

Réflexions sur le projet interdisciplinaire de la série S

Le projet interdisciplinaire en terminale scientifique, introduit depuis cette année, pourrait être perçu par les équipes enseignantes comme une simple reconduction du PPE (Projet Pluritechnique Encadré) après un « toilettage ». Or ce n'est pas le cas, car les attendus ne sont plus les mêmes.. Le projet interdisciplinaire implique une autre discipline que les sciences de l'ingénieur, et doit par conséquent participer à la construction de compétences interdisciplinaires. L'accroissement de l'horaire consacré à ce projet permet de servir cet objectif.

Cet article a pour objectif d'alimenter la réflexion sur la mise en œuvre du projet interdisciplinaire, selon les trois angles suivants :

- situer ce projet interdisciplinaire dans le contexte plus global de la pédagogie par le projet, afin d'en décrire les enjeux et de cerner les risques à maîtriser ;
- montrer que les compétences à acquérir à travers le projet interdisciplinaire sont différentes de celles qui étaient visées à travers le PPE ;
- commenter l'exigence d'interdisciplinarité.

1. La conduite de projets en classe en maîtrisant la pédagogie par le projet

Les atouts de la pédagogie par le projet

Il est maintenant courant d'introduire des activités de projets dans les classes, pour tous les niveaux, et dans pratiquement toutes les disciplines. Nous constatons effectivement que, en général, les élèves s'impliquent davantage dans les activités de ce type que dans les situations habituelles de cours, d'activités dirigées, ou d'activités pratiques.

Sans doute faut-il analyser les raisons de cette meilleure implication, afin d'affiner notre didactique. Sans ordre d'importance, nous pouvons évoquer :

- l'intérêt des jeunes à prendre une responsabilité au sein d'une équipe en lien direct avec une forme d'engagement ;
- l'attractivité d'une action personnelle à mener (être actif dans la classe, avec une marge d'initiative, plutôt que d'être en position d'écoute passive) ;
- la crédibilité du sujet au regard de sa modernité, de son accord avec les questions de « la vraie vie » ;
- l'intérêt de rechercher une solution qui est à imaginer (ce qui fait une énorme différence avec les exercices dont le professeur connaît les solutions, et que l'élève doit retrouver) ;
- l'intérêt d'approfondir un sujet que l'élève a choisi, ce qui peut être le cas, au moins partiellement. Cela lui permet alors de lier ses centres d'intérêt personnels à ses activités scolaires ;
- l'intérêt d'appliquer des connaissances théoriques pour résoudre un problème concret ;
- la nécessité de travailler de façon concertée et en équipe.

Les risques et les outils qui permettent de les maîtriser

Il est toutefois nécessaire de ne pas idéaliser la pédagogie par le projet : c'est une forme pédagogique à laquelle nous avons à donner sa juste place, en complémentarité avec les activités de formation plus classiques.

Afin que la pédagogie par le projet réussisse, il est crucial de la préparer avec les précautions adaptées, et de la conduire avec les outils appropriés. Ces questions ont été abordées au cours de nombreuses réflexions menées en pédagogie, il peut être utile de s'y référer, afin de prendre le recul nécessaire. Il est intéressant, par exemple, de prendre connaissance de la publication faite sur ce sujet par le centre d'expertise pédagogique du

Canada, qui, bien que déclinée selon un point de vue bien plus large que l'objet du présent article, est une bonne source d'inspiration : http://cep.cyberscol.qc.ca/guides/pedago_projets.html

Pour que la pédagogie par projet réussisse, il est nécessaire de connaître les trois risques de dérive essentiels, afin de s'en prémunir :

- la dérive « productiviste » ; c'est le cas quand le résultat du projet devient prioritaire sur les apprentissages visés ;
- la dérive « techniciste » ; le professeur a lui-même conçu une solution au projet, et, de fait, les élèves deviennent les exécutants de la mise en œuvre de la solution qu'il a conçue ;
- la dérive « spontanéiste » ; le projet s'invente au fur et à mesure de son déroulement, sous prétexte de liberté et d'initiative. Les contraintes changent au fil du temps, et les choix ne sont jamais arrêtés.

Pour que la pédagogie par projet apporte ses fruits, il faut naturellement mettre en œuvre la démarche de projet. Rappelons ici que cette démarche a déjà été approchée par les élèves en technologie en classe de 3^e : « appropriation du cahier des charges », « recherche de solutions techniques », « revue de projet et choix de solutions » (Éduscol, technologie au collège, document « Ressources pour faire la classe » - 2009), et aussi pour les projets en enseignements d'exploration en 2^{de}, les travaux personnels encadrés en 1^{re}, etc. Les élèves devraient donc être rompus aux points-clés suivants de la démarche de projet :

- bien définir la question à traiter (notion de problématique, de cahier des charges, de frontières d'étude). Cette question doit être suffisamment ouverte pour que chaque élève puisse développer son initiative et sa créativité, mais elle doit être à sa portée ;
- bien définir les étapes à parcourir, et le calendrier ;
- bien définir les tâches assignées à chaque membre de l'équipe ;
- bien installer la traçabilité (carnet de bord, comptes rendus des revues de projet, documents de synthèse).

Pour le projet interdisciplinaire en terminale S, nous retrouvons ces outils à travers la note de cadrage, et la pratique des revues de projet, avec une particularité qui mérite également une attention particulière. En effet, ces revues ont ici un double objectif : celui d'être un des outils de la démarche de projet, et celui d'être support d'évaluation.

Qu'est-ce qu'un projet réussi ?

Deux pièges à identifier. Le premier piège est de considérer un projet comme réussi s'il débouche sur une solution correcte. L'expérience des projets de BTS a largement montré que ce n'est pas systématiquement le cas : des conceptions et des réalisations convenables constituent une condition nécessaire, mais non suffisante. Il peut arriver qu'ils aient permis la mise en œuvre de solutions non comprises et non maîtrisées.

Le second piège est de croire qu'un projet est réussi quand il a mobilisé les élèves, qu'ils se sont intéressés, et impliqués dans les activités qui leur étaient confiées. Là encore, le fait de réussir à mobiliser les élèves constitue une condition nécessaire, mais non suffisante. Les élèves peuvent avoir enchaîné des activités qui leur plaisaient, sans acquérir pour autant les compétences attendues.

Un projet est réussi quand l'élaboration d'une solution convenable au problème posé, conduit à une progression dans l'acquisition des compétences des élèves.

Il s'agit donc de choisir et de préparer des projets bien calibrés, de façon à ce qu'ils demandent aux élèves des activités qui induisent des apprentissages en cohérence avec les objectifs du programme et les compétences à leur faire acquérir.

2. Orientation du projet interdisciplinaire

Le constat de l'évolution des pratiques professionnelles des ingénieurs

Les activités de recherche et développement ont connu cette dernière décennie une évolution majeure dans la mise en pratique de modèles de simulations numériques. Jusqu'à l'arrivée du DAO, puis de la CAO, les raisonnements de conception s'appuyaient sur les dessins d'ensemble, les notes de calculs, le prototype, les dessins de définition et les dossiers de mise en œuvre.

Puis la chaîne numérique s'est imposée, les notes de calculs se sont enrichies de simulations appliquées à des domaines particuliers (résistance des matériaux, mécanismes, hydraulique, électronique, automatisme, comportement thermique, etc.)

Aujourd'hui, les simulations numériques intègrent les différents champs technologiques, dans des applications « multi-physiques » et « multi-échelles ». Elles permettent d'affiner les équations de comportement, en intégrant au modèle théorique les paramétrages issus de l'expérimentation réelle. Elles permettent ainsi un « time-to-market » bien plus rapide ce qui intéresse bien évidemment les entreprises au premier chef.

Les ingénieurs disposent maintenant d'outils puissants pour appréhender les systèmes réels. Plus de 80 % des projets de R&D sont en fait des « re-conceptions », c'est-à-dire que la solution « n + 1 » sera dans la plupart des cas déduite de la solution « n » par l'apport de quelques modifications, dues à une évolution du besoin, par exemple.

Pour avoir une simulation du comportement de la solution « n + 1 », on s'appuie sur la simulation validée de la solution « n », dans laquelle on intègre des modifications constructives, pour comparer les résultats simulés à ce qui est attendu. Cela limite fortement la fabrication et l'expérimentation de prototypes. Cette évolution mérite d'être intégrée dans le projet interdisciplinaire.

La nature du projet

Le projet interdisciplinaire conduit les élèves vers des activités relatives aux compétences « Expérimenter », « Modéliser » et « Communiquer » définies dans le programme. Ces activités vont induire, dans la majorité des cas, des activités d'analyse critique, de conception, de montage – démontage, d'assemblage. Ces dernières activités peuvent être conduites, si nécessaire, en dehors des horaires réservés au projet interdisciplinaire, dans les activités dirigées, les activités pratiques, les cours.

Dans la grille d'évaluation élaborée pour cette épreuve, et publiée au BOEN n°18 du 3 mai 2012, les compétences « Concevoir » et « Réaliser » n'apparaissent pas, contrairement à « Expérimenter », « Modéliser » et « Communiquer ».

Ce profil de compétences au baccalauréat scientifique est cohérent avec les programmes de sciences industrielles de l'ingénieur de CPGE, en installant les outils méthodologiques et théoriques qui permettront de construire progressivement la compétence « Concevoir » abordée en PCSI-PSI, PTSI-PT et TSI et la compétence « Réaliser » abordée modestement en PTSI-PT et TSI, car les grandes écoles souhaitent conduire elles-mêmes les apprentissages sur ces domaines.

Cette orientation du projet interdisciplinaire conduit à confronter le comportement du système réel et le comportement simulé, pour aboutir à un modèle consolidé. Cela constitue une réflexion scientifique très riche, qui demande l'acquisition des compétences suivantes :

- comprendre un modèle numérique, ce qui signifie qu'il faut s'être approprié la construction technologique du système, ainsi que les lois physiques de comportement qui sont en jeu, avoir compris comment tout ceci était mis en forme dans le modèle, et quelles étaient les limites de validité de l'ensemble ;
- être capable de concevoir et de mettre en œuvre une expérimentation sur le système réel, avec son protocole, sa validation, son interprétation ;

- comparer les résultats expérimentaux aux résultats simulés, interpréter les écarts, consolider le protocole expérimental, ajuster le modèle.

Ces écarts peuvent conduire à imaginer des évolutions constructives, qui permettent d'améliorer certaines performances. Ces solutions constructives « n + 1 » peuvent alors être intégrées au modèle validé « n ».

Pour mettre en œuvre un tel projet en terminale scientifique, il faut s'appuyer sur un système réel (ou sur un prototype, ou un prototype d'une partie de la solution, significative de son comportement), sur une simulation numérique qui ne soit pas tout à fait aboutie, et sur le cahier des charges qui décrit les performances attendues.

Le projet confié aux élèves consiste en une itération entre l'expérimentation et la modélisation (maîtriser le protocole d'expérimentation et sa mise en œuvre ; s'approprier et affiner le modèle) jusqu'à ce que le modèle soit ajusté au comportement réel. Ensuite, vient la phase d'analyse des écarts de façon à ce que le modèle puisse être exploité sur d'autres cas d'application.

Il apparaît que les projets interdisciplinaires ont à cibler les compétences « Expérimenter » et « Modéliser », ce qui constitue une évolution sensible par rapport aux PPE menés précédemment. Mais les compétences « Concevoir » et « Réaliser », même si elles ne sont pas un objectif final de la formation et ne font pas l'objet d'une évaluation à l'examen, sont aussi inhérentes à l'activité de projet et peuvent donc être développées dans les limites du programme et des antécédents des élèves.

3. L'interdisciplinarité

Les projets en terminale S sont interdisciplinaires. Dans le déroulement d'un projet, les outils à exploiter doivent relever de domaines qui ne font pas partie obligatoirement du périmètre direct des sciences de l'ingénieur : il peut s'agir, par exemple, d'applications avancées en mathématiques, en physique, en chimie. L'apport d'enseignants de ces disciplines viendra enrichir les travaux, bien entendu, mais surtout va permettre de décloisonner les disciplines, de montrer que l'activité d'un ingénieur demande de combiner des compétences acquises dans des activités qui sont présentées comme séparées au lycée. Les sciences de l'ingénieur apparaissent alors comme la discipline qui apporte sa valeur ajoutée d'intégration et de synthèse pour aboutir à un projet véritablement interdisciplinaire.

L'interdisciplinarité peut aussi être construite avec les sciences de la vie et de la Terre. Cela ouvre les champs du « biomimétisme ». Désigné également par « bio-conception », cette piste de recherche de solutions technologiques exploite des analogies avec les solutions élaborées par la nature... Voilà sans doute un domaine très riche pour les projets, qui peut être approché en visionnant le film « Naturellement génial » :

http://www.dailymotion.com/video/xjniah_biomimetisme-naturellement-genial-s-orienter-dans-le-chaos-3-4_news

L'interdisciplinarité est ouverte aux autres disciplines de l'enseignement commun. Cette possibilité a été inspirée par les fonctions des ingénieurs qui ont à comprendre et interpréter les besoins du client dans des domaines divers et variés (médical, recherche scientifique, applications artistiques, agro-alimentaires, ...) qui peuvent être issus de contextes sociétaux très variés. Cette interprétation est nécessaire pour être communiquée à l'intérieur de l'entreprise.

Anticiper pour l'année scolaire suivante

Pour que cette exigence d'interdisciplinarité forte soit satisfaite, il est nécessaire que les sujets pressentis soient choisis, et travaillés en amont, dès l'année de première, de façon à ce que pour toutes les disciplines concernées, les moyens horaires, les dispositions d'emplois du temps des enseignants et des laboratoires soient anticipés.

4. Conclusions

Il apparaît que la mise en place de ce nouveau type de projet en terminale S donne à réfléchir sur ce qui est attendu de la pédagogie par le projet, qui, pour répondre aux ambitions, placées en elle, demande anticipation et précautions.

Les compétences visées par le programme de sciences de l'ingénieur de terminale S permettent aussi d'imaginer des projets qui portent plus sur l'élaboration et la mise au point d'un couplage entre un protocole expérimental et une modélisation, que sur la conception structurelle d'un objet technique. Le prototypage virtuel constitue également une source de projets pertinente au regard de l'évolution de l'ingénierie système actuelle. Ces profils de projet, plus scientifiques, constituent une différence marquée avec les projets de spécialité menés en terminale STI2D, qui sont davantage centrés sur la conception structurelle et son prototypage de validation.

Enfin, l'interdisciplinarité est à mettre en œuvre de façon résolue. Elle est à considérer comme un enrichissement qui contribuera à placer les sciences de l'ingénieur dans une dynamique d'ouverture qui ne peut qu'être profitable aux élèves, comme aux professeurs de sciences industrielles de l'ingénieur..

Francis Michard
IA-IPR STI
Académie de Clermont Ferrand

Norbert Perrot
Doyen du groupe STI de l'IGEN