



éduscol



Ressources pour le lycée général et technologique

Ressources pour la classe de seconde
générale et technologique

Sciences de l'ingénieur

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.

28 juin 2010
(édition provisoire)
mise à jour le 1 juillet 2010

Ce document a été élaboré par

Philippe Fichou (IA-IPR académie de Rennes)

Christian Garreau professeur Louis le Grand

Benoît Jacquet professeur au Lycée Camille-Claudé de Pontaut-Combault

Philippe Lefèbvre (IA- IPR STI académie de Dijon),

Norbert Perrot Inspecteur général de l'éducation nationale. Doyen du groupe Sciences et Techniques Industrielles

Samuel Viollin (IA-IPR académie de Créteil),

Sommaire

1. Finalités de l'enseignement

- a. Objectifs et positionnement de cet enseignement
- b. Commentaires relatifs aux compétences abordées
- c. Commentaires sur les thématiques proposées
- d. Typologie des démarches

2. Activités pédagogiques

- a. Approches proposées
- b. Études de cas

3. Organisation des enseignements

- a. Organisation des activités
- b. Mutualisation des supports de formation

4. Locaux et équipements

- a. Aménagement des locaux
- b. Supports didactiques et équipements

1. Finalités de l'enseignement

a. Objectifs et positionnement de l'enseignement

L'objectif principal de l'enseignement d'exploration de *Sciences de l'Ingénieur* est de découvrir pourquoi et comment un produit contemporain est conçu, pour répondre à quel besoin et quel et son impact dans la société et sur notre environnement. Il privilégie l'étude des réponses techniques aux besoins des hommes et des femmes qui composent une société. Cet enseignement, dans le prolongement de la Technologie au collège, vise à compléter un socle de compétences relatives à la compréhension des systèmes pluritechniques. Il permet notamment de montrer la différence entre une solution de principe scientifique et une solution technique, d'acquérir une culture technologique suffisante pour aborder les systèmes pluritechniques, dans le respect des contraintes de développement durable. C'est aussi l'occasion de montrer l'apport et la synergie avec les mathématiques, les sciences physiques et chimiques fondamentales et appliquées, les sciences de la vie et de la Terre pour trouver des réponses aux questions scientifiques que soulève une société moderne, d'en faire percevoir différents enjeux, et de donner les moyens de les aborder de façon objective.

Ils développent des compétences pour :

- l'analyse structurée des systèmes pluritechniques ;
- la confrontation d'un modèle au réel par le biais de simulation et l'expérimentation ;
- l'initiation aux démarches de conception et la validation des performances d'un produit.

Cet enseignement est complémentaire de celui de *Création et Innovation Technologiques* qui s'intéresse plus spécifiquement aux principes d'innovation et à la découverte des lois d'évolution des produits.

C'est l'approche d'un produit ou d'un système technique qui différencie les deux enseignements d'exploration *Création et Innovation Technologiques* et *Sciences de l'Ingénieur*. Le premier s'intéresse aux innovations technologiques intégrées dans des produits et aux démarches de créativité associées. Il s'appuie sur des évolutions de produits ou de grands systèmes techniques et permet d'identifier des facteurs d'innovation s'appuyant sur des principes scientifiques et des solutions techniques innovantes associées.

Le second présente des spécificités qui peuvent être résumées par les points suivants :

- il propose aux élèves une initiation aux démarches et méthodes d'analyse des systèmes pluritechniques selon trois démarches complémentaires d'analyse fonctionnelle, structurelle et comportementale ;
- il introduit la notion de modèle et la simulation numérique en vue de prévoir ou d'optimiser le comportement d'un système. Il contribue ainsi à présenter deux des grandes compétences qui sont à la base de la démarche des sciences de l'ingénieur, l'approche par la simulation

et l'expérimentation. Il prépare les élèves à la compréhension des liens entre un modèle et le réel à travers la simulation et l'expérimentation. Les modèles utilisés sont soit obtenus par expérimentation soit fournis. La simulation permet, grâce à un modèle, de prévoir le comportement du système selon un point de vue ;

- il permet d'aborder, dans une démarche de résolution de problèmes lors d'un projet, les démarches de conception ou d'optimisation d'une solution au regard d'un cahier des charges, dans le respect des contraintes de développement durable ;
- il participe activement à l'élaboration d'un projet d'orientation de l'élève et à la construction de son parcours de formation. Cet enseignement doit permettre de révéler le goût et les aptitudes des élèves pour les études scientifiques et technologiques. En particulier, il doit présenter une orientation possible pour le cycle central du baccalauréat scientifique, qui, s'appuyant sur les mathématiques et les sciences physiques et chimiques, propose deux parcours complémentaires, l'un vers les sciences du naturel avec l'enseignement de sciences de la vie et de la Terre, l'autre vers les sciences de l'artificiel avec l'enseignement de sciences de l'ingénieur. Les sciences de l'ingénieur, au même titre que les sciences de la vie et de la Terre sont une voie de motivation et de réussite pour la poursuite de la formation scientifique après le collège et la préparation à l'enseignement supérieur. Cela étant, l'enseignement d'exploration *Sciences de l'Ingénieur* n'est pas une propédeutique pour le baccalauréat S sciences de l'ingénieur, il permet aussi une orientation vers le baccalauréat STI2D.

Cet enseignement d'exploration *Sciences de l'Ingénieur* s'appuie sur tous types de supports représentatifs des produits manufacturés ou de l'habitat et des ouvrages. Ces supports n'exigent pas de spécifications particulières des locaux (voir paragraphe 4), et impliquent l'utilisation systématique d'outils informatiques et d'instruments de mesures. Cet enseignement d'exploration *Sciences de l'Ingénieur* peut donc être installé dans tous les lycées généraux et technologiques.

Notion de question sociétale

Nos sociétés ont de grands défis à relever, avec une population qui augmente sur une planète aux ressources limitées. Dans un contexte d'épuisement des énergies fossiles, il faudra proposer des réponses aux besoins fondamentaux des hommes, comme l'accès à l'eau, à l'énergie, à l'alimentation, à l'habitat, au transport, à la santé, à l'éducation et à l'information. La technologie doit être présentée comme une des réponses aux grands défis de notre société. L'enseignement d'exploration *Sciences de l'Ingénieur* doit également stimuler le regard critique à la fois sur les produits et systèmes techniques mais aussi sur les réponses qu'ils permettent d'apporter à ces questions de société.

L'enseignement d'exploration de *Sciences de l'Ingénieur* s'intéresse à un produit ou un système technique relatif à un grand domaine de notre société justifiant son existence. Il permet de découvrir les principaux concepts et modèles scientifiques et technologiques relatifs à son fonctionnement et

à sa constitution. Il permet d'aborder les concepts et les fonctions des sciences de l'ingénieur. Il est possible qu'un même produit puisse être étudié de manière pertinente dans les deux enseignements d'exploration *Sciences de l'Ingénieur* et *Création et Innovation Technologiques*. Cela étant, il faudra vérifier que des élèves, qui suivraient par dérogation les deux enseignements d'exploration, ne travaillent pas systématiquement sur les mêmes supports.

Prise en compte de l'orientation

L'enseignement d'exploration tient un rôle important dans la construction d'un projet d'orientation, 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 moyen privilégié pour faire découvrir aux élèves l'intérêt, l'intelligence et l'imagination dont doivent faire preuve chercheurs et ingénieurs pour inventer, concevoir, spécifier, améliorer, optimiser, qualifier des produits techniques dans un contexte permanent de développement durable. Des rencontres avec des industriels et des experts peuvent être organisées et complétées par des rencontres avec des chercheurs et 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 aux études de cas de cet enseignement. L'enseignement d'exploration *Sciences de l'Ingénieur*, étant fédérateur d'un nombre important de compétences spécifiques et transversales, permet donc aux élèves qui le choisissent de tester de nombreux champs.

Interventions d'experts

Les sciences de l'ingénieur participent au même titre que les autres disciplines du cycle terminal du baccalauréat scientifique à la formation d'ingénieurs, de chercheurs pour répondre aux besoins de notre société en scientifiques de haut niveau. L'exploration des compétences proposées peut avantageusement s'appuyer sur des industriels (ingénieurs, directeurs de bureau d'étude, etc.), des enseignants d'autres disciplines (mathématiques, sciences physiques et chimiques fondamentales et appliquées, sciences de la vie et de la Terre, économie, philosophie, etc.) ou des chercheurs du monde universitaire capables de témoigner de leurs parcours scientifiques et technologiques.

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

b. Commentaires relatifs aux compétences abordées

Pour atteindre les objectifs assignés de découverte d'un domaine de formation particulier, des enseignements correspondants du cycle terminal, des fonctions techniques et professionnelles associées, des métiers et des formations post baccalauréat envisageables, cet enseignement définit

des compétences à aborder concrètement et des activités spécifiques, il n'est pas demandé de les maîtriser.

L'enseignement d'exploration n'a pas comme objectif de faire acquérir des compétences précises dans le domaine des sciences de l'ingénieur. Il vise à poursuivre l'approche technologique large du collège tout en approfondissant les relations entre les sciences et la technologie, par l'approche de démarches propres aux sciences de l'ingénieur. Cet axe principal de la formation induit l'obligation de communiquer, et donc d'utiliser certains codes et langages déjà abordés au collège.

Les commentaires suivants donnent des indications sur les stratégies et les démarches pédagogiques à développer pour les trois parties du programme.

Approfondir la culture technologique

L'organisation de la compréhension d'un système, et éventuellement son optimisation, s'appuie sur trois types d'analyse complémentaires :

- **l'analyse fonctionnelle** (expression fonctionnelle du besoin, analyse fonctionnelle technique, fonctions techniques) permet de caractériser les fonctions que le système doit assurer afin de satisfaire le besoin du client. Celui-ci est défini par un cahier des charges et ceci sans présager des solutions techniques qui seront mises en œuvres ;
- **l'analyse structurelle** permet de décrire l'architecture du système (chaînes d'énergie et chaîne d'information) et les solutions technologiques (les structures) mise en œuvre pour assurer les fonctions internes ;
- **l'analyse comportementale** du système s'appuie sur des réponses spatiale et temporelle en réponse à des sollicitations.

Les démarches utilisées privilégient une analyse descendante et structurée qui permet de s'arrêter au niveau accessible à un élève de seconde ; utilisées en recherche de solution, elles permettent une initiation aux démarches de conception.

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

Ces démarches pourront être abordées selon deux approches :

- **par les produits**, amenant à une justification des solutions techniques et des choix technologiques effectués au regard des performances attendues ;
- **par les solutions constructives de fonctions**, en comparant les choix technologiques proposés sur des produits différents.

Représenter - communiquer

L'activité de conception implique de mobiliser des capacités de communication, entre les différents

acteurs d'un projet (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.) connus des enseignants et déjà abordés aux collègues pour certains d'entre eux.

L'introduction des concepts propres aux sciences de l'ingénieur va impliquer de savoir construire un argumentaire, une analyse logique structurée permettant d'expliquer, de savoir répartir le travail dans une équipe et l'animer, de rendre compte du déroulement d'une réflexion, d'une activité. Cette communication devra aboutir à une forme de communication scientifique et technologique (compte rendu de recherche, affiche, posters scientifiques, diaporama, production multimédia etc.).

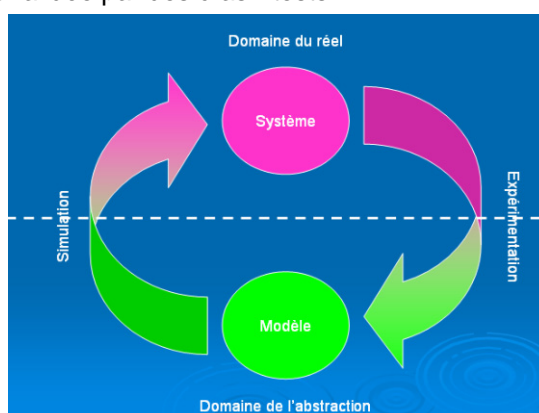
Les simulations de comportement d'un système technique, que ce soit du point de vue de la structure, du fonctionnement (pour identifier les paramètres importants, estimer leur influence) sont aussi des éléments essentiels de représentation du réel, que les élèves doivent apprendre à utiliser (et non à construire, ce qu'ils feront plus tard s'ils poursuivent dans des formations scientifiques).

D'une manière générale, la « virtualisation » des systèmes étudiés doit être recherchée, **en complément de systèmes réels existants** (situation idéale) ou déportés (notion de système instrumenté consultable en ligne), ce qui permet notamment d'étudier des systèmes impossibles à installer dans une salle de classe.

La mise en œuvre maîtrisée de ces simulations est un apprentissage nécessaire, qui permet d'obtenir rapidement un résultat sans devoir mener des calculs longs ou hors de portée d'un élève de seconde.

Simuler, mesurer un comportement

Avant l'avènement de l'informatique, les ingénieurs et chercheurs ne disposaient que de l'expérimentation pour nourrir et valider leurs modèles ou leurs théories. Par exemple, pour la conception des automobiles, la conception de zones, capables d'absorber l'énergie d'un choc sans déformer l'habitacle, était validée par des crash-tests.



Avec le développement de l'informatique, d'abord centralisée dans les supercalculateurs puis diffusée au cœur des systèmes, est apparue une nouvelle science nommée « simulation numérique » basée sur une branche des mathématiques « l'analyse numérique » et les grands

domaines des sciences de l'ingénieur. La simulation permet de réduire la durée et les coûts dans le cycle de développement d'un produit. Cependant, le système est souvent trop complexe pour pouvoir être appréhendé dans sa globalité, il est alors nécessaire de faire appel à la notion de modèle associé à un point de vue qui permet de substituer la complexité du réel par une représentation abstraite moins fine dans son ensemble mais suffisamment fine pour le point de vue adopté. Par exemple, on peut modéliser le système par un schéma cinématique qui s'avérera suffisant pour prévoir la loi entrée-sortie de celui-ci, mais le point de vue adopté (cinématique) ne donne aucune information sur la solution technologique retenue. Dans l'enseignement d'exploration *Sciences de l'Ingénieur*, les modèles seront fournis, les simulations selon un point de vue donné aussi ; l'élève se contentera de faire varier quelques paramètres influents, de lancer la simulation et d'analyser les résultats en fonction de leurs impacts sur les performances (simulées) du produit technique.

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 exposées pour aider enseignants et élèves à s'intéresser à tous les champs technologiques permettant de découvrir pourquoi et comment un produit technique est conçu, à quel besoin il répond et quel est son impact dans la société et sur notre environnement.

Le programme propose des grands domaines technologiques qui sont communs à l'enseignement d'exploration *Création et Innovation Technologiques*. Les thèmes portent sur les systèmes techniques présents dans l'environnement des élèves. La liste, proposée dans le programme, n'est pas limitative et un enseignant pourra proposer d'autres thèmes de ce type qui répondent aux mêmes critères. Le lecteur trouvera dans le document d'accompagnement CIT des commentaires explicitant chaque thème.

Le programme propose de s'appuyer sur les grands domaines suivants :

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

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

La dématérialisation des biens et des services

- *la monnaie, les réservations en ligne, le bureau virtuel, ...*

2. Activités pédagogiques

a. Les démarches pédagogiques proposées

Dans la suite des programmes de Technologie au collège, et à partir d'une « situation problème » identifiée relative à un produit ou un système technique, le professeur propose à un groupe d'élèves des activités qui relèvent de deux démarches :

- une démarche d'investigation¹ à privilégier dans les situations d'analyse et de compréhension ;
- une démarche de résolution de problème technique² menée dans le cadre d'une démarche de projet déclinant les différentes phases d'un développement ou d'une amélioration.

¹ Une démarche d'investigation est un ensemble d'actions et de réflexions autour d'une problématique. En sciences de l'ingénieur, la démarche d'investigation vise à observer le comportement, le fonctionnement, la constitution d'un système technique, à rechercher des informations et à identifier les solutions retenues ainsi que les principes qui le régissent.

² Une démarche de résolution de problème technique est un ensemble structuré de réflexions, de méthodes et d'actions visant, à partir de l'expression du problème identifié :

- à l'expliciter ;
- à identifier les contraintes qui y sont associées, le niveau de réponse attendue et les types de résolutions possibles (lois, règles, outils, méthodes, organisation...);
- à appliquer les méthodes de résolution ;
- et à comparer les résultats afin de faire un choix justifiable.

b. Études de cas

S'il existe de nombreuses manières d'aborder les démarches en sciences de l'ingénieur, le programme **identifie la notion d'études de cas en remplacement de la notion de TP de l'ancien programme d'ISI**, même si chaque enseignant conserve la liberté pédagogique d'imaginer et d'en proposer d'autres. **Les supports et les systèmes retenus doivent être impérativement pluritechniques afin d'être représentatifs de la diversité des champs et des solutions techniques actuelles. Certains supports de l'ancien programme d'ISI, qui ne répondent pas à ces critères, devront être retirés des laboratoires.**

Ces études de cas privilégient l'analyse de systèmes en démarche d'investigation selon deux approches :

- justifier les fonctions du système technique relatif à un grand domaine de notre société ;
- découvrir les principaux concepts et modèles scientifiques et technologiques relatifs à son fonctionnement et à sa constitution et d'aborder les concepts et les fonctions des sciences de l'ingénieur.

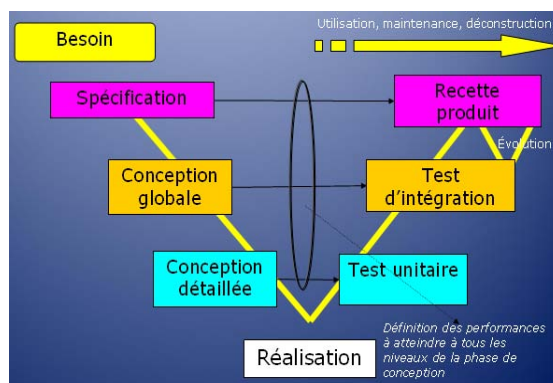
Elles doivent privilégier l'exploitation des possibilités qu'offrent les outils de représentation virtuelle en termes d'investigation, de simulation et d'analyse de comportement des systèmes. Les enseignants devront veiller à ce que les paramètres d'entrée et de sortie soient accessibles par leurs élèves.

Deux questions sociétales au moins doivent être abordées. Les enseignants pourront, lors de chaque étude de cas, aborder les systèmes en choisissant une des deux approches citées ci-dessus.

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

- découvrir les produits proposés pour identifier les fonctions externes qui les caractérisent et montrer en quoi elles répondent aux grands enjeux de notre société ;
- mener une démarche d'investigation pour identifier les fonctions internes, les structures et les comportements associés ;
- identifier un principe scientifique abordable en seconde et montrer en quoi les solutions techniques sont liées à l'environnement socio-économique, à l'état des sciences et des techniques ;
- mener une activité pratique relative au principe scientifique identifié et à la solution technique étudiée ;
- produire en groupe, une présentation numérique et collective. Cette présentation décrit les modalités, les démarches associées aux activités de recherche documentaire, de représentation des constituants et de simulation des comportements qui formalisent un travail encadré et conduit, selon des points de vue sociétaux, techniques et scientifiques.

Une telle démarche peut être caractérisée par un cycle de développement dit « en V », caractéristique d'une forme de démarche de projet technique bien connue des enseignants.



Ce principe permet de guider les élèves dans un cadre structurant. Les activités « descendantes » permettent, à partir des systèmes retenus, de proposer une démarche d'analyse structurée amenant à identifier et associer fonctions, structures et comportements. Ensuite, la démarche « remontante » permet de vérifier que le comportement du système est conforme au cahier des charges ou aux spécifications. Il peut être pertinent d'élaborer des séquences pédagogiques, pour chacune des études de cas, qui respectent la progressivité des étapes du cycle de développement dit « en V ».

La partie réalisation ne sera abordée qu'en projet sous forme de maquette de validation de principe, l'industrialisation, la production seront laissées aux formations post baccalauréat.

Projet

Enjeux du projet

L'activité de projet permet à l'élève de vivre une démarche de conception/optimisation sur un thème concret et d'une complexité adaptée à la situation (élèves, laboratoire, budget). Les objectifs de cette phase de l'enseignement sont de :

- cultiver la participation de chaque élève à un travail de recherche collectif et pluriculturel (qui tient compte de la culture et/ou des connaissances scolaires et extrascolaires de chaque élève) ;
- structurer la réflexion 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 la solution retenue par rapport au besoin de départ ;
- valider la démarche par une simulation ou une mesure de performances et sa comparaison par rapport au besoin et aux spécifications exprimées dans le cahier des charges.

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 doit adapter 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 académiques pourront être proposés aux équipes souhaitant participer à des défis ou des challenges.

Démarche du projet

Management de projets (dans l'industrie)

La méthodologie du cycle de développement dit « en V » d'un projet technique structure la démarche de conception des produits pluritechniques.

Le projet est ponctué d'étapes sous forme de revues de projet proposées par les élèves et validées par l'enseignant. Il obéit donc à une démarche cohérente et justifiée, dans laquelle les élèves résolvent un problème technique qui prend la forme d'une proposition d'amélioration ou d'optimisation de performances. La réflexion créative doit être privilégiée au détriment d'une organisation trop normée.

Thèmes du projet

Le thème du projet peut être d'origines très variées. 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 initiale identique, de proposer une comparaison de résultats souvent stimulante et d'amener à une véritable « matérialisation » des idées par le biais de maquettages ou de prototypage des solutions envisagées, de programmes, etc. ;
- **l'amélioration d'un système existant**, s'appuyant sur un produit ou un système mis à la disposition de l'équipe et définissant un objectif d'amélioration simple et accessible. Elle exige des équipements qui existent souvent dans les lycées technologiques et restent motivants... Si cela peut donner lieu à de vraies démarches de projet et de validation des solutions, 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 attendus ;
- **la réflexion globale pour résoudre un problème**, s'appuyant sur une situation problème donnée en lien avec les thèmes proposés 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 et s'appuie sur des problèmes larges qui doivent rester au niveau des élèves de seconde.

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

Ces deux approches, étude de cas et projet sont complémentaires, la première correspond à une « lecture » d'un produit par le questionnement de la démarche d'investigation, la seconde correspond à une démarche d'« écriture » puisque le groupe d'élèves est amené à proposer une évolution du produit (ou d'une fonction de celui-ci) pour répondre à la problématique initiale. Elles définissent deux manières d'aborder concrètement les démarches de sciences de l'ingénieur avec des élèves.

3. Organisation des enseignements

a. 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 heure par semaine sur l'année scolaire ;
- 3 heures par semaine sur un semestre ou par quinzaine sur l'année scolaire ;
- 2 heures 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 sous forme d'études de cas, l'analyse de systèmes techniques pouvant inclure de la simulation et de la mesure, la recherche d'une solution à un problème technique dans le cadre de la démarche de projet. Celle-ci peut conduire éventuellement à une réalisation de maquettes et/ou prototype.

Comme il est souhaitable que chaque élève s'intéresse au moins à deux études de cas, abordant ainsi la richesse des démarches de sciences de l'ingénieur, il est nécessaire que chaque équipe pédagogique propose deux à trois études de cas à chaque équipe d'élèves.

Le projet se déroule également en équipes, sous la responsabilité de l'enseignant. Il prend appui sur une problématique particulière proposée par l'enseignant (mais toujours négociée et acceptée par les élèves de l'équipe) et sur un système disponible dans le laboratoire, fourni avec des modèles numériques et qui permet des manipulations réelles, des mesures, des simulations ou qui est présent dans l'environnement immédiat du lycée (entreprise, collectivité, etc.). La place du projet dans le déroulement annuel de l'enseignement est laissée à l'appréciation de l'équipe enseignante.

Pour au moins une des deux études de cas, les élèves sont conduits à réaliser, en équipes, une présentation numérique et collective. Cette présentation décrit les modalités, les démarches associées aux activités de recherche documentaire, de représentation des constituants et de

simulation des comportements qui formalisent un travail encadré et conduit, selon des points de vue sociétaux, techniques et scientifiques.

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

Elle pourra donner lieu à une évaluation de la part de l'enseignant, qui intégrera les compétences développées durant toute la phase concernée et qui pourra proposer une note individuelle ou une appréciation qualitative, **en fonction d'une décision prise par l'établissement**, par exemple.

Des pratiques d'autoévaluation peuvent être associées à l'évaluation des activités.

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 des connaissances de type sommatif.

L'organisation des activités des élèves durant la phase d'étude de cas respecte les grandes étapes ci-dessous :

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 système.

Par groupe, les élèves mettent en œuvre une démarche d'investigation ou de résolution de problème technique. Ils recherchent les principes scientifiques utilisés dans des solutions techniques et mènent des simulations/expérimentations pour vérifier les performances du système ou du sous-système. Dans le cas d'un projet, ils peuvent matérialiser leur réflexion par une maquette ou un prototype.

3. Phase de synthèse et de restitution collective : les élèves identifient et formalisent leurs réponses à la problématique posée initialement relative à leurs supports d'étude, et produisent un document de synthèse rassemblant leurs analyses. Cette synthèse sert de support à un compte-rendu collectif.

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 dans la mesure où il ne prend en compte que deux études de cas.

Chaque équipe pédagogique pourra choisir d'autres organisations respectant les objectifs proposés, comme par exemple une organisation avec trois études de cas.

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
Phase 1 : étude de questions sociétales		
Étude de cas 1	9 h	9 h
Étude de cas 2	9 h	18 h
Intervention extérieure (visite, exposé d'expert, etc.), à placer dans l'année	3 h	3 h
Synthèse et exposés (si cette étape n'est pas intégrée à la fin de chaque situation)	3 h	4,5 h
Sous total horaire	24 h	34,5 h
Phase 2 : projet de sciences de l'ingénieur		
Projet d'optimisation	22,5 h	13,5 h
Exposé des projets	4,5 h	3 h
Sous total horaire	27 h	16,5 h
Bilan de l'enseignement (individuel et collectif)	1,5 h	1,5 h
Total horaire	54 h	54 h

Contraintes organisationnelles retenues

Chaque étude de cas d'un système s'appuie sur un thème général (cf. liste du programme qui en propose des exemples). Les activités proposées dans chaque phase de travail (analyse et projet) s'appuient toujours sur :

- un ou plusieurs systèmes pluritechniques présents dans le laboratoire ;
- 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 deux questions sociétales différentes au minimum et proposer au moins une étude de cas sous forme d'analyse et une étude de cas sous forme de projet lié à un produit ou système technique ;
- 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 permettrait de le faire. Il faut diversifier les supports et étudier des produits pluritechniques.

b. 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 les plus intéressantes sur un site académique.

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

de cas validés.

Constitution d'un dossier

Chaque étude de cas s'appuie sur un dossier complet, composé uniquement de documents numériques et rassemblant les éléments suivants :

- description du besoin en réponse à une question sociétale ;
- description du système ;
- identification des liens avec les autres disciplines scientifiques et la compétence 3 du socle commun de connaissances et de compétences ;
- description des activités proposées dans une démarche d'analyse ou de projet ;
- description des compétences abordées ;
- description des activités liées au projet d'orientation de l'élève.

Description d'un produit

C'est un système retenu pour la pertinence de l'investigation dans plusieurs domaines technologiques et son potentiel à proposer une démarche de résolution de problème technique. On pourra mobiliser des objets « grand publics », dont le coût reste modeste et qui s'intègrent bien dans l'environnement culturel des lycéens.

Dossier ressources numériques

Il intégrera les éléments suivants :

- une description du produit ou du système avec un cahier des charges ;
- une documentation commerciale, technique et éventuellement économique, environnementale, ergonomique, etc. ;
- une documentation technologique et scientifique sur les principes scientifiques et les solutions techniques associés ;
- des propositions de dispositifs expérimentaux simples associés aux principes scientifiques et aux solutions techniques ;
- une analyse fonctionnelle et structurelle adaptée ;
- un modèle numérique et des logiciels de simulation et/ou mesure. Pour un point de vue comportement de la chaîne d'énergie, on donne une maquette volumique (de tout ou partie pertinente du produit ou du système) et une simulation mécanique. Pour un point de vue comportement chaîne d'information, on donne un modèle fonctionnel dans un environnement de programmation graphique et possibilités de simulation ou d'acquisition de données ;
- des sources d'informations scientifiques permettant des recherches dans des champs divers de connaissances

4. Locaux et les équipements

a. Locaux

L'enseignement d'exploration de *Sciences de l'Ingénieur* n'exige pas d'installation particulière, mais il doit disposer de ressources informatiques, de quelques équipements expérimentaux et de « maquettage » ou de prototypage de solutions.

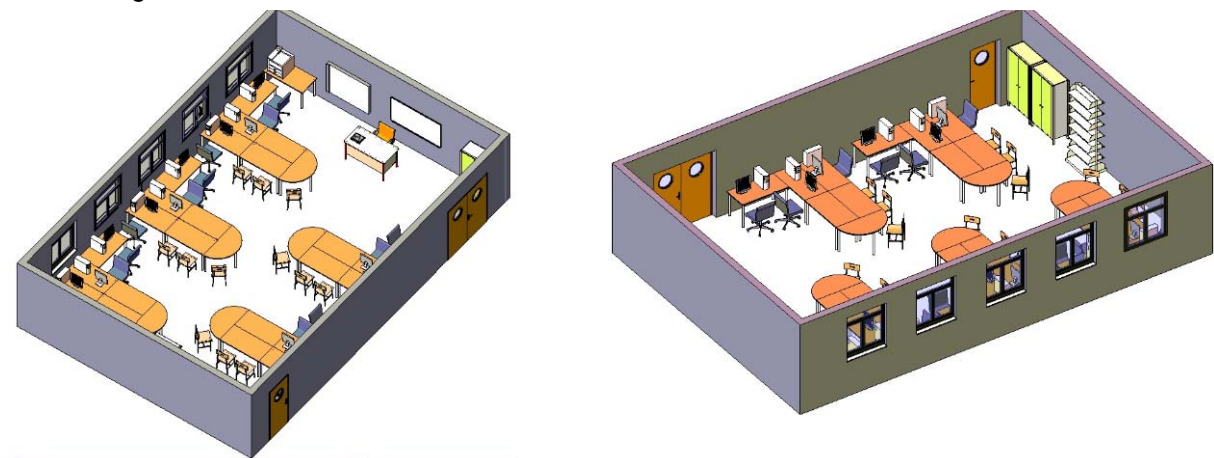
Il peut s'installer naturellement dans des salles d'informatique de lycées généraux à la condition de disposer d'espaces de travail suffisants pour permettre la manipulation de tout ou partie des supports d'études. **Dans les lycées ayant proposé l'enseignement d'ISI, il est souhaitable que les laboratoires soient aménagés rapidement 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 de 4 à 5 équipes de 4 à 5 élèves**, réunis autour d'un système, menant des activités expérimentales, d'analyse technologique, de recherche documentaire et de production de documents techniques de manière individuelle et de discussion en groupes. 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 ;

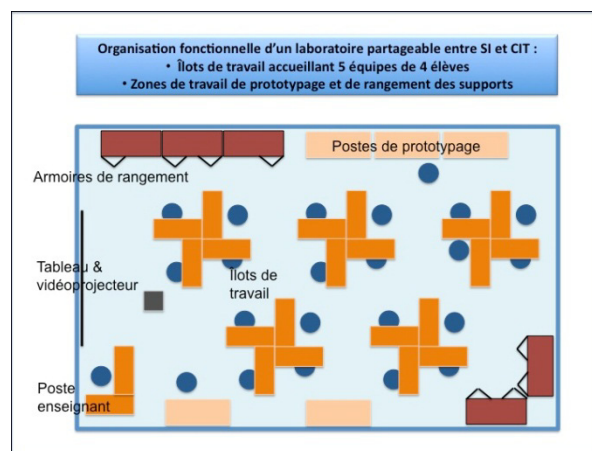
Vues d'une salle de SI avec ses îlots de travail, la zone de présentation et les zones de projet et de rangement.



- **les investigations** qui s'appuient sur tout ou partie de produits ou de 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 systèmes**, des dispositifs expérimentaux, des appareils de mesure, de la documentation associée ;

- **la restitution des activités**, comportant un tableau, un vidéo projecteur (pouvant 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 de réaliser des activités d'investigation de type documentaires et expérimentales. Elle peut donc être utilisée par différents enseignements tels que d'autres enseignements d'exploration, voire des TPE en 1^{re}. Dans le cas d'une utilisation pour l'enseignement de S-SI, il sera nécessaire de prévoir un espace supplémentaire permettant d'accueillir des objets ou systèmes techniques.



b. Équipements

La base d'équipements de la salle de l'enseignement d'exploration *Sciences de l'Ingénieur* 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

L'idéal est que chaque élève dispose d'un ordinateur, ce qui induira parfois des groupes de taille réduite adaptée au nombre de postes informatiques.

Chaque ordinateur doit disposer au minimum des logiciels suivants :

- suite bureautique et navigateur Internet ;
- 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.

Remarque : l'évolution des moyens techniques actuels permet d'envisager l'enseignement

d'exploration *Sciences de l'Ingénieur* 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, d'un ensemble de microordinateurs portables destinés aux élèves (qui sont rechargés durant la phase de stockage), d'une liaison Internet de chaque ordinateur au réseau de l'établissement, d'un poste professeur comprenant un vidéoprojecteur et une 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.

L'utilisation d'un tableau numérique interactif ainsi que l'usage d'un environnement numérique de travail, lorsqu'ils sont installés dans l'établissement, permettent de créer des démarches pédagogiques promptes à susciter l'intérêt des élèves.

Ces produits doivent refléter les technologies utilisées au moment de l'enseignement ce qui nécessite de la part des équipes d'enseignants de réaliser en permanence une veille technologique et pédagogique.

Supports pédagogiques

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

- produit en cours de commercialisation ;
- produits pluri technique ;
- respect des thématiques proposées.

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

- aux démarches d'investigation ;
- aux projets associés aux modèles et simulations informatiques pertinentes.

Un support pédagogique doit :

- comporter une présentation qui ouvre sur les aspects sociétaux, voire commerciaux (documentation publicitaire ou d'utilisation, etc.) ;
- permettre la possibilité d'investigation, de résolution de problèmes techniques ou de démarche de projet ;
- permettre, sur tout ou partie du produit, la possibilité de mise en œuvre, manipulation, montage-démontage, test et mesure, etc. ;

- permettre la simulation d'un comportement ou des mesures de performances.

Une documentation technique doit être fournie avec :

- des ressources documentaires ;
- des scénarios d'activités du type études de cas 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 « interrogatoire ». 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 partir de tout poste informatique du laboratoire, les ressources seront numériques et compatibles avec les différentes applications informatiques recommandées au niveau académique.

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.