

# La didactique des sciences

PHILIPPE FICHOU, ÉRIC GARNIER, NORBERT PERROT, VÉRONIQUE RIBOTEAU [1]

***L'enseignement des sciences de l'ingénieur dans sa globalité, de la technologie au collège aux sciences industrielles de l'ingénieur en CPGE, a été profondément repensé et a gagné en cohérence. La démarche pédagogique qui prévaut en S-SI, calquée sur celle de l'ingénieur, est articulée autour du travail en équipe sur des problématiques réelles liées à des défis sociétaux. Ses maîtres mots : centre d'intérêt, investigation, résolution de problème.***

## Une discipline inscrite dans un continuum

Ces dernières années, les programmes de technologie au collège (*BOEN* spécial n° 6 du 28 août 2008), de sciences de l'ingénieur de la série S (*BOEN* spécial n° 9 du 30 septembre 2010) et de sciences industrielles de l'ingénieur en CPGE (applicable à la rentrée 2013) ont été profondément rénovés dans l'esprit et dans leurs finalités. Ils sont désormais articulés autour du triptyque matière-énergie-information, caractéristique de tous les systèmes pluritechnologiques de notre environnement. Parallèlement, la série STI a été complètement restructurée et rénovée afin de participer à l'objectif fixé par la nation d'inciter plus de jeunes à poursuivre des études scientifiques et techniques supérieures longues. Devenue STI2D, cette série propose aussi un programme articulé autour du triptyque matière-énergie-information (*BOEN* spécial n° 3 du 17 mars 2011). Mais tous ces programmes présentent la particularité d'avoir été conçus globalement et non pas séparément, même s'ils n'ont pas été publiés en même temps. Un véritable continuum a été mis en place de la sixième aux CPGE, donnant ainsi une grande homogénéité à cette discipline [1].

Il faut néanmoins préciser, à ce niveau, que pour une même compétence le contexte est plus contraint dans les classes préparatoires aux grandes écoles qu'au cycle terminal du lycée.

## Un enseignement basé sur la démarche de l'ingénieur

Dans un monde où le travail en équipe devient prépondérant, il est primordial d'initier et de valoriser les comportements collaboratifs dans les classes. Le mode de formation traditionnel et unidirectionnel (un professeur face à ses élèves) doit donc être complété par une pédagogie plus participative. Le professeur ne doit plus

[1] Respectivement : professeur de sciences industrielles de l'ingénieur au lycée Chateaubriand de Rennes (35) ; IA-IPR de STI dans l'académie de Nantes (44) ; doyen du groupe STI de l'IGEN ; chef de travaux au lycée Gaspard-Monge - la Chauvinière de Nantes (44).

## Mots-clés

démarche pédagogique, pédagogie

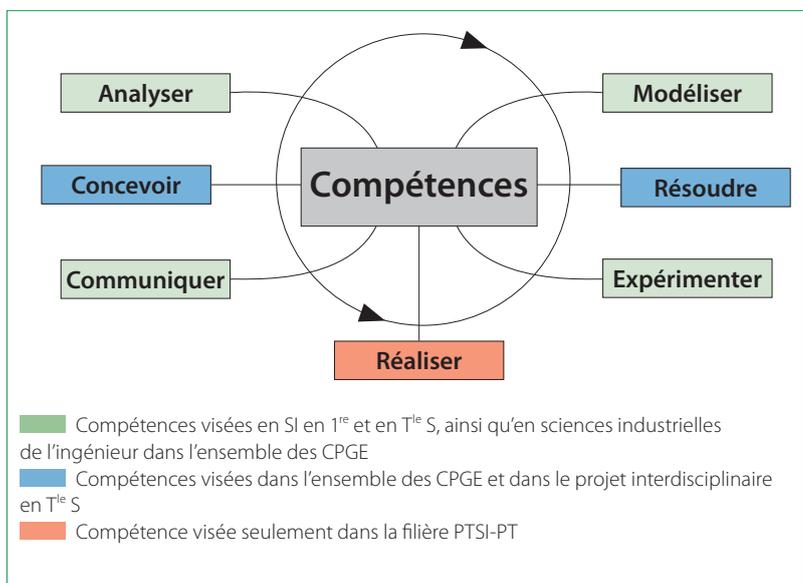
se positionner dans la classe comme le seul apport de connaissances, mais comme un médiateur et un catalyseur de curiosité et d'intelligence collective.

Pour les élèves, l'important n'est plus d'accumuler un maximum d'informations, mais de coconstruire des relations simples et structurées entre ces informations, pour acquérir des compétences transversales avec les connaissances associées.

L'enjeu de l'enseignement des sciences de l'ingénieur dans le cycle terminal du lycée tient plus à ses méthodes et démarches qu'à ses connaissances disciplinaires propres, même si celles-ci sont nécessairement en arrière-plan. La formation des jeunes doit être construite autour d'une pédagogie mi-inductive, mi-déductive, basée sur une approche construite autour de cours, d'activités dirigées, d'activités pratiques, d'études de dossiers et de mini-projets. Il convient d'articuler en permanence ces activités en fonction des objectifs que le professeur s'est assignés.

À partir des activités pédagogiques proposées par le professeur, les quatre compétences du programme de sciences de l'ingénieur – analyser, expérimenter, modéliser et communiquer – seront construites chez les élèves, pour ainsi atteindre les objectifs fixés par le programme [2].

Une démarche pertinente dans l'enseignement des sciences de l'ingénieur consiste à mettre en évidence une *problématique*, issue d'une situation liée à une *grande thématique sociétale*. De cette problématique découleront un ou plusieurs *problèmes techniques* en liaison avec les fonctions techniques du système étudié [3].



1 Des compétences communes pour un enseignement en sciences de l'ingénieur

# de l'ingénieur

Le professeur doit donc bâtir une progression qui permette la mise en œuvre de la démarche de l'ingénieur, un objectif majeur étant de mettre en évidence les écarts entre les performances attendues, les performances mesurées et les performances simulées **4**, et de proposer éventuellement une solution pour les réduire.

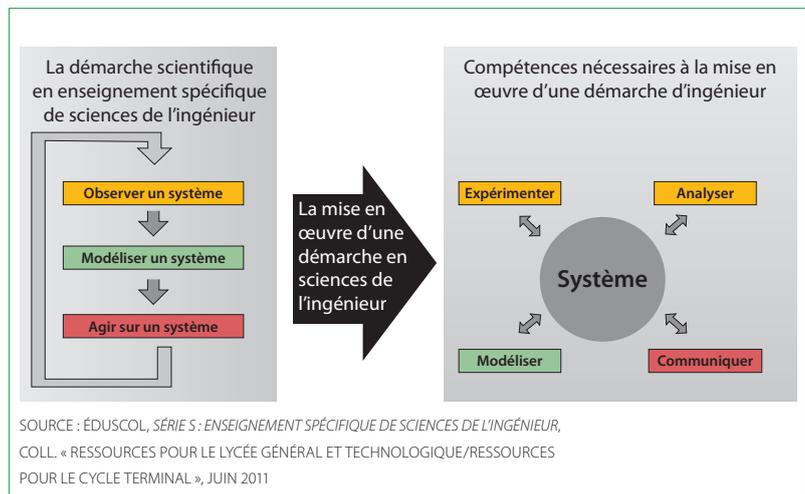
## Faire travailler les élèves en équipe

La généralisation des accès à l'internet dans les salles de cours et dans les laboratoires de sciences de l'ingénieur a profondément modifié l'accès à la connaissance. Toutes les informations sont disponibles dans une mémoire en croissance permanente et externe à l'école. Dans la société actuelle du numérique, les professeurs se voient, de fait, confier un rôle essentiel et fondamental pour la construction des futurs citoyens : ils doivent les former à la maîtrise du flux informationnel continu auxquels ils sont confrontés.

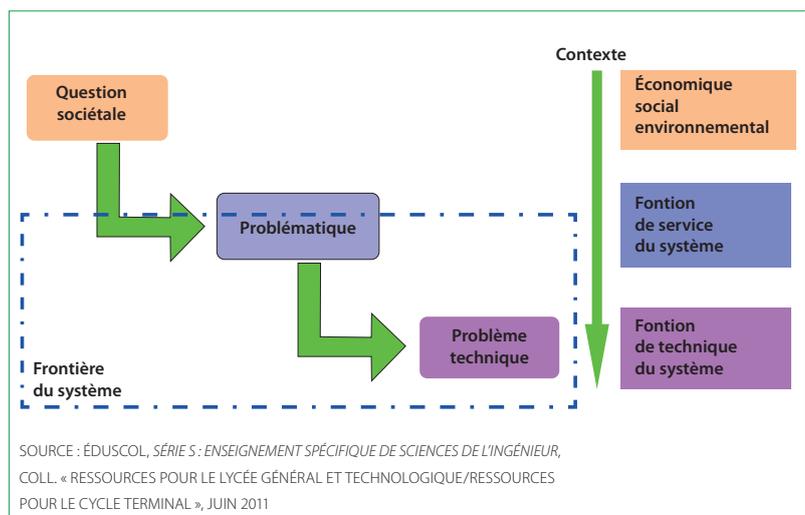
Mais les chercheurs qui étudient le comportement des jeunes générations pointent des traits qui leur sont spécifiques : l'impatience (besoin de réactivité rapide dans les rapports humains ou des interfaces machine), le multitâche (habitude d'utiliser plusieurs médias à la fois), la communauté virtuelle (*chat*, réseaux sociaux, jeux en ligne, etc.), le flux continu (besoin de rester connecté ou proche d'un accès), l'exigence d'être acteurs de leurs apprentissages, la méfiance envers l'autorité et l'information descendante. Il devient donc essentiel pour le professeur d'exploiter ces caractéristiques dans le cadre de l'enseignement des sciences de l'ingénieur au lycée – à condition de trouver le juste équilibre entre les attentes des élèves et l'exigence de résultats. Pour toutes ces raisons, une pédagogie collaborative doit être mise en place.

Cette pédagogie collaborative nécessite d'organiser physiquement les salles en îlots, chacun accueillant une équipe d'élèves. *Quatre ou cinq élèves qui travaillent sur un îlot ne doivent en aucun cas constituer un groupe, mais bien une équipe, dans laquelle chacun aura un rôle essentiel et complémentaire à celui des autres membres, pour réaliser les tâches correspondant aux objectifs fixés par le professeur.*

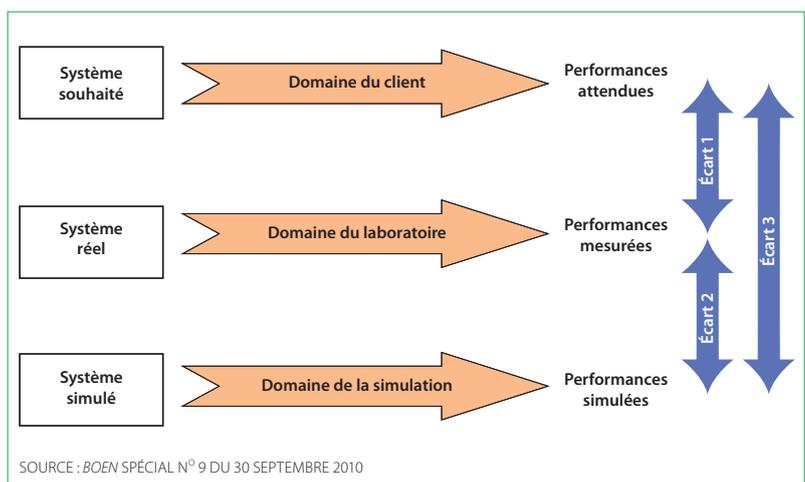
Chaque activité proposée aux élèves doit faire l'objet d'un contrat de formation clair et non négociable. Elle doit leur permettre de communiquer au sein d'une équipe (brainstorming, réalisation de cartes heuristiques, planification...), et de mettre en œuvre des activités collaboratives (mise en commun de réalisations complémentaires, information de l'équipe sur l'avancement des travaux de chacun, préparation de documents de synthèse...), tout en intégrant du travail personnel. *Quatre élèves installés sur un îlot*



## 2 Les compétences mises en œuvre dans la démarche



## 3 La mise en évidence d'une problématique



## 4 La mise en évidence des écarts de performances

ne doivent donc pas travailler comme deux binômes auxquels seraient confiées les mêmes activités. Des phases de travail autonome doivent venir compléter des phases de travail avec l'équipe au complet. L'hétérogénéité au sein d'un même îlot ne doit pas être considérée par le professeur comme un handicap, mais, bien au contraire, comme un point fort, sur lequel il pourra s'appuyer, pour favoriser la mutualisation des connaissances et des compétences au sein du groupe classe.

Cette organisation par îlots semble plus adaptée pour les activités expérimentales, mais elle peut, bien entendu, être utilisée aussi lors des activités dirigées. La possibilité d'utiliser une salle banalisée ou un pôle réunion annexés ou intégrés au laboratoire de sciences de l'ingénieur organisé en îlots permet au professeur de mixer les modes d'apprentissage sur une même séance. Le modèle transmissif (le professeur transmet des informations à tous les élèves au même moment) peut être associé au modèle comportementaliste (mode d'apprentissage qui consiste à élaborer des situations pédagogiques favorisant la mise en place d'automatismes chez les élèves) et au modèle constructiviste (pédagogie de la découverte basée sur le principe que notre image du réel n'est pas donnée mais se construit dans l'interaction avec la réalité). L'alternance de ces trois modèles, dans une organisation choisie et construite par le professeur, favorise grandement l'acquisition des connaissances et des compétences chez les élèves.

En conclusion, *l'organisation par îlots est avant tout pédagogique et didactique.*

### Construire des parcours de formation efficaces

L'impossibilité matérielle de proposer la même activité simultanément à tous les élèves a souvent amené les professeurs à proposer une organisation pédagogique autour de rotations d'activités (TP tournants, par exemple) – ce qui, par la parcellisation et l'émiettement des apprentissages, conduit à une perte de sens de l'enseignement. Pour éviter ces dérives, la progression pédagogique doit être réfléchie en cycles ou séquences d'enseignement, dont les diverses activités convergent vers le même objectif pédagogique.

Un objectif pédagogique regroupe un ensemble de connaissances et de savoir-faire issus des différentes parties du programme, afin de construire un enseignement qui suscite l'intérêt tout en imprimant une cohérence d'ensemble. Cette organisation est encore appelée organisation par centres d'intérêt. Le centre d'intérêt, point de mire d'un cycle d'apprentissage, focalise l'attention des élèves – et du professeur – sur l'objectif des activités de cours, de simulation ou pratiques proposées, en facilite la programmation, et permet de mieux les structurer. Il prépare ainsi la construction des évaluations de fin de cycle qui en font d'ailleurs partie intégrante.

Le découpage en centres d'intérêt doit prendre en compte l'analyse des connaissances et des savoir-faire décrits dans le programme. Dès que le professeur a identifié les connaissances et les savoir-faire associés à son centre d'intérêt, il détermine la durée de la séquence pédagogique associée. Pour en améliorer l'efficacité, la conception de celle-ci doit impérativement être placée dans un parcours de formation élaboré à partir de l'intégralité du programme des deux années de formation. Cette organisation permet de raccourcir la durée entre le début et la synthèse de la séquence, et ainsi de s'assurer que l'élève n'a pas perdu le fil conducteur de l'enseignement. Elle permet aussi de varier les supports d'enseignement autour d'une situation-problème et enrichit la restitution lors de la phase de structuration. Enfin, elle évite de multiplier les matériels pédagogiques.

Prendre les différentes approches du programme comme centres d'intérêt ne semble pas le plus judicieux. En sciences de l'ingénieur, il est indispensable de favoriser une vision systémique plutôt qu'une étude analytique. C'est d'ailleurs une caractéristique de la discipline et de la pédagogie à déployer.

Des parcours de formation bien perçus par les jeunes font donc apparaître une succession de séquences pédagogiques, chacune étant relative à un centre d'intérêt.

### Organiser une séquence pédagogique

#### L'étude de cas

Les activités proposées sur l'année doivent permettre la mise en œuvre de démarches complémentaires dans la structuration de la connaissance. La didactique de l'enseignement des sciences de l'ingénieur peut s'appuyer sur deux démarches d'apprentissage complémentaires : la *démarche d'investigation* et la *démarche de résolution de problèmes techniques* (voir G. Anguenot, « La démarche d'investigation au collège : Quand les élèves mènent l'enquête », *Technologie* n° 177, janvier-février 2012, et D. Taraud, Ph. Taillard, « Trois démarches pour une même culture », *Technologie* n° 184, mars 2013).

Une étude de cas est un ensemble d'activités pédagogiques (cours, activités dirigées, simulations multi-physiques, activités expérimentales, étude de dossiers, mini-projets, exposés) qui permet aux élèves d'acquérir des connaissances et des savoir-faire à partir d'une situation-problème. Une étude de cas conduit les élèves à découvrir des règles, des lois, des méthodes, des comportements, des organisations fonctionnelles et structurelles dans leur contexte normal d'utilisation, sur des systèmes existants, présents ou non dans le laboratoire, ou simulés. Chaque situation-problème relève d'une thématique sociétale (par exemple, la gestion de l'énergie) et d'une problématique (par exemple, rendre une maison plus économe en énergie). Lors de ces études de cas, pour un exposé, par exemple, les

élèves peuvent être amenés à utiliser des informations en provenance de l'internet. Le copier-coller est souvent la règle ; il peut être intéressant pour l'enseignant de déplacer alors cette démarche, récurrente chez les élèves, vers un cheminement de copier-concevoir où le produit final n'est pas un simple alignement de documents, mais plutôt une synthèse faisant apparaître clairement la réelle plus-value du document élaboré en équipe.

Dans l'enseignement des sciences de l'ingénieur, toutes les organisations et modalités pédagogiques retenues ont pour objectif de mettre en évidence et d'analyser les écarts entre les performances des différents systèmes (attendues, mesurées et simulées), et de proposer éventuellement une solution pour les réduire.

### L'organisation structurelle et temporelle de la séquence

Une séquence est un ensemble de séances liées par un principe d'organisation : les élèves acquièrent les mêmes compétences en réalisant des activités qui peuvent être différentes.

Une séquence doit posséder son propre dispositif de structuration des connaissances (cours en démarche déductive, synthèse en démarche inductive) et un dispositif d'évaluation.

L'identification et la gestion du centre d'intérêt, fil rouge de la séquence, sont un travail de réflexion didactique, élaboré par le professeur, qui doit prendre en compte :

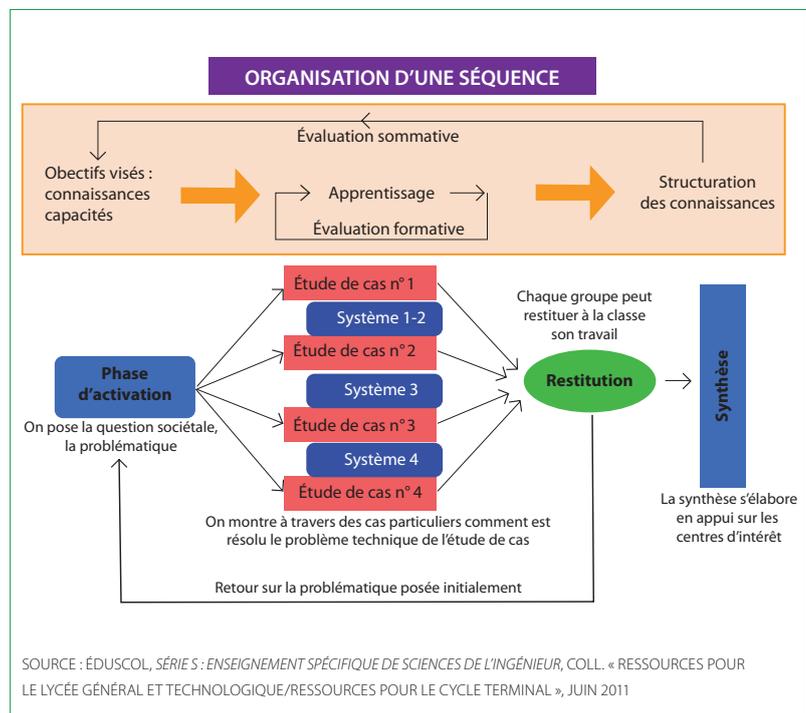
- Les objectifs à atteindre
- Les prérequis
- Les contraintes de durée (équilibre des parties du programme)
- Les contraintes d'antériorité entre activités
- Le caractère ponctuel, récurrent ou diffus du centre d'intérêt
- Les contraintes matérielles liées aux équipements

La phase d'activation est destinée à donner du sens aux apprentissages, à présenter la problématique et les supports, réels dans le cas d'activités pratiques, virtuels dans le cas d'activités dirigées de simulation multiphysique, permettant de motiver les élèves. Par exemple, dans une démarche pédagogique inductive, il est possible d'organiser la séquence comme représentée en 5.

Une séquence s'appuie sur des cours, des activités dirigées, des simulations multiphysiques, des activités pratiques, des études de dossier ou des mini-projets.

Si au cours d'une séance des contraintes matérielles ne permettent pas de travailler autour d'un seul centre d'intérêt, il est recommandé de ne pas en traiter plus de deux.

Les activités de cours et les activités dirigées se fondent relativement facilement dans cette organisation par centres d'intérêt. C'est un peu plus complexe pour les activités pratiques. En sciences de



SOURCE : ÉDUSCOL, SÉRIE 5 : ENSEIGNEMENT SPÉCIFIQUE DE SCIENCES DE L'INGÉNIEUR, COLL. « RESSOURCES POUR LE LYCÉE GÉNÉRAL ET TECHNOLOGIQUE/RESSOURCES POUR LE CYCLE TERMINAL », JUIN 2011

### 5 L'organisation d'une séquence pour une démarche inductive

l'ingénieur, celles-ci ne sont pas une finalité, mais une modalité pédagogique qui nécessite une grande réflexion dans sa mise en œuvre. L'organisation doit être structurée afin que les mêmes objectifs pédagogiques soient atteints par l'ensemble des élèves. En sciences de l'ingénieur, les activités pratiques ne sont pas des applications de cours, mais servent, au contraire, à développer des démarches pour aborder dans leur globalité et leur complexité des produits technologiques, démarches qui pourront être transposables à d'autres produits et à d'autres situations. Elles prennent véritablement leur sens dans l'approche systémique préconisée ici, dans le cadre d'une « confrontation » au réel.

#### Centres d'intérêt et équipements du laboratoire

L'élaboration de séquences d'enseignement à partir du concept de centre d'intérêt impose au professeur d'effectuer un inventaire des potentialités techniques des supports matériels dont il dispose dans le laboratoire ainsi que de la richesse pédagogique des activités pratiques et des activités de simulation multiphysique existantes (déjà développées par l'équipe pédagogique du lycée ou d'autres équipes d'enseignants, fournies avec les équipements didactiques). Un travail d'identification des supports manquants, des besoins d'adaptation des activités pratiques existantes et du besoin de création de nouvelles activités pratiques et de simulation complètera l'inventaire et l'analyse effectués au préalable, de façon à permettre au professeur de couvrir l'intégralité du programme.

Dans le cas d'un lycée général au laboratoire de taille modeste par rapport à celui d'un lycée technologique disposant de plateaux techniques, il semble nécessaire de favoriser les activités de simulation multiphysique et les activités pratiques à distance (dont le développement, au regard des technologies actuelles, est dès à présent envisageable), de façon à permettre aux élèves de réaliser des mesures sur un système réel, didactisé et connecté à un serveur Web embarqué distant.

Un centre d'intérêt peut bien entendu exploiter des supports différents, et, inversement, un même support technique peut contribuer à des apprentissages concernant plusieurs centres d'intérêt.

Lors de la définition de l'organisation des séances d'un cycle d'apprentissage, il est nécessaire de bien définir les objectifs pédagogiques de toutes les activités. Ceux relevant d'activités pratiques et d'activités dirigées de simulation sont souvent les plus délicats à identifier. Selon les objectifs assignés à une séquence, les activités pratiques peuvent prendre deux formes : activités pratiques de formation ; activités pratiques d'application.

Une activité pratique de formation doit être adaptée au besoin de l'élève, en fonction de son parcours et des éventuelles difficultés révélées lors des séances précédentes. Il n'est pas obligatoire de mettre en place systématiquement des séances d'activités pratiques de formation pour un élève qui n'en n'aurait pas besoin.

Le fait qu'une séance d'activités pratiques porte sur un ou deux centres d'intérêt implique que l'ensemble des équipes travaille sur un nombre très restreint de thèmes. Dans le choix des thèmes d'activités pratiques de formation, il convient donc de s'interroger sur :

- leur pertinence, en comparaison à une séance de cours et/ou d'activités dirigées ou de simulation ;
- leur positionnement dans la progression pédagogique annuelle ;
- leur pertinence par rapport aux systèmes techniques disponibles dans le laboratoire.

Les mêmes principes s'appliquent aux activités pratiques d'application. Ce type d'activités pratiques, même s'il peut se révéler utile pour certains élèves, ne doit pas être systématiquement mis en œuvre. En effet, le temps qui lui est consacré permet seulement d'approfondir des concepts déjà abordés en cours ou lors d'activités dirigées, en apportant très peu de compétences nouvelles.

Quel que soit le type des activités pratiques proposées, elles doivent toujours être construites dans le but de quantifier un écart, d'en analyser les raisons, et d'engager une réflexion conduisant à le réduire.

Les activités dirigées ne doivent en aucun cas être uniquement de simples applications du cours. Il est indispensable qu'elles partent de supports recontextualisés et d'objectifs technologiques précis. Chaque exercice doit se conclure par un argumentaire quant à ces objectifs.

Très souvent, les activités dirigées classiques peuvent être avantageusement remplacées par des activités de simulation multiphysique. Indispensables pour mettre en évidence et réduire des écarts, proposées dans un laboratoire organisé en îlots, ces dernières devront être privilégiées à de simples exercices théoriques. Ce type de séance, organisé autour d'un va-et-vient permanent entre les compétences « analyser » et « modéliser » du programme, est très efficace, voire indispensable, pour bien préparer les élèves à l'épreuve écrite de sciences de l'ingénieur du baccalauréat.

La synthèse, destinée à structurer les connaissances et les savoir-faire abordés au cours d'un cycle d'apprentissage, doit être prévue et conçue par le professeur dès la définition des objectifs et des contenus de la séquence.

### La séance de cours au sein d'un cycle

De nos jours, le cours est encore trop souvent synonyme de pédagogie frontale dans une salle où les élèves sont alignés en quelques rangées de tables face au tableau. Pourtant, les jeunes générations ne peuvent plus être soumises à une posture de réception passive alors que toute leur activité quotidienne est désormais faite de productions sur des supports variés, parfois très sophistiqués. Les lycéens du XXI<sup>e</sup> siècle sont eux aussi des producteurs de savoirs, des agents de circulation et d'évaluation de ces savoirs, notamment sur les réseaux sociaux quand ils recommandent tel ou tel contenu.

De fait, il semble impératif, pour capter l'attention de ces « générations numériques », de proposer des séances de cours beaucoup plus participatives, organisées sous forme de débat, où le professeur serait plus un catalyseur qu'un dispensateur de connaissances. Il peut être, par exemple, pertinent de présenter, à l'aide des outils multimédias actuels, des exemples qui vont inévitablement entraîner la réflexion et l'apprentissage coconstruits entre les élèves et leur enseignant ; le paradoxe peut d'ailleurs être utilisé dans cet objectif.

Faire de « l'heure de cours », vue souvent sous l'angle de la contrainte par les élèves, une heure de découvertes, d'échanges, d'envie d'apprendre et de comprendre, et donc vue sous l'angle du plaisir, est sans doute d'une actualité prégnante à l'heure où les images de toute sorte inondent en permanence les écrans et les magazines. Attention cependant à de nombreux écueils : l'enseignant, qui n'est pas un professionnel des médias, n'arrivera jamais à les concurrencer, et ne doit surtout pas chercher à le faire ; il ne faut pas perdre de vue les objectifs pédagogiques visés, surtout pas dédaigner le mode transmissif. Mais refuser de prendre en compte les évolutions et les pratiques culturelles est, par essence, une erreur pédagogique majeure.

### Un exemple de séquence

Cet exemple de séquence s'inspire des réflexions pédagogiques menées avec un groupe de pilotage académique constitué de professeurs de sciences de l'ingénieur de l'académie de Nantes. Elle est basée sur le thème sociétal de la mobilité. La problématique liée à ce thème est : « Quel est le mode de transport le moins impactant d'un point de vue énergétique ? »

Cette séquence se déroule en première année du cycle terminal de la série scientifique. Sa durée est de 4 semaines. Son objectif est de quantifier, par des activités expérimentales et des simulations multiphysiques, les performances énergétiques d'un transport urbain autonome sur un court trajet (par exemple, du lieu d'habitation au lycée). Elle participe à l'acquisition des compétences suivantes :

- A3 : caractériser les écarts
- B1 : identifier et caractériser les grandeurs agissant sur un système
- B2 : proposer ou justifier un modèle
- C2 : mettre en œuvre un protocole expérimental
- D1 : rechercher et traiter des informations
- D2 : mettre en œuvre une communication

Elle est organisée autour de deux centres d'intérêt :

- CI2 : évaluer des performances d'un système réel en fonctionnement stable
- CI4 : analyser des performances d'un modèle

Le groupe de pilotage pédagogique en sciences de l'ingénieur de l'académie de Nantes a fait le choix de centres d'intérêt un peu différents de ceux proposés dans le document ressources pour faire la classe. Ils sont aussi au nombre de six :

- CI1 : analyser fonctionnellement un système
- CI2 : évaluer des performances d'un système réel en fonctionnement stable
- CI3 : évaluer des performances d'un système réel en régime transitoire ou perturbé
- CI4 : analyser des performances d'un modèle
- CI5 : décrire et/ou analyser et/ou justifier des solutions choisies
- CI6 : modifier ou adapter un modèle pour réduire les écarts

### Les systèmes supports de l'étude

Les séances proposées dans le but de répondre à la problématique doivent prendre appui sur tout support répondant à la fonction « transporter des personnes de façon autonome avec pour actionneur un moteur électrique ». De nombreux systèmes disponibles dans les laboratoires des sciences de l'ingénieur répondent

à cet impératif, par exemple : le vélo à assistance électrique, la trottinette électrique, le skate-board électrique, l'e-Solex ou encore l'E-Bikeboard (présenté en encadré).

### Les séances

L'organisation temporelle des séances doit être cohérente et répondre à un scénario dans lequel l'élève ne doit jamais perdre de vue l'objectif principal de la séquence.

Pour faciliter la conception de la séquence par le professeur de sciences de l'ingénieur, un outil de formalisation a été conçu. Il remplit deux objectifs.

Le premier est de permettre aux professeurs et aux élèves de disposer d'une vue globale de la séquence, en faisant apparaître clairement :

- Le thème sociétal
- La problématique
- La durée et la position de la séquence dans le cycle de formation
- Les compétences et les centres d'intérêt abordés
- Les séances proposées

Le second est de présenter l'organisation temporelle de la séquence avec une chronologie des séances, en faisant apparaître les besoins matériels nécessaires à leur réalisation (durée, types d'activités, supports, nombre d'élèves).

Avec les tableaux 6 et 7, on obtient une vue globale de la séquence (pour le tableau 6, le groupe de pilotage de l'académie de Nantes s'est inspiré d'un document réalisé dans l'académie de Lille).

L'ensemble des séances va permettre aux élèves d'étudier les différents éléments constituant la chaîne d'énergie, afin d'en évaluer les performances et de comparer les écarts qui existent entre l'attendu, le mesuré et le simulé. Pour ce faire, les élèves vont devoir mettre en œuvre, d'une part, des protocoles de mesure, d'autre part, un logiciel de simulation multiphysique, et agir sur un certain nombre de paramètres.

La séquence commence par une *phase d'activation* au cours de laquelle les élèves sont amenés à établir un lien entre la problématique proposée et la notion de chaîne d'énergie, à l'aide d'un questionnaire et d'échanges avec le professeur :

- Citer des systèmes qui seraient susceptibles de répondre à la problématique.
- Quels sont les systèmes présents dans le laboratoire de sciences de l'ingénieur qui seraient susceptibles de répondre à la problématique ?
- Lister les points communs de ces systèmes.
- Quelles sont les grandeurs physiques qui permettent de quantifier les différents flux d'énergie ?...





## Fiche descriptive de la séquence n°4 - Baccalauréat Scientifique option Sciences de l'Ingénieur

<b>Thème sociétal :</b>	<b>Mobilité</b>
<b>Question sociétale :</b>	Le transport quotidien sur un petit trajet urbain
<b>Problématique :</b>	Quel mode de transport est le moins impactant d'un point de vue énergétique ?
<b>Objectif général de la séquence :</b>	Quantifier les performances énergétiques d'un transport urbain autonome sur un court trajet (ex : lieu d'habitation - lycée)
<b>Durée de la séquence :</b>	4 semaines

<b>Analyser</b>		<b>Modéliser</b>	
A1	A2	A3	
B1		B2	B3
B1		B2	B4
<b>Compétences</b>			
<b>Communiquer</b>		<b>Expérimenter</b>	
D1	D2	C1	C2

<b>Centre(s) d'intérêt</b>
C12 : évaluer des performances d'un système réel en fonctionnement stable
C14 : analyser des performances d'un modèle

<b>Situation dans la progression</b>					
1 <sup>er</sup> T	Rentrée	Toussaint	Noël	Hiver	Printemps
			X		
					Été

<b>Cours / Activité dirigée</b>	Apport de connaissances sur les moteurs (MCC, asynchrone...) et sur la fonction "transmettre et adapter" le mouvement	Nbre de séances	2
<b>Activation</b>	Présentation de la relation entre la chaîne d'énergie et la notion de déplacement. Notion de grandeurs physiques mises en jeu. Constitution de la chaîne d'énergie. Quantification des grandeurs physiques, flux pour quantification.		Durée (h)
<b>Type d'activité</b>	<b>Problème technique</b>	<b>Nbre d'élèves par îlots</b>	<b>Durée (h)</b>
Activité pratique	Caractériser les grandeurs physiques représentatives de la chaîne d'énergie d'un système dont l'actionneur est un moteur électrique	3	2 h
Activité pratique	Quelle est l'influence du relief du trajet parcouru sur l'autonomie d'un système de transport urbain ?	3	2 h
Activité pratique	Quelles sont les conséquences d'une action sur la "poignée gaz" sur les différents éléments de la chaîne d'énergie d'un système de transport urbain autonome ?	3	2 h
Activité pratique	Vérifier les valeurs nominale et maximale de l'autonomie d'un système de transport urbain en fonction de sa vitesse d'utilisation	3	2 h
Activité pratique			
Activité pratique			
<b>Restitution</b>	Semaine 4 - Restitution des connaissances sur "composants, chaîne d'énergie et flux physique"		Durée (h) 2 h
<b>Structuration des connaissances</b>	Répondre à la problématique : comparer les différents systèmes de déplacement		Durée (h) 2 h
<b>Typologie des évaluations</b>	Évaluation par la justification du modèle. Le professeur donne un relevé de l'entrée/sortie. L'élève met une relation du type $y = ax + b$ dans une boîte pour voir si le modèle fonctionne		Durée (h) 1 h + 1 h (correction)
<b>Organisation pratique</b>	Prévoir une séance pour la préparation de la restitution (2 h) en semaine 3 en classe entière ou non		



8 Une visseuse didactisée



a Le réglage de la valeur du couple résistant



b La mesure de la valeur du courant

## 9 Les activités pratiques de formation

Puis tous les élèves réalisent une activité pratique de formation. L'objectif est de leur faire effectuer une série de mesures, afin qu'ils déterminent les grandeurs caractéristiques (unités et valeurs) de la chaîne d'énergie. Ils identifieront les grandeurs qui peuvent être mesurées de façon directe ou indirecte.

Cette activité pratique de formation peut être réalisée sur tout support fonctionnant sur batterie, et dont la chaîne d'énergie est constituée d'un moteur électrique et d'un étage de transmission. Une visseuse didactisée pourrait par exemple servir de support à cette séance d'activité pratique 8.

Les trois séances suivantes sont des *activités pratiques de formation* 9 et des *activités dirigées de simulation multiphysique* 10 qui vont permettre de faire émerger la notion d'écart. Elles peuvent être menées en parallèle et sur tout système répondant à la définition présentée en début de séquence.

Deux d'entre elles mettent en œuvre des activités de mesure et de simulation multiphysique. Les problèmes techniques auxquels doivent répondre les élèves peuvent être, par exemple, les suivants :

- Quelle est l'influence du relief du trajet sur l'autonomie d'un système de transport urbain ?
- Quelles sont les conséquences d'une action sur « la poignée de gaz » sur les différents éléments de la chaîne d'énergie d'un système de transport urbain ?

Au cours de ces deux séances, les élèves vont être amenés à évaluer deux écarts : l'écart entre le mesuré et le simulé ; l'écart entre l'attendu et le simulé.

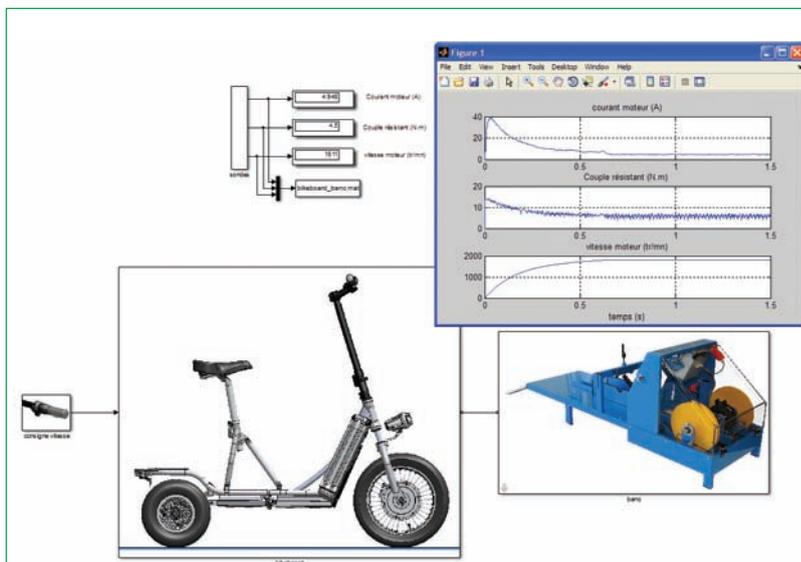
Une fois les mesures et la simulation effectuées, les élèves doivent définir quels sont les paramètres de la simulation qu'ils doivent modifier pour diminuer l'écart. Cela leur permet de construire un modèle optimisé et d'évaluer les performances du système, en comparant les données du cahier des charges et les résultats de la nouvelle simulation (écart entre l'attendu et le simulé).

La troisième activité, essentiellement basée sur des mesures, pourrait par exemple permettre de répondre au problème technique suivant : « Vérifier les valeurs nominale et maximale de l'autonomie d'un système de transport urbain en fonction de sa vitesse d'utilisation. »

Les élèves constatent que la valeur de l'écart (entre l'attendu et le mesuré) dépend des conditions d'utilisation, et que les valeurs fournies par le cahier des charges sont définies pour un fonctionnement optimal. La vitesse est un facteur important, et elle influe sur les performances énergétiques du système.

Le groupe de travail académique a réalisé une fiche de formalisation de séance pour que les activités proposées puissent être facilement transposables d'un système à un autre 11.

Les trois séances font apparaître, dans la réponse à un problème technique, la notion d'écart. Elles sont suivies d'une phase de restitution. Les élèves



**a** La visualisation des résultats de la simulation multiphysique



**b** Les modifications des paramètres de simulation

**10** Les activités dirigées de simulation multiphysique

travaillent en équipes, effectuent l'analyse des résultats observés, et concluent quant à la pertinence de la problématique de la séquence. Cette restitution est préparée en amont lors d'une séance spécifique, au cours de laquelle le professeur de sciences de l'ingénieur accompagne les élèves dans l'élaboration de leur argumentaire.

À la fin de la séquence, une évaluation permettra de vérifier l'acquisition, par chaque élève, de tout ou partie des compétences visées. Elle peut avoir pour support un des systèmes qui n'ont pas été mis en œuvre pendant les séances. Elle s'appuie obligatoirement sur des résultats de simulation, pour permettre aux élèves d'analyser et de valider le modèle proposé en réponse à la problématique

**L'E-Bikeboard**

Conçu en Suisse et assemblé en Allemagne, l'E-Bikeboard est un véhicule électrique à trois roues alimenté par batteries. Il est pliable et tient facilement dans le coffre d'une petite citadine. Avec 60 km d'autonomie potentielle (selon le modèle et l'utilisation), il permet aisément d'assurer les petits déplacements quotidiens, à une vitesse maximale de 35 km/h et avec jusqu'à 180 kg de charge.

L'E-Bikeboard bénéficie d'une homologation européenne, il est considéré comme un scooter ou une mobylette.

La Région des Pays de la Loire, dans le cadre de sa politique de développement et d'accompagnement de la série scientifique option sciences de l'ingénieur, a choisi de doter tous les établissements publics de l'académie de Nantes d'un E-Bikeboard associé à un banc de mesure. Suite à cette dotation, un groupe de travail académique a développé une série d'activités pédagogiques conformes aux exigences du nouveau programme de sciences de l'ingénieur.

**L'E-Bikeboard en situation réelle**



**Le banc de mesure installé à l'arrière de l'E-Bikeboard**



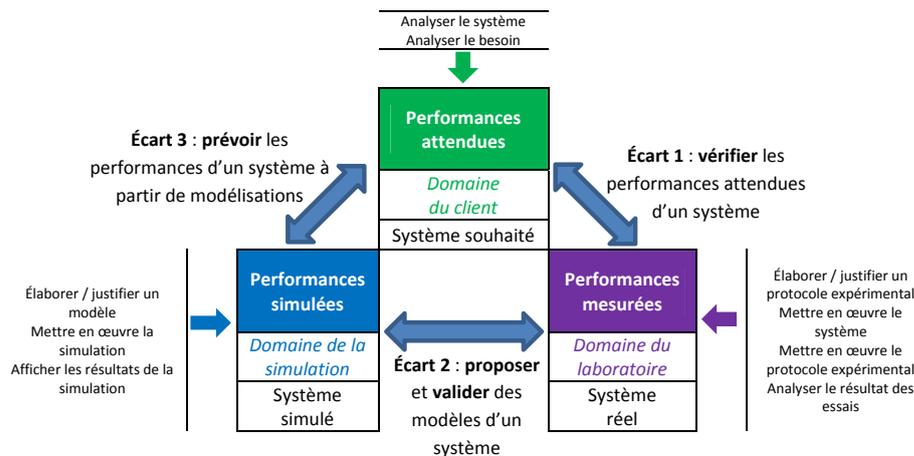
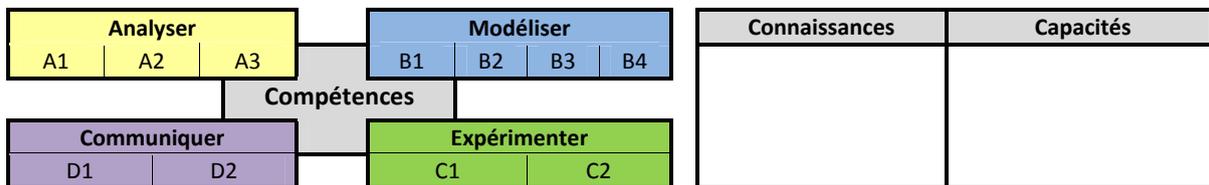
**L'E-Bikeboard, équipé de son banc de mesure, sur son banc de charge**

de départ, et ainsi de se préparer efficacement à l'épreuve écrite de sciences de l'ingénieur du baccalauréat.

**Conclusion**

Le programme de sciences de l'ingénieur de la série scientifique publié au *BOEN* spécial n° 9 du 30 septembre 2010 est passé presque inaperçu, alors même que les évolutions qu'il introduit sont significatives. Le triptyque matière-énergie-information, la mise en évidence d'écarts et la modélisation multiphysique doivent maintenant sous-tendre toutes les activités pédagogiques. Parallèlement, les activités pratiques ne sont plus une finalité, mais viennent seulement en appui d'autres activités pédagogiques. ■

<b>Titre de l'activité</b>		<b>Niveau</b>		Codification de l'activité	
		1 <sup>ère</sup>	<input type="checkbox"/>	Nom du support	
		Term	<input type="checkbox"/>	Photo du support	
Activité dirigée de simulation	<input type="checkbox"/>	Positionnement de l'activité dans la séquence			
Activité pratique de formation	<input type="checkbox"/>				
Activité pratique d'application	<input type="checkbox"/>	S1	S2	S3	S4
Activité pratique d'évaluation	<input type="checkbox"/>				
Problématique technique posée à l'équipe :					
Objectifs pédagogiques					



<b>Conditions de réalisation</b>		
Durée :	Ressources matérielles	
	Ressources numériques	
	Ressources logicielles	
Prérequis		
Répartition des tâches au sein de l'équipe		
Elève 1		
Elève 2		
Elève 3		
Elève 4		
Résultats attendus		
Indicateurs d'évaluation		
Critères de réussite		