois d'évolution, de principes d'invention et la pertinence de l'investigation dans un ou plusieurs domaines technologiques (énergie, information et matériaux & structures).

**Un dossier ressources numérique,** intégrant les éléments suivants :

- une évolution d'un produit ou d'un système avec un cahier des charges ;
- une documentation commerciale, technique et éventuellement économique, environnementale, ergonomique, etc. ;
- une documentation sur les principes scientifiques et technologiques associés ;
- des propositions de dispositifs expérimentaux simples associés aux principes scientifiques et technologiques associés ;
- une analyse fonctionnelle et structurelle adaptée ;
- une maquette volumique (de tout ou partie pertinente du produit ou système) ;
- des simulations numériques de comportement (si nécessaire) ;
- des sources d'informations scientifiques permettant des recherches dans des champs divers de connaissances ;
- les références à l'utilisation possible d'outils d'aide à la créativité (progiciels, etc.).

### **Les sources d'innovations technologiques**

Une des premières tâches des équipes pédagogiques sera de rechercher des supports innovants. Cette recherche pourra avantageusement se faire à partir des ressources suivantes :

- **les revues** : de vulgarisation scientifiques et technologiques, professionnelles généralistes ou spécialisées dans un secteur donné ;
- **les sites Internet**, professionnels ou particuliers, qui informent les professionnels et le grand public sur les innovations récentes d'un secteur ou proposent une compilation de tous les nouveautés relatives à un domaine ;
- **les institutions** en charge du développement économique, national et européen, qui, à travers des organismes publics de développement des innovations (de type OSEO), de protection industrielle (INPI) ou de développement des innovations (communauté européenne, site Europa, [http://europa.eu/pol/rd/index\\_fr.htm](http://europa.eu/pol/rd/index_fr.htm)) proposent des activités spécifiques liées à l'innovation ;
- les sites académiques et nationaux dédiés à la mutualisation des études de cas et des thèmes de projet pourront proposer et mettre à jour des listes de sites utiles à la recherche d'innovations technologiques.

## 4. Les locaux et les équipements

### a. Les locaux

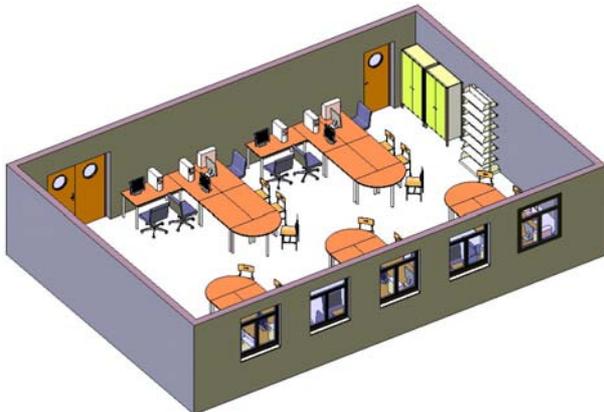
L'enseignement de Création et Innovation Technologiques n'exige pas d'installation particulière mais doit disposer de ressources informatiques, de quelques équipements expérimentaux et de « prototypage » de solutions.

Il peut s'installer naturellement dans les salles d'informatique de lycées généraux à la condition de disposer d'espaces de travail suffisants pour permettre la manipulation de tout ou partie des supports d'études et l'installation des équipements de prototypage. **Dans les lycées ayant dispensés l'enseignement d'ISI et d'ISP, les laboratoires doivent être aménagés conformément aux nouvelles spécifications.** Les laboratoires de Sciences de l'Ingénieur (de la voie S ou des CPGE scientifiques) pourront aussi être utilisés.

L'aménagement et la disposition des lieux doivent permettre les activités suivantes :

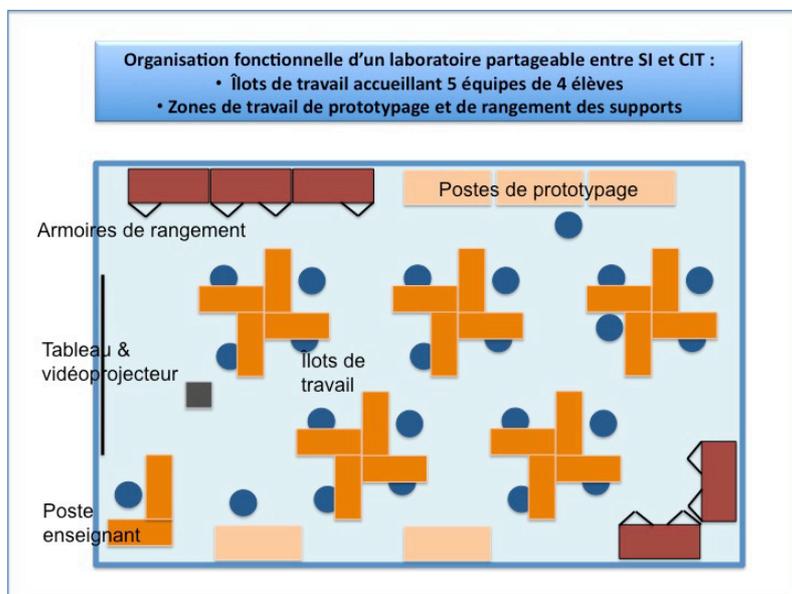
- **le travail d'équipes de 4 à 5 élèves**, réunis autour d'une famille de supports, devant mener des activités expérimentales, d'analyse technologique, de recherche documentaire et de production de documents techniques de manière individuelle et de discussion en groupe. Ceci peut amener à privilégier l'installation de 4 à 5 « îlots », comportant chacun plusieurs ordinateurs et des tables de travail permettant d'accueillir les 4 à 5 élèves du groupe autour des équipements ;

*Exemple de salle de CIT avec ses îlots de travail, la zone de présentation et les zones de projet et de rangement.*



- **les investigations** s'appuyant sur tout ou partie d'objets ou systèmes techniques éventuellement des appareils de mesure qui peuvent être disposés sur les tables constituant l'îlot. Les élèves du groupe ont accès aux ressources documentaires et applications informatiques via des ordinateurs connectés au réseau local ou distant (internet ;
- **le rangement des supports**, des dispositifs expérimentaux, des appareils de mesure, de la documentation associée ;
- **la restitution des activités**, comportant un tableau, un vidéo projecteur (pouvant avantageusement être associé à un tableau numérique interactif), un poste informatique pour l'enseignant et une imprimante réseau (si possible couleur compte tenu de l'importance des images couleur dans la documentation technique).

L'organisation de la salle permet d'associer des activités d'investigation tant documentaires qu'expérimentales et de communication. Elle peut donc être utilisée par différents enseignements tels que d'autres enseignements d'exploration voire des TPE en classe de première. Dans le cas d'une utilisation pour l'enseignement de SI, il sera nécessaire de prévoir un espace supplémentaire permettant d'accueillir des objets ou systèmes techniques.



## b. Les équipements

La base d'équipement de la salle de CIT est un parc d'ordinateurs, qui devront être reliés en réseau pour faciliter les communications internes (entre élèves et enseignants) et externes (accès à l'Internet lors des phases de recherche de documentation).

### Équipement informatique

La configuration idéale serait que chaque élève dispose d'un ordinateur.

Chaque ordinateur doit disposer des logiciels suivants :

- suite bureautique et navigateur Internet ;
- logiciel de carte mentale (appelée aussi heuristique, carte conceptuelle ou carte des idées) ;
- logiciel de CAO volumique ;
- logiciel de programmation graphique et simulation de comportement compatible avec les maquettes utilisées ;
- logiciels spécifiques de simulation du fonctionnement associés aux supports et aux études de cas proposées.

### Les supports de formation :

Ils sont réels chaque fois que cela est possible (éviter la généralisation de l'utilisation de supports numériques virtuels) et associés :

- aux études de cas (qui seront complétés par des maquettes virtuelles lorsqu'il ne sera pas possible de disposer du réel) ;
- aux projets de créativité technologique, associés aux représentations et simulations informatiques pertinentes.

**Les dispositifs expérimentaux** (simples et peu encombrants) ou **maquettes** permettant de matérialiser un phénomène scientifique, un principe technologique ou l'analyse d'une solution technique associées aux études de cas ou matérialisant les réflexions menées lors du projet d'innovation.

Ces dispositifs expérimentaux sont issus des produits à travers tout ou partie de leurs constituants qui

devront pouvoir être manipulés par les élèves si possible de façon réelle, mais aussi de façon virtuelle afin de faciliter ou compléter les investigations.

Dans l'enseignement de CIT la **maquette** est privilégiée. Il s'agit d'analyser ou valider des principes scientifiques ou solutions techniques. L'association de composants matériels et/ou logiciels devra permettre de respecter des spécifications fonctionnelles. Elles ne correspondent pas obligatoirement aux solutions industrialisées du produit réel ou aboutissant à un produit réellement diffusable mais permet de comprendre, d'illustrer, de d'expérimenter un principe et/ou une solution technique.

Les **maquettes** sont obtenues soit:

- par l'assemblage de composants permettant de créer rapidement à partir d'éléments standard des structures assurant les fonctions attendues ;
- à l'aide d'une imprimante 3D (machine de prototypage rapide), permettant la réalisation de pièces dans le cadre d'une chaîne numérique complète ;
- par l'utilisation de cartes à microcontrôleur destinées au prototypage de solution associées à leur progiciel de programmation graphique ;
- par la mise en œuvre de kits de dispositifs expérimentaux du domaine de l'énergie (système de stockage, production, transformation, régulation) complétés par des instruments de mesure adaptés.

**Remarque** : l'évolution des moyens techniques actuels permet d'envisager l'enseignement de CIT à l'aide d'une « classe numérique » dans une salle complètement banalisée ne comportant que quelques armoires de rangement.

Le concept de classe numérique consiste à disposer, sur un ou plusieurs chariots mobiles, un ensemble de microordinateurs portables destinés aux élèves (qui sont rechargés durant la phase de stockage), une liaison Internet mobile de chaque ordinateur au réseau de l'établissement, un poste professeur comprenant vidéoprojecteur et imprimante.

Cela permet d'installer rapidement une salle informatique dans une salle de classe banalisée, les seules contraintes à résoudre étant la mise à disposition de tables adaptées aux activités et d'armoires fermées à demeure pour stocker les équipements complémentaires ou un chariot mobile pouvant recevoir les supports nécessaires aux activités pédagogiques.

### c. Les supports pédagogiques

Les supports pédagogiques utilisés par le professeur pour dispenser l'enseignement de CIT à un groupe d'élèves, doivent satisfaire aux critères suivants :

- identification aisée d'une innovation ;
- équilibre des différentes approches : innovation technique, innovation produit ou innovation globale (super-système) ;
- complexité de l'innovation compatible avec la progression mise en œuvre ;
- équilibre des trois champs technologiques : énergie, information, matériaux ou structures ;
- respect des thématiques proposées.

**Un support pédagogique doit comporter :**

- une présentation qui ouvre sur les aspects économiques (éléments associés au marché) voire commerciaux (documentation publicitaire ou d'utilisation) ;
- **la possibilité d'investigation** :
  - sur tout ou partie du produit associé à l'innovation : possibilité de mise en œuvre, manipulation, montage-démontage, test et mesure ...
  - sur quelques générations de produits associés à une même fonction d'usage :
    - en termes d'approche du réel (au moins pour les cas d'innovation produit ou innovation technologique) ;
    - en termes d'approche virtuelle, notamment pour les « super systèmes » afin de permettre de faire « rentrer ces produits dans le laboratoire » ;
  - sur des maquettes mettant en évidence un principe scientifique ou une solution technique pouvant être utilisées dans la phase d'études de cas afin de comprendre l'innovation apportée, mais utilisables aussi dans le cadre du projet pour matérialiser une nouvelle innovation.
- **une documentation technique** sur les éléments supports de l'innovation (matériaux, composants, organisation, etc.)

- des ressources documentaires permettant d'appréhender le contexte de l'innovation :
  - contraintes technico économiques, réglementaires, ergonomiques, normatives.... ;
  - principes physiques et solutions techniques utilisées ou potentiellement utilisés avec des critères de choix ;
  - liens avec un ou des brevets, des extraits de normes ... ;
- des scénarios d'activités tant de type études de cas que de problématiques de projets compatibles avec la démarche et les compétences abordées dans le programme. Ils doivent être appuyés sur des problématiques réalistes. Les activités des élèves devront répondre à un questionnement précis, mais il est souhaitable d'éviter de systématiquement présenter les études sous la forme bien connue de TP. Les études de cas devant permettre aux élèves un travail de groupe avec une grande autonomie même si elle est encadrée par le professeur.

Afin de pouvoir être accessible à l'aide de tout poste informatique du laboratoire, les ressources seront numériques et compatibles avec les différentes applications informatiques recommandées.

Afin de faciliter la mise à disposition des éléments destinés à être manipulés sur les tables constituant les « îlots », le rangement dans les armoires, les supports pourront être avantageusement présentés dans des caisses ou valises.

### **Typologie des supports**

Il est possible de distinguer 3 familles de supports relatifs aux activités d'analyse :

- les supports simples, destinés à alimenter les activités « starter », permettant d'identifier des solutions techniques, des principes scientifiques et un ou plusieurs principes d'innovation. Ces supports peuvent relever de produits « grand public » et sont peu coûteux. Ils peuvent donc être multipliés et remplacés régulièrement pour faire évoluer l'enseignement ;
- les supports associés à des travaux pratiques, destinés à approfondir un principe technologique ou scientifique. L'expérimentation associée à l'approfondissement du principe doit rester simple et peu encombrante. Elle repose sur des activités expérimentales d'identification, de réglage, de mesurage permettant de découvrir l'influence de certains paramètres, de vérifier certaines caractéristiques ou performance. Les produits de cette famille peuvent être de tous types, simples ou plus complexes. Dans ce dernier cas, le TP associé pourra se limiter à l'expérimentation d'une partie ou d'un composant ;
- la 3<sup>ème</sup> catégorie correspond à des systèmes complexes, souvent pluri techniques, susceptibles de proposer, à partir d'un même support, plusieurs études de cas et même des thèmes de projet de créativité. Si ce choix peut simplifier l'équipement du laboratoire en le limitant à quelques systèmes, il convient d'éviter l'utilisation systématique des mêmes supports qui amènerait les élèves à vivre toutes leurs activités sur un ou deux produits.

## Les annexes pédagogiques

Ce document propose 4 annexes pouvant être utilisées par les enseignants :

- **une liste de principes d'innovation** issus de la théorie TRIZ, utilisables directement par les élèves pour identifier, lors de leurs investigations, des principes d'innovation ;
- **une liste de lois d'évolution** des systèmes technologiques, utilisables directement par les élèves pour identifier une loi ayant été utilisée dans la création d'un produit innovant.

*Remarque : Les exemples proposés dans ces fiches peuvent être modifiés, remplacés et enrichis par des exemples proposés par les enseignants.*

*Les tableaux proposés devront être adaptés et simplifiés en tant que de besoin pour être utilisés avec des élèves.*

- **une fiche technique sur le brainstorming**, à destination des enseignants, susceptible de les aider à animer les phases de créativité prévues dans le projet technologique de créativité ;
- **une fiche descriptive d'une étude de cas**, permettant d'identifier une étude, ses supports associés, les principes abordés, etc. Cette fiche, associée à chaque étude proposée sur les sites institutionnels, facilitera la mutualisation des données et leur exploitation.

## Annexe 1 : Les principes d'innovation dans les systèmes technologiques

Cette annexe présente 21 principes d'innovation facilement accessibles à des élèves de seconde, extraits des 40 principes identifiés et formalisés par la théorie TRIZ. Des illustrations différentes et/ou complémentaires pourront être intégrées par les enseignants.

Principes	Commentaires	Exemples
<b>1- Segmentation</b>	<i>Diviser un objet en parties indépendantes ou le rendre aisément démontable. Accroître le degré de segmentation de l'objet.</i>	Rasoir à main multi lames, outils coupants à plaquettes
<b>4- Asymétrie</b>	<i>Remplacer une forme symétrique de l'objet par une forme asymétrique. Si l'objet est déjà asymétrique, accroître son degré d'asymétrie.</i>	Ciseaux pour droitier, gaucher et mixte, lampe, pagaies
<b>6- Universalité</b>	<i>Faire en sorte que l'objet assure plusieurs fonctions afin éliminer la nécessité d'autres objets.</i>	Pince multifonction, imprimante multifonction, téléphone portable
<b>7- Poupées russes (Insérer Emboiter)</b>	<i>Placer les objets les uns dans les autres - Faire passer un objet au travers d'une cavité d'un autre objet.</i>	Échelle classique, coulissante, télescopique
<b>14- Sphéricité (Courbure)</b>	<i>Remplacer des parties rectilignes ou planes par parties curvilignes ou sphériques. Remplacer des formes parallélépipédiques par des formes sphériques. Utiliser des rouleaux, des billes, des spirales, des dômes. Remplacer un mouvement de translation par un mouvement de rotation ; recourir à la force centrifuge.</i>	Chaise « repliable » capable de s'enrouler et facile à transporter, Cyclone d'aspirateur, ampoule écologique
<b>15- Dynamisme / Mobilité</b>	<i>Diviser l'objet en plusieurs éléments pouvant être mobiles les uns par rapports aux autres. Si l'objet (ou son environnement) est fixe, le rendre mobile ou déplaçable. Optimiser l'objet ou son environnement extérieur pour qu'il s'ajuste automatiquement aux conditions de fonctionnement optimales.</i>	Mètre pliant, pied photo flexible, vélo pliant
<b>17- Transition vers une autre dimension (Ajouter une autre dimension ou changer de dimension)</b>	<i>Déplacer un objet dans un espace à deux dimensions (s'il se déplaçait sur une ligne) ou à trois dimensions (s'il se déplaçait dans un plan). Utiliser un assemblage multicouche d'objets au lieu d'un assemblage monocouche. Incliner l'objet ou le réorienter en le posant sur un autre côté ; utiliser la face inverse de la surface donnée.</i>	Circuits imprimés multicouches, chargeur de CD
<b>18- Introduction de vibrations (Vibrations mécaniques)</b>	<i>Faire osciller l'objet ou accroître son oscillation. Recourir à la fréquence de résonance. Passer des vibrations mécaniques aux piézo-vibration. Conjuguer les vibrations ultrasoniques avec un champ électromagnétique.</i>	Rasoir à lames vibrantes, brosse à dents électrique, dameuse

<b>Principes</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Exemples</b>
<b>19- Action périodique</b>	<i>Remplacer une action continue par une action périodique par impulsion ou modifier la fréquence ou l'amplitude si l'action est déjà périodique. Si l'action est périodique, intercaler une autre action entre les pauses.</i>	Sauvegardes automatiques des systèmes informatiques
<b>21- Action flash Faire à grande vitesse</b>	<i>Réaliser le processus ou certaines étapes dangereuses ou néfastes à grande vitesse (action flash).</i>	Flash photographique, stérilisation du lait UHT, fraise de dentiste
<b>23- Emploi d'une boucle (Rétroaction – Asservissement – Feedback)</b>	<i>Introduire un asservissement (emploi d'une boucle) afin d'améliorer un procédé ou une action Si l'asservissement existe déjà, le modifier</i>	Robot aspirateur, lampe à détecteur de mouvements
<b>24- Utilisation d'Intermédiaire</b>	<i>Utiliser un objet ou un procédé intermédiaire. Joindre temporairement provisoirement un objet à un autre facile à éliminer.</i>	Emballages intermédiaires, embout universel de vissage
<b>25- Self Service</b>	<i>Faire en sorte que l'objet se suffise à lui-même en effectuant des fonctions auxiliaires utiles. Réutiliser les déchets énergétiques et matériels</i>	Lampe torche dynamo, panneau photo voltaïque
<b>27- Penser Jetable (Ephémères bon marché au lieu de la durabilité couteuse)</b>	<i>Remplacer un objet cher par un ensemble d'autres objets bon marché, en renonçant à certaines de ses propriétés (comme la longévité).</i>	Stylos jetables, instruments médicaux jetables
<b>28- Remplacement du système mécanique</b>	<i>Remplacer un système mécanique par un système optique, acoustique ou olfactif. Utiliser des champs électriques, magnétiques, électromagnétiques pour une interaction avec l'objet Remplacer les champs statiques par des champs mobiles, les champs aléatoires par des champs structurés. Utiliser les champs en combinaison avec des particules activées par ces champs (ferromagnétiques par exemple).</i>	Lecteur MP3, manette de jeu WIFI
<b>31- Matériaux poreux / Trou</b>	<i>Rendre un objet poreux ou lui adjoindre des éléments poreux (inserts, revêtements). Si l'objet est déjà poreux, remplir les interstices avec une substance dont la fonction est utile.</i>	Semelle fer vapeur, palier lisse autolubrifiant, textile respirant
<b>32- Changement de couleur</b>	<i>Modifier la couleur d'un objet ou de son environnement. Modifier son degré de transparence ou celui de son environnement extérieur. Utiliser des additifs colorants pour repérer un objet difficile à voir.</i>	Verres photosensibles, afficheurs digitaux
<b>33- Homogénéité</b>	<i>Utiliser des objets annexes interagissant avec l'objet ayant des propriétés identiques.</i>	Connecteurs informatiques, home cinéma

<b>Principes</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Exemples</b>
<b>34- Éliminer et récupérer Penser éjectable et régénérable</b>	<i>Éliminer une partie de l'objet (par dissolution, évaporation etc.) lorsque celle-ci a assuré sa fonction ou la modifier au cours de fonctionnement. Restaurer les parties consommées au cours du fonctionnement.</i>	Étage d'une fusée de lancement, matières plastiques biodégradables
<b>35- Changement / Modifications de paramètres</b>	<i>Modifier l'état de phase d'un objet (ex. sous forme de gaz, de liquide ou de solide). Changer la concentration ou la consistance. Modifier le degré de flexibilité Modifier la température.</i>	Télémetre, véhicule électrique
<b>40- Composites (Matériaux Composites)</b>	<i>Remplacer les matériaux homogènes par des matériaux composites.</i>	Skis alpins, ouvrages en béton, cadre vélo

Trois liens Web peuvent être exploités pour trouver des exemples d'applications des principes de TRIZ.

[www.triz40.com/aff\\_Principes.htm](http://www.triz40.com/aff_Principes.htm)

[www.triz-journal.com/archives/contradiction\\_matrix/](http://www.triz-journal.com/archives/contradiction_matrix/)

[www.triz40.com/?lan=fr](http://www.triz40.com/?lan=fr)

## Annexe 2 : Les lois d'évolution des systèmes technologiques

Cette annexe propose une présentation succincte des lois d'évolution des systèmes. Le tableau ci-dessous propose une énumération et des commentaires des 8 lois proposées aux élèves.

*Les trois premières lois permettent de constater que le système technique étudié est bien le résultat de plusieurs étapes d'évolution l'amenant tant par sa constitution, la possibilité de conduire l'énergie, la cohérence entre les rythmes de fonctionnement de ses parties a une possibilité de fonctionnement répondant au besoin attendu. De la même façon, pour rendre un système technique opérationnel il faudra agir afin qu'il vérifie ces trois premières lois.*

Lois	Descriptions	Exemples	Commentaires
<b>Loi 1 : Intégralité du système technique</b>	Pour qu'un système technique soit opérationnel, il faut que toutes les parties principales du système fonctionnent a minima. Il doit comporter au moins 4 éléments : un élément de transformation de l'énergie, un organe de transmission, un effecteur, un élément de pilotage.	Robotisation : passage d'un «moyen de production traditionnel» à un robot d'atelier. Le robot réalisant une tâche (peinture, assemblage ou autre tâche) est composé d'axes et d'organes de préhension ou de travail. Les moteurs sont alimentés en énergie. Un équipement informatique est à la base de la partie commande.	<i>Correspond à la cohérence fonctionnelle des parties d'un système, qui peut être formalisée par les outils de base de l'analyse fonctionnelle des systèmes qui peuvent être proposées aux élèves à partir de l'étude de supports.</i>
<b>Loi 2 : Conductibilité de l'énergie dans un système technique - Flux d'énergie</b>	Pour qu'un système puisse fonctionner, l'énergie doit pouvoir y circuler. La circulation libre et efficace de l'énergie à travers toutes les parties du système est une condition indispensable à sa survie. Il faut tendre vers l'utilisation d'un seul champ (une seule forme d'énergie) pour tous les processus de fonctionnement et de contrôle dans un même système.	Pour alimenter la partie du système qui « travaille », il est nécessaire de prévoir les dispositifs d'alimentation, de transmission, de conversion ou de modulation de l'énergie.  L'exemple du passage du baladeur au lecteur audio-vidéo numérique portable illustre parfaitement cette évolution.	<i>L'analyse de produits réels permet de constater les types, les formes et les flux d'énergie mis en œuvre, de constater les innovations correspondantes à des simplifications des flux d'énergie, à minimiser les conversions d'énergie...</i>
<b>Loi 3 : Coordination du rythme des parties du système - Fréquences et modes de fonctionnement</b>	Pour qu'un système fonctionne, il est nécessaire qu'il y ait coordination du comportement de ses différents constituants. La concordance (ou la discordance intentionnelle) de la fréquence des oscillations (ou de la périodicité de fonctionnement) de toutes les parties d'un système technique est une condition indispensable à sa survie.	Horloge du microprocesseur qui cadence le fonctionnement d'un ordinateur. Relation entre la fréquence de rotation du moteur et la vitesse d'un véhicule ...	<i>Cette loi trouve son illustration la plus évidente dans la structure temporelle des systèmes automatiques qui doivent, de façon temporelle ou séquentielle coordonner le fonctionnement des différentes parties d'un système. Elle est donc simple à identifier, même si on n'approfondit pas la structure du programme observé.</i>

Les lois 4 à 6 correspondent à la recherche du « système idéal ». Si un système est amené à évoluer c'est pour répondre de la façon la plus pertinente au besoin exprimé. Dans le cas des systèmes techniques, les innovations sont intentionnelles même si elles utilisent des inventions et visent à l'amélioration des produits tant du point de vue fonctionnel qu'en termes de performance ou service. En conséquence de quoi, toute évolution doit aller dans le sens d'un système technique plus idéal.

Lois	Descriptions	Exemples	Commentaires
<b>Loi 4 : Loi d'accroissement de l'idéal ou de l'augmentation du niveau de perfectionnement global d'un système technique (accroissement du rapport performance/coût)</b>	<p>Tout système à tendance à se développer (ou s'améliorer) par une augmentation de son niveau de perfectionnement global.</p> <p>Le développement de tout système technique tend vers le niveau le plus élevé de perfectionnement améliorant ainsi le rapport entre la performance du système et les dépenses nécessaires pour réaliser celle-ci.</p> <p>Un système technique ne peut survivre que si son idéalité (perçue par l'utilisateur) augmente. Dans le cas contraire, le système peut être techniquement viable mais ne survivra pas car il sera abandonné au profit d'un autre par les utilisateurs.</p>	<p>Un véhicule actuel embarque de l'informatique (multiplexage, calculateur moteurs, etc.), des nouveaux organes de sécurité et de confort (ABS, ESP, climatisation, positionnement par satellite, ...).</p> <p>Il se développe en accroissant un équilibre entre son niveau de perfectionnement technique, son coût, sa sécurité et le service rendu aux utilisateurs.</p>	<p><i>Cette loi correspond à l'évolution d'un ratio entre la somme des fonctions utiles sur la somme des fonctions nuisibles. Tout système technique évolue en augmentant son niveau d'idéalité. Cette loi est fondamentale, elle explique la tendance globale de l'évolution des systèmes. Le chemin vers l'idéalité est composé d'une première période durant laquelle le système se complexifie (augmentation des fonctions utiles), puis d'une deuxième durant laquelle il se simplifie (diminution des fonctions inutiles ou néfastes).</i></p>
<b>Loi 5 : Développement inégal des parties d'un système</b>	<p>Dans le développement d'un système, toutes les parties ne peuvent être améliorées de façon identique. Il y a souvent des contradictions à lever et des choix à effectuer.</p> <p>Les parties d'un système se développent et évoluent de manière inégale.</p> <p>L'amélioration d'une partie du système peut faire apparaître des problèmes dans une autre partie.</p> <p>L'amélioration la plus efficace concerne alors la partie la plus faible.</p>	<p>L'évolution des véhicules électriques est soumise à la contradiction entre l'autonomie et le poids des batteries ....</p> <p>La partie faible du développement des véhicules propres est la batterie, qui doit être fiable, légère et puissante.</p> <p>La principale évolution pour le développement des voitures propres porte aujourd'hui sur le développement et l'industrialisation des batteries.</p>	<p><i>Cette loi est fortement corrélée avec la première loi : c'est la partie la plus médiocre du système qui est en général améliorée en priorité. Plus le système technique est complexe, plus l'inégalité du développement des parties est importante.</i></p>
<b>Loi 6 : Loi de transition du système vers le « super système »</b>	<p>Lorsqu'un système technique a épuisé ses possibilités de développement, il devient une simple partie d'un « super système » et son développement passe alors par celui des parties de ce « super système ».</p> <p>À partir d'un niveau de développement, toute amélioration ne peut plus concerner qu'un nouveau système qui intègre le précédent système comme une de ses composantes : création d'un « super système ».</p>	<p>Les évolutions de l'informatique ont permis d'intégrer un ordinateur dans un réseau mondialisé d'ordinateurs : Internet. Plus que le téléphone en lui-même, ce sont les services associés qui rendent l'utilisation du GSM performante.</p>	<p><i>Cette loi correspond à un grand nombre d'innovations technologiques récentes. Elle est toujours associée à un modèle économique spécifique, qui permet au « super système » d'être viable sur ce plan. Les systèmes réunis en un « super système » acquièrent de nouvelles fonctions et propriétés.</i></p>

La recherche de l'idéal peut s'effectuer suivant différentes méthodes. Les 2 lois suivantes précisent suivant quelles règles le système peut évoluer :

Lois	Descriptions	Exemples	Commentaires
<b>Loi 7 : Loi de transition du macro niveau vers le micro niveau (loi de miniaturisation)</b>	<p>Cette loi reflète la tendance de l'évolution des systèmes techniques vers une miniaturisation des composantes du système.</p> <p>La notion de macro niveau et de micro niveau est directement liée au niveau structurel observé (solide, granulés, poudre, liquide, champs).</p> <p>Pour continuer à développer un système il est nécessaire après s'être intéressé à chaque composant, à faire évoluer la constitution interne de chacun de ses composants.</p>	<p>Augmentation des niveaux d'intégration des composants électroniques : intégration de fonctions au niveau d'un appareil, puis niveau d'intégration de chaque composant.</p> <p>Apports des nano technologies ...</p>	<p><i>Il existe trois voies de transition du macro niveau au micro niveau :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>l'augmentation du degré de segmentation :</i></li> <li>• <i>l'augmentation du "mélange" de substance et de vide (transition vers les matériaux poreux) :</i></li> <li>• <i>la substitution dans un système d'une partie matérielle par un champ.</i></li> </ul>
<b>Loi 8 : Loi de l'accroissement du dynamisme ou de la contrôlabilité.</b>	<p>L'évolution des systèmes passe par la transformation de systèmes statiques vers des systèmes dynamiques, s'adaptant à des situations variées mais exigeant, en contrepartie, un contrôle permanent plus ou moins évolué.</p> <p>Le développement d'un système passe par l'augmentation du niveau de pilotage de ses composants.</p>	<p>On voit apparaître sur les produits de plus en plus de fonction de pilotage, de contrôle ou de régulation.</p>	<p><i>Un système technique tend vers un niveau de contrôlabilité accru, pour atteindre un niveau d'auto contrôle. L'évolution du système tend ainsi vers l'absence de l'intervention humaine.</i></p>

### La théorie TRIZ

Développée à la fin du 20<sup>ème</sup> siècle par un ingénieur Russe, cette théorie et ses outils associés proposent d'aborder de façon rationnelle les problèmes d'invention. Cette méthode trouve son origine dans l'analyse et l'exploitation systématique de plusieurs dizaines de milliers de brevets qui lui ont permis de trouver des classifications de principes inventifs qui peuvent s'appliquer dans tous les domaines. Cette méthode repose, entre autre, sur le concept de conflit-compromis devant être résolu pour répondre à un problème technique. Par exemple, une pièce doit être résistante et légère, dont la réponse naturelle du technicien est un compromis entre un matériau, des formes et des dimensions. TRIZ formalise un ensemble de contradictions dont il propose une série de solutions constatées dans l'existant. Face à un nouveau problème, l'ingénieur pourra donc formaliser la contradiction qui s'applique à son étude et analyser les différentes solutions proposées afin de retenir la plus appropriée.

## Annexe 3 : Démarches de créativité non rationnelle : le brainstorming

---

Cette annexe propose une fiche technique de mise en œuvre d'une démarche de créativité non rationnelle de type brainstorming.

### Le brainstorming

#### Pour quoi faire?

Le brainstorming est un outil de créativité qui permet de rechercher en groupe et en toute liberté un maximum d'idées sur un sujet donné. En effet, chacun d'entre nous peut avoir davantage d'idées quand il est en groupe et quand il n'est soumis à aucune contrainte.

#### Quand l'utiliser ?

Le brainstorming est très utilisé par les groupes de travail pluridisciplinaire, en particulier pour rechercher :

- tous les sujets qui pourraient être traités par le groupe ;
- tous les facteurs d'un problème à analyser ;
- toutes les causes possibles d'un problème à résoudre ;
- le plus grand nombre d'idées ou d'éléments de solutions en phase de créativité ;
- les critères de choix des idées ou des solutions.

#### Comment faire?

Le brainstorming se déroule en trois étapes qui doivent être rappelées systématiquement par l'animateur aux participants :

1. présentation du sujet ;
2. production des idées ;
3. exploitation de la production.

#### Étape 1 : Présenter le sujet

---

L'animateur présente le sujet au groupe et en propose une formulation sous forme de question.

Il s'assure que chacun est d'accord pour traiter ce sujet et que chacun a bien compris la même chose.

Il écrit ensuite le sujet sur le tableau afin qu'il soit visible pendant toute la durée du brainstorming.

#### Étape 2 : Produire en groupe un maximum d'idées

---

L'animateur rappelle les règles du brainstorming et les affiche afin que chacun les respecte pendant l'étape de production. Il y a quatre règles fondamentales :

1. **TOUT DIRE** (laisser chacun s'exprimer librement sur le sujet, provoquer l'expression de certains, limiter celle d'autres...) ;
2. **EN DIRE LE PLUS POSSIBLE** (ne pas hésiter à laisser s'exprimer beaucoup d'idées, même comme pouvant apparaître décalées...) ;
3. **PILLER LES IDÉES DES AUTRES** (rebondir, développer les idées. Tout est permis : variantes, analogies, oppositions, nuances...)
4. **NE PAS CRITIQUER, NI DISCUTER, NI JUGER LES IDÉES ÉMISES** (même si elles sont incongrues, bizarres, insolites).

Si besoin est, l'animateur peut donner quelques minutes de réflexion aux participants afin qu'ils puissent noter quelques idées individuellement avant de « produire en groupe ».

Puis il écrit sur le tableau toutes les idées émises en les numérotant. Idéalement il est bien d'utiliser un « paperboard » avec des papiers repositionnables pour faciliter l'exploitation qui va suivre.

Il doit s'assurer auprès de l'auteur que ce qu'il écrit est conforme à sa pensée, mais en aucun cas il ne doit juger, commenter ou censurer. Pendant un brainstorming, l'animateur est non directif sur le fond et sur les idées. Toutefois, il peut rappeler le sujet si les idées produites s'en éloignent trop.

En cas de creux, l'animateur peut relancer le brainstorming :

- en donnant quelques idées, celles-ci n'ayant aucune priorité sur celles des participants ;
- en relisant toutes les idées émises ;
- en s'adressant directement à chacun des participants.

Une bonne production dans un brainstorming ne se termine pas sans avoir listé plusieurs dizaines d'idées.

#### Étape 3 : Exploiter la production

---

L'animateur relit avec le groupe toutes les idées notées au tableau pour :

- reformuler ou préciser les idées floues ou peu claires ;
- éliminer, si besoin est, les idées hors sujet avec l'accord du groupe ;
- regrouper les idées strictement identiques.

Lorsque l'exploitation est terminée, les idées du brainstorming sont prêtes pour être classées par thèmes ou par familles, ou encore triées avec une matrice ou une carte mentale.

**Pour quoi faire ?**

*Pour rechercher en groupe et en toute liberté un maximum d'idées sur un sujet donné.*

**Quand l'utiliser ?**

*Dans les phases de recherche de sujet, de paramètres, d'idées, de solutions ou de critères d'une démarche de résolution d'un problème technique ou d'innovation.*

**Comment faire?**

1. *Présenter le sujet.*
2. *Produire en groupe un maximum d'idées sans oublier les règles du brainstorming :*
  - ◆ *tout dire (variété, diversité) ;*
  - ◆ *en dire le plus possible (quantité) ;*
  - ◆ *piler les idées des autres (analogies, variantes, oppositions...);*
  - ◆ *ne pas critiquer les idées émises (incongrues, bizarres, insolites...!).*
3. *Exploiter la production.*

#### Annexe 4: Exemple de grille de caractérisation d'une étude de cas.

<b>Produit</b>	<b>Nom : Ventiléo</b>	<b>Fournisseur : XXXX</b>	<b>Photographie du support</b>
<b>Description</b>	<p>Système autonome hygroréglable et miniaturisé d'extraction et de soufflage de l'air intégré en partie basse de menuiseries PVC.  Destiné au marché de la rénovation pour ventiler l'air intérieur de la pièce en évitant l'installation d'une VMC dans l'habitat.  Composé d'un échangeur de chaleur filtrant et de deux ventilateurs (Micro-watt 3,5W).  Régulation en fonction du taux d'humidité.  Economise jusqu'à 35 % d'énergie par rapport à une ventilation naturelle non contrôlée.</p>		
<b>Supports</b>	VMC standard, VMC régulation hygrométrique, VMC double flux, circuit classique VMC		
<b>Approches</b>	Produit, à partir d'une VMC classique, avec et sans capteur hygrométrique		
<b>Principes proposés</b>	<b>Techniques</b>	Ventilation, échangeur thermique, capteur (hygrométrie)	
	<b>Scientifiques</b>	Échanges thermiques, hygrométrie	
	<b>Principes d'innovation</b>	1 : Segmentation 6 : Universalité (intégration de fonctions) 23 : Emploi d'un pilotage (boucle de régulation)	
	<b>Lois d'évolution</b>	7 : Transition du macro niveau vers le micro niveau (Intégration – miniaturisation)	
<b>Champs technologiques privilégiés : Énergie, Information</b>			
<b>TP</b>	Régulation d'une ventilation par capteur hygrométrique – Commande Tout ou Rien		
<b>Projet</b>	Intégration d'un panneau photo voltaïque sur l'appareil.		