

L'abécédaire du projet interdisciplinaire

SAMUEL VIOLLIN ^[1]

La complexité des projets dans lesquels sont aujourd'hui impliqués les ingénieurs nécessite de préparer différemment nos élèves. Grande première dans l'histoire de l'enseignement, le projet interdisciplinaire répond à ce besoin en plaçant l'élève dans des situations de collaboration avec de nombreux acteurs. Alors, quelle organisation pour cette aventure scientifique et technologique ?

Les enjeux que doit relever l'humanité dans les cinquante prochaines années sont considérables. Il faudra faire face à la croissance démographique mondiale. Selon les prévisions de l'ONU, le pic de population sera atteint vers 2050 avec 9 milliards d'habitants. Mais cette croissance n'est pas uniforme. Elle va rester forte dans les pays émergents alors qu'elle décline dans les pays développés, qui vont entrer dans « un hiver démographique », avec pour conséquence un vieillissement de leur population. Les géographes prévoient une concentration accrue des populations en milieu urbain, créant l'accroissement des mégapoles. Simultanément, il faudra se passer des énergies fossiles qui s'épuisent pour développer l'usage des énergies renouvelables, donner à tous l'accès aux transports, à la santé, à l'éducation, à l'information et à la communication, en préservant l'environnement et les ressources en matière première.

C'est la génération assise aujourd'hui sur les bancs de nos écoles qui devra relever ces défis majeurs pour l'humanité. Les évolutions technologiques et scientifiques qu'ils induisent nécessitent de former des ingénieurs. Un important effort de formation depuis vingt ans a permis de presque doubler le nombre d'ingénieurs diplômés par an, passant de 16 080 en 1990 à 28 928 en 2010 (source : MEN RERS 2012). Malgré cela, notre pays, pour Christian Lermieux, président de la Conférence des directeurs des écoles françaises d'ingénieurs, manque aujourd'hui de 10 000 ingénieurs par an pour garder sa capacité d'innovation et de production. On comprend alors la nécessité de susciter des vocations scientifiques auprès de nos jeunes élèves et ensuite de les conduire aux formations d'ingénieur. Le baccalauréat S option sciences de l'ingénieur remplit

mots-clés
ingénieur,
projet, référentiel
et programme

parfaitement cette fonction : 90 % des jeunes de cette filière poursuivent leurs études vers les qualifications d'ingénieur. La rénovation des programmes de sciences de l'ingénieur s'inscrit dans la réforme du baccalauréat S. Elle vise à installer les premières bases de construction des compétences de l'ingénieur en devenir.

Pourquoi un projet interdisciplinaire ?

L'ingénieur est au service d'une société pour imaginer et concevoir les objets du quotidien dont les hommes ont besoin. Pour cela, il doit :

- **Comprendre** l'expression d'un besoin, pour communiquer avec des commanditaires non ingénieurs, spécialistes d'autres champs d'activité. Par exemple, la conception d'un implant cochléaire pour un nourrisson sourd profond nécessite d'échanger avec de nombreux médecins spécialistes ;
- **Traduire** le besoin exprimé en problèmes scientifiques et technologiques, pour communiquer avec ses pairs ;
- **S'intégrer** à une équipe pour imaginer et concevoir des solutions innovantes.

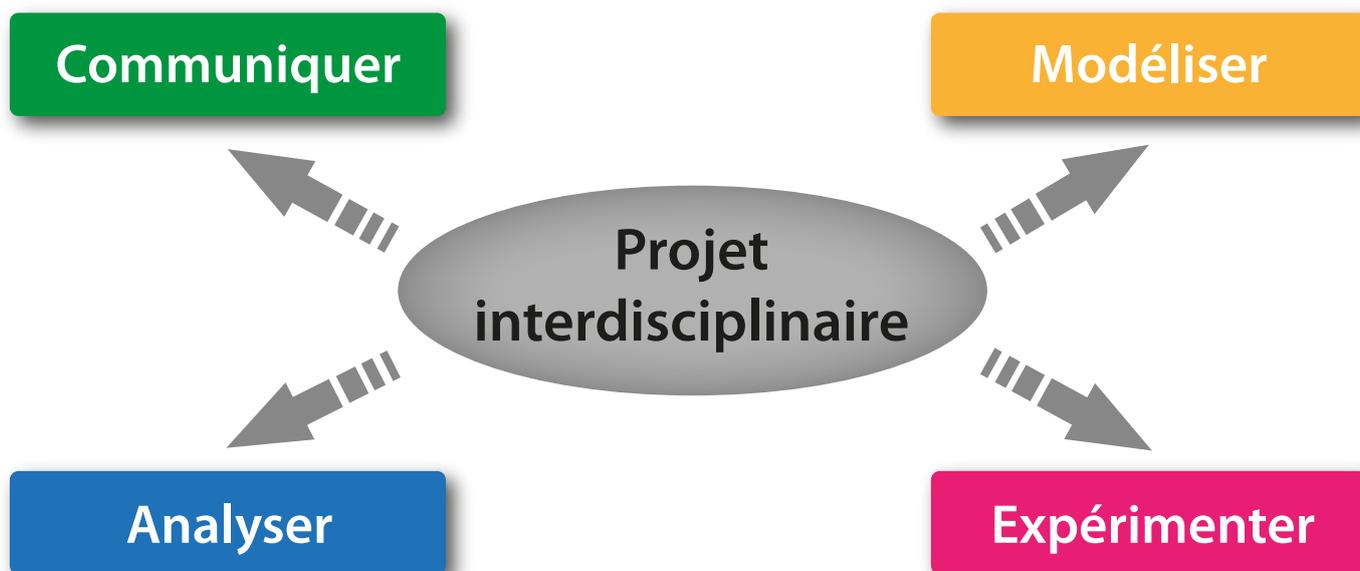
Le développement des projets commence par l'élaboration de modèles numériques et d'une réalité virtuelle. Il se poursuit par la réalisation matérielle d'un prototype avant la production sérielle. Cela nécessite d'avoir développé au cours de sa formation des compétences de communication, d'analyse, de modélisation des systèmes et d'expérimentation **1** pour valider des performances d'éléments de solutions technologiques ou de prototypes.

Ces compétences pluridisciplinaires à développer justifient la mise en place d'un nouvel enseignement, le projet interdisciplinaire, qui place l'élève futur ingénieur en situation d'échanges et de collaboration avec de nombreux acteurs.

Les productions du projet interdisciplinaire

La thématique du projet peut être proposée par de nombreux acteurs, élèves, professeurs, ou personnes extérieures à la classe. En s'appuyant sur des compétences développées dans les enseignements du cycle terminal, celles des sciences de l'ingénieur, mais également celles de toutes les autres disciplines, l'élève conçoit en équipe une solution pour répondre à un besoin en rapport avec les situations quotidiennes. Ce besoin peut relever de nombreux domaines, par exemple la protection contre les risques naturels ou artificiels, le confort dans l'habitat, l'utilisation des

[1] IA-IPR STI à l'académie de Créteil (94).



1 Les compétences associées au projet interdisciplinaire

énergies et leur transformation, l'environnement, la santé, les moyens pour se déplacer, l'assistance au développement.

L'expression du besoin est déclinée en problème scientifique et technologique à résoudre, et donne lieu à une production par l'équipe en charge du projet. Cette production peut être de plusieurs natures : justifications scientifiques, technologiques, socio-économiques, architectures de solutions sous forme de schémas, croquis, blocs-diagrammes fonctionnels et structurels ou d'algorithmes, documents de formalisation de la solution imaginée, supports de communication, prototype ou maquette numérique ou matérielle.

Le déroulement du projet interdisciplinaire

Le projet est organisé dans le cours de l'année terminale sur un volume horaire de 70 heures. Il est conduit obligatoirement par un professeur de sciences de l'ingénieur et un professeur d'une autre discipline associée. Selon les choix arrêtés par les équipes pédagogiques et le chef d'établissement, les interventions de ces deux professeurs peuvent être conjointes sur l'ensemble de l'horaire ou sur une partie seulement.

Il se déroule en quatre phases, une phase d'initialisation, une phase de préparation, une phase de réalisation et une phase de clôture.

La phase d'initialisation

Le projet est tout d'abord préparé par l'équipe pédagogique pendant le trimestre qui précède sa mise en œuvre, en fin d'année de la classe de 1^{re} ou au premier trimestre de l'année terminale.

Les professeurs réalisent l'inventaire des ressources matérielles et documentaires disponibles ou celles qui sont mobilisables, l'inventaire des contraintes environnementales, éventuellement de coût, de calendrier. Les professeurs établissent une planification des tâches à réaliser et la répartition de ces tâches au sein des équipes de 3 à 5 élèves en charge de les réaliser. Les professeurs s'assurent de la faisabilité du projet, en tenant compte de l'ensemble des contraintes imposées en temps et en ressources matérielles, et rédigent le document de cadrage constituant le support de validation institutionnelle qui sera examiné par une commission académique présidée par un ou plusieurs IA-IPR STI.

La phase de préparation

Lors de cette phase, il s'établit un dialogue entre l'équipe d'élèves en charge du projet et les professeurs pour rédiger clairement le besoin et définir sous forme de cahier des charges fonctionnel les performances attendues. L'équipe d'élèves engage les recherches de

solutions innovantes et originales en mobilisant très largement les outils numériques afin de représenter les éléments de solutions, de modéliser tout ou partie de ces éléments de solutions pour simuler leurs performances et prédire si elles satisferont au cahier des charges fonctionnel.

Pendant la phase de préparation, sans nécessairement emprunter le langage de l'ingénieur, les professeurs veillent à ce que l'expression du besoin et le bénéfice attendu par la réalisation du projet soient clairs et convenablement rédigés.

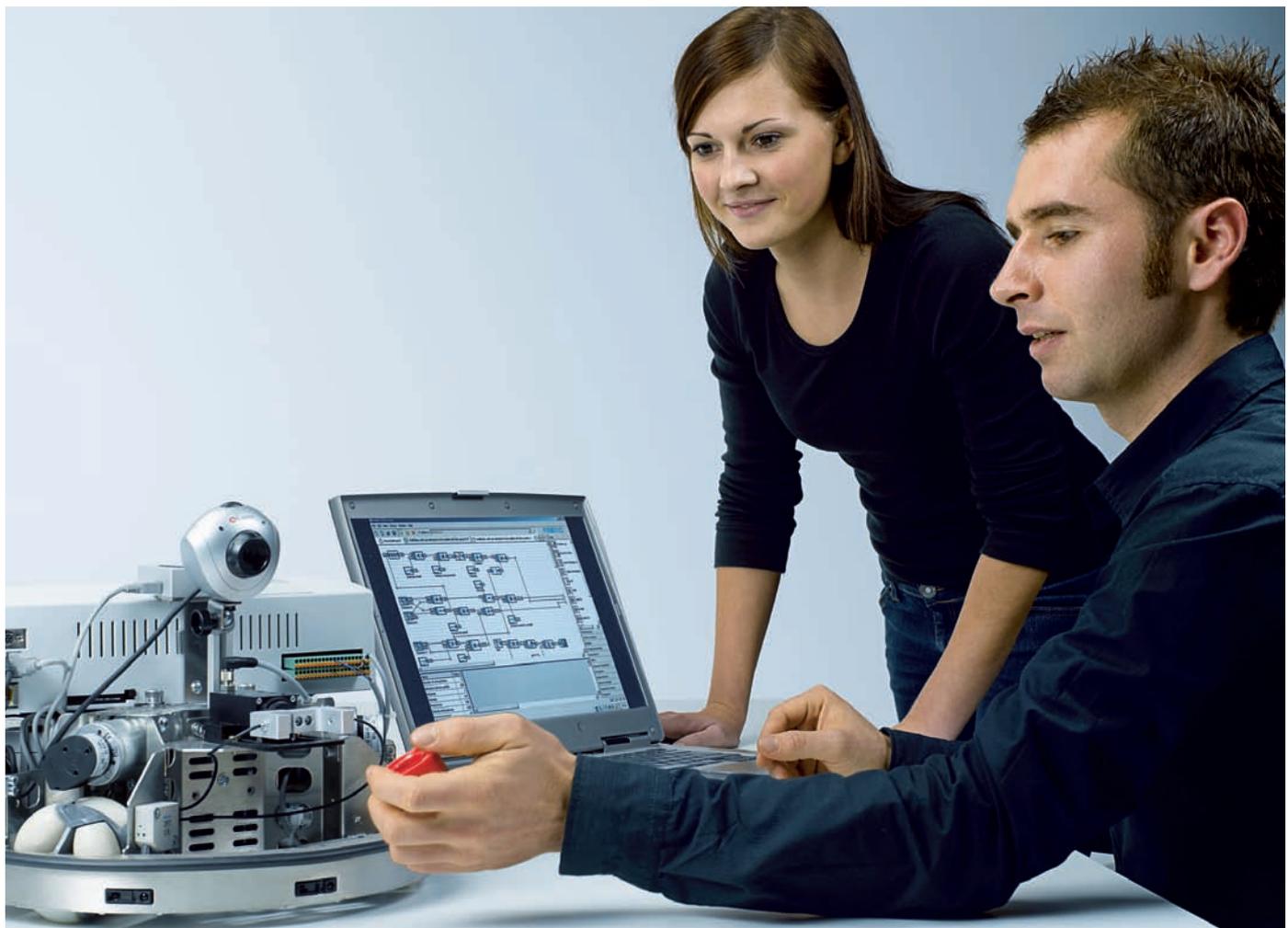
Des expérimentations sont également réalisées pour tester des concepts appliqués à une maquette matérielle **2** ou un prototype et mettre au point des algorithmes implantés dans les cartes de commande. Là encore, les professeurs participent à l'expression des grandeurs influentes, à la description du système par des lois physiques et l'élaboration des modèles, à la mise en œuvre de protocoles expérimentaux.

La phase de réalisation

Lorsque la réalisation matérielle d'une maquette ou d'un prototype est produite, elle a vocation à valider

un principe, des choix et des dimensionnements de composants. Cette réalisation doit intégrer des éléments assemblés, achetés auprès de fournisseurs spécialisés. Il est exclu de faire fabriquer par les élèves les éléments de parties opératives et les cartes de commande. Lorsqu'ils existent dans l'établissement, ou dans un établissement partenaire, les moyens de prototypage rapide par impression 3D seront utilement mobilisés. On ne s'attache en aucun cas à produire des objets dans le respect des règles de l'art d'une production industrielle.

Les réalisations incluent la production de documents de communication qui présentent les modèles, justifient les choix réalisés, présentent et analysent les résultats obtenus, confrontent les performances obtenues en simulation ou par prototypage aux valeurs attendues. Le professeur associé participe étroitement à l'élaboration des documents de communication pour faire en sorte que l'expression des résultats et des performances obtenus soit intelligible pour un commanditaire non spécialiste et permette une véritable évaluation de la qualité de la réponse apportée au besoin exprimé.



© FESTO

2 Des expérimentations réalisées sur une maquette matérielle

La phase de clôture

Cette phase permet à l'équipe d'élèves de préparer l'ensemble des ressources mises à disposition du jury pour la soutenance terminale externe. Elle permet à chaque élève de peaufiner sa présentation personnelle. Les professeurs en charge du projet aident les élèves à formaliser leur synthèse et mettre en valeur leur propre contribution au sein de l'équipe.

L'évaluation du projet interdisciplinaire

Le projet est noté sur 20 points. Il compte pour un quart dans la note de sciences de l'ingénieur (l'épreuve écrite totalisant les trois quarts restant). Le projet est évalué en trois temps : deux revues de projet conduites par les équipes en charge des élèves et une soutenance terminale assurée par un binôme de professeurs, dont un seul de sciences de l'ingénieur, externes à la conduite du projet des élèves évalués.

Les revues de projet

Elles sont incluses dans l'horaire de 70 heures du projet interdisciplinaire et comptent pour 50 % dans la note de projet. « Les revues de projet consistent en un entretien avec chaque groupe d'élèves afin de vérifier que les activités réalisées et les objectifs attendus sont atteints, conformément aux critères d'évaluation préalablement définis par l'équipe pédagogique » (*BOEN* spécial n° 7 du 6 octobre 2011).

Le binôme de professeurs évalue une équipe d'élèves dans son cadre habituel, les autres élèves continuant normalement leurs activités de projet. Cette évaluation est certificative et définie au *BOEN* avec une durée précise de 20 minutes par équipe. Chaque revue de projet prend en compte l'évaluation du travail individuel du candidat au sein du groupe.

Il est important de respecter les durées réglementairement prévues au *BOEN*. Par exemple, chacune des revues de projet mobilise les enseignants pendant 2 heures pour une classe qui compte 6 équipes. Cette durée est compatible avec l'organisation d'une revue de projet sur deux séances, ce qui laisse 4 heures (ou 6 selon les organisations pédagogiques) aux enseignants pour conduire les évaluations « au fil de l'eau pédagogique » sans banalisation des séances au cours desquelles elles ont lieu.

La première revue de projet évalue principalement les compétences liées à la modélisation et la simulation des solutions en cours de conception. Elle compte pour 16 % dans la note de projet. La seconde évalue principalement les compétences expérimentales à tester les éléments de solution en cours de réalisation. Elle compte pour 34 % dans la note de projet.

La soutenance terminale

« Le candidat est évalué individuellement lors d'une soutenance orale de 10 minutes maximum au cours de laquelle il présente son projet et un dossier-projet de

4 à 5 pages. Il s'appuie sur un document numérique présentant les tâches effectuées par le candidat durant le projet. Cette présentation est suivie d'un dialogue argumenté avec les examinateurs d'une durée maximale de 10 minutes » (*BOEN* spécial n° 7 du 6 octobre 2011).

Le dossier-projet est mis à disposition du jury au moment de la soutenance orale terminale du candidat évalué. Le jury en dispose comme d'un document complémentaire à l'exposé, et en intègre l'évaluation dans les compétences de communication du repère D2, « mettre en œuvre une communication », de la grille publiée au *Bulletin officiel* n° 18 du 3 mai 2012, à savoir : « Choisir un support de communication et un média adapté, argumenter, produire un support de communication et adapter sa stratégie de communication au contexte. »

Cette soutenance terminale, organisée au niveau académique, est évaluée par un binôme constitué d'un professeur de sciences de l'ingénieur et d'un professeur d'une discipline associée – laquelle, vu la complexité de l'organisation des jurys, ne sera pas nécessairement celle du professeur associé qui a participé à l'encadrement du projet. Les critères de ce second juré ne peuvent donc être d'ordre strictement disciplinaire. Cela ne constitue aucunement un obstacle à la qualité de l'évaluation. En effet, les compétences évaluées lors de cette soutenance terminale sont principalement celles liées à la communication. Ainsi, le binôme d'enseignants partage la responsabilité d'évaluer les choix qui président à la présentation, l'organisation des informations, l'analyse des résultats obtenus, la qualité des documents de communication et la qualité orale de l'exposé.

Conclusion

Le projet interdisciplinaire des sciences de l'ingénieur du baccalauréat S est une première dans l'histoire de l'enseignement des disciplines. Il prolonge ce qui est engagé en classe de 1^{re} avec les travaux personnels encadrés (TPE). Ce projet demande à l'élève de décroquer les connaissances acquises au cycle terminal du lycée pour les réinvestir de façon à réussir concrètement des tâches dans un contexte imposé. Cela contribue fortement à la construction des compétences de l'ingénieur qu'il deviendra, qui devra concilier l'expression de besoins émis par des commanditaires qui n'en appréhendent pas nécessairement les aspects scientifiques et technologiques avec les contraintes qu'imposent les technologies les plus récentes et l'environnement économique.

On compte également sur cette activité de projet pour susciter ou amplifier le goût d'entreprendre avec les autres, au service des besoins des hommes, en se montrant créatif et imaginatif : « Les problèmes du monde ne peuvent être résolus par des sceptiques ou des cyniques dont les horizons se limitent aux réalités évidentes. Nous avons besoin d'hommes capables d'imaginer ce qui n'a jamais existé » (John F. Kennedy). ■