

Des « projets » en classes préparatoires scientifiques PCSI, MPSI, PTSI et TSI

Retours d'expérience

Introduction

Jusqu'à la rentrée scolaire 2013-2014 les programmes de sciences industrielles de l'ingénieur ne faisaient pas référence à une approche pédagogique par projets. Après quelques expériences encourageantes, il est intéressant de s'interroger sur les motivations qui poussent à organiser ce type d'activités, puis mettre en exergue les lignes directrices génériques d'une activité de projet conduite dans le cadre particulier des classes préparatoires. C'est l'ambition de cet article, ceci en s'appuyant sur les expériences conduites, en analysant les pratiques qui fonctionnent mais aussi celles qui ne fonctionnent pas.

Contexte

Les classes préparatoires n'ont pas pour unique objectif de préparer des élèves bacheliers aux concours d'entrées des grandes écoles d'ingénieurs. Elles s'inscrivent dans un parcours de formation en cinq ans. Toutefois, le passage obligé par des concours sélectifs structure l'enseignement qui y est prodigué. Ainsi, peu ou pas d'activités sont conduites en groupe de plus de deux élèves. Même l'activité de TIPE, qui pourrait s'approcher le plus de l'idée de projet, est généralement conduite par un élève seul.

Le mot « projet » ou « démarche de projet » apparaît dans les programmes des disciplines scientifiques mais n'est pas développé. Par exemple, dans le programme d'informatique « La pédagogie par projets est encouragée » et en SII « Le programme est élaboré en s'inspirant de l'approche projet, sans pour autant prétendre former les élèves à la conduite de projets ».

Le programme de SII souligne la notion de « liberté pédagogique » pour le professeur, considérée comme le pendant de la liberté d'investigation de l'ingénieur et du scientifique. Elle doit permettre de privilégier la mise en activité des étudiants au sens où ils deviennent acteurs de leur formation. Elle devient aussi une source certaine d'innovations pédagogiques sur le long terme.

Motivations

Les activités de travaux pratiques classiques sont des activités guidées. Certes, elles sont formatives mais on constate une certaine passivité de la part des élèves, l'activité étant guidée ils ne s'interrogent pas sur ce qui a conduit à cet enchaînement imposé. C'est en cherchant à rendre l'élève acteur de sa formation, que l'idée de conduire des projets est née.

Ce qui motive les étudiants c'est l'espace de liberté à l'intérieur duquel ils peuvent s'exprimer.

Dans une classe les élèves ont l'habitude de s'entraider. On constate facilement qu'un groupe d'étudiants fédérés par un objectif commun est source d'émulation. La confrontation des points de vues au sein d'un groupe permet de se corriger et de faire émerger de nouvelles idées.

L'activité en groupe invite à communiquer, ce qui est une compétence au programme de SII. Mais il y a une grande différence entre la communication de l'élève vers le professeur et la communication entre élèves. L'élève au sein d'un groupe communique une information, sur un résultat de son activité, à ses camarades qui ne l'avaient pas *a priori*. Alors que le professeur, *a priori*, a la connaissance des informations qui lui sont transmises et se pose en juge.

Sans développer, d'autres vertus potentielles de la démarche de projet peuvent être évoquées :

- apprendre à s'organiser, individuellement et collectivement ;
- gagner en autonomie individuellement et au sein d'un groupe ;
- créer, inventer, innover.

Éléments clés pour une démarche de projet en CPGE

L'objectif à atteindre doit être clair et sa présentation courte. Il doit répondre à une problématique crédible d'ingénierie.

Le projet est conduit par un groupe d'étudiants. L'organisation des activités peut être libre ou suggérée. Elle donnera lieu à des validations intermédiaires ainsi que des bilans intermédiaires en présence ou non de l'enseignant.

Les documents ressources mis à dispositions doivent être explicites et clairs. Les ressources matérielles et logicielles nécessaires doivent être facilement accessibles.

Le projet se conclura par une restitution pouvant prendre des formes diverses :

- soutenance orale ;
- document de synthèse (sous forme de document numérique ou de posters affichés dans la salle de TP, par exemple) ;
- défis/challenge entre groupes ou entre classes, pour un projet de fin d'année.

Préparation d'un projet - rôle de l'enseignant ou de l'équipe d'enseignants

L'enseignant s'efforcera de définir un objectif clair à atteindre dans un temps limité par un groupe de x étudiants. L'expérience semble montrer que l'idéal est un groupe de quatre étudiants.

L'objectif doit être motivant. Pour être motivant, l'objectif doit être nouveau pour l'étudiant. Sa réalisation ne doit pas lui paraître *a priori* évidente et le temps imparti ne doit pas être suffisant pour qu'il puisse le réaliser seul. Toutefois il ne sera prêt à relever le défi que s'il lui semble à sa portée.

L'idéal est que le projet aboutisse sur une réalisation ou fabrication d'un système concret. Ceci peut aboutir à un système réel physique, que l'on peut tenir ou utiliser, mais aussi à un développement logiciel, réalisation d'une partie commande d'un matériel existant que l'on peut mettre en œuvre, tester et faire

évoluer par exemple. Toutefois, la démarche de projet peut être adoptée pour des activités de modélisation dans le but de proposer une évolution voire une meilleure compréhension d'un phénomène observé.

L'activité à conduire doit être décomposable en plusieurs tâches que les étudiants pourront se répartir.

L'enseignant sélectionnera et préparera les documents ainsi que les ressources matérielles et logicielles nécessaires. Ceci sera fait en fonction du temps imparti et la position du projet dans l'organisation de l'année. Des connaissances nouvelles ou des savoir-faire nouveaux peuvent être apportés au fil du projet, à l'image d'une formation d'entreprise. Certains problèmes théoriques peuvent être traités pendant les séances de travaux dirigés.

Les étudiants doivent rester maîtres de la conduite de leur projet. Il faut que le projet soit valorisant pour les étudiants. Pour cela, il faut un « coaching » positif de la part de l'enseignant. Le rôle de l'enseignant est de « discrètement » faire en sorte que le projet aboutisse, avec un écart plus ou moins grand au regard de l'objectif à atteindre. L'enseignant ne doit pas faire de rétention d'informations. Pour ses étudiants l'enseignant est une ressource qui répondra honnêtement aux questions qui lui seront posées.

Formation, adéquations avec les programmes

Il faut que les étudiants soient « conscients » des apprentissages en cours pendant le projet, qu'ils puissent mesurer les savoirs ainsi que les savoir-être acquis entre le début et la fin du projet. Cela peut passer par une déclinaison des compétences du programme en capacités à valider pendant le projet.

Il faut un moyen de « capitalisation » des connaissances et méthodes développées dans le projet pour que cela reste structuré. Cela peut se faire soit par une synthèse par le professeur, soit par un compte rendu fait par les étudiants.

L'enseignant peut organiser au cours d'une année plusieurs projets. Il peut aussi s'inspirer de la démarche de projet pour tout ou partie de l'activité de travaux pratiques.

Exemples de projets réalisés avec des étudiants

La variété des démarches proposées montre que l'idée de projet n'est pas figée et que les enseignants peuvent adapter leurs projets en fonction de leur organisation pédagogique et de leurs contraintes matérielles.

Le « management par projet » en entreprise constitue une organisation flexible, évolutive et dynamique, favorisant la liberté, l'innovation et la prise de décision par les participants. À son image, la « pédagogie par projets » ouvre un espace de liberté à l'étudiant, quitte à s'adapter au cours du déroulement du projet. Elle est aussi un lieu d'innovation pédagogique où le professeur accompagne la formation plutôt qu'il ne la décrète.

Mise en œuvre de projets en PCSI.

Exemple de quatre projets proposés au cours d'une année scolaire en PCSI.

Projet A : Modélisation d'un système asservi

Démarche adoptée : projet long

Projet réalisé en 3 séances de 2h étalées sur 9 semaines au premier semestre. Chaque groupe de 3 ou 4 étudiants travaille sur un système du laboratoire différent.

L'objectif pédagogique est de proposer une modélisation d'un système asservi, dans le but de répondre à une problématique identifiée par une mesure.

Sujets

Pilote automatique de bateau, robot cueilleur de fruit, cordeuse de raquette, robot positionneur de sonde, etc.

Attente et bilan

Présentation orale de 15 minutes. Chaque groupe présente à une partie de la classe son travail sachant que ceux qui les écoutent n'ont pas conduit la même activité.

Les étudiants sont très motivés par la soutenance orale. Ceux qui écoutent se rendent compte du chemin parcouru depuis le début de l'année, car ils ont désormais les éléments qui leur permettent de comprendre la problématique présentée par leurs camarades. Mais, il faut que l'enseignant encadre la préparation de la présentation orale avant la soutenance. Le mieux étant de faire des propositions que les élèves s'approprient et intègrent à leur présentation. Ceci dans le but que la soutenance soit une expérience réussie et afin d'éviter que trop d'erreurs soient transmises à ceux qui écoutent.

Projet B : reconception d'un système mécanique

Voir fichiers détaillés dans l'onglet « fichiers et liens », Projet 1.

Démarche adoptée : projet court

Le projet a été réalisé sur 2 séances de 2h en novembre. Les étudiants sont en équipe de 3 sur un même système.

L'objectif pédagogique est de proposer un modèle mécanique d'un système, le valider et l'adapter en vue de répondre à une problématique de reconception.

Sujets

Distributeur de savon, mini-stepper, voiture radiocommandée, simulateur de course.

Attente et bilan

Un document de synthèse numérique était demandé.

En deux séances de 2h, les étudiants ont pour la plupart réussi à caractériser la performance étudiée, proposer une modélisation et un schéma cinématique puis assemblé un modèle SolidWorks. Peu ont réussi à valider leur solution à l'aide d'un modèle numérique.

Le compte-rendu informatique n'a pas été réalisé par manque de temps pour la plupart des projets.

Globalement les élèves ont très apprécié ce type d'activité et ont produit des schémas de qualité, voire ont proposé des solutions pertinentes.

Projet C : conception d'un algorithme de commande d'un système existant.

Ce projet devrait être présenté au salon Educatec 2014 par l'équipe démosciences.

Démarche adoptée : projet court

Le projet a été réalisé sur 2 séances de 2h en janvier. Les élèves ont travaillé en binôme.

L'objectif pédagogique est de programmer une partie commande d'un système simple. La première séance était réservée à de l'auto-formation à la programmation en Python sur cible Arduino. La deuxième visait à analyser les informations envoyées par la partie opérative puis à élaborer, tester et améliorer la partie commande avec les outils acquis lors de la première séance.

Sujets

1. Passage piétons. 2. Suiveur solaire.

Attente et bilan

En dehors du caractère formatif, la première séance permettait de se rendre compte des limites d'une programmation non dynamique et de réfléchir à la notion d'événement et d'état. La deuxième partie était validée par le bon fonctionnement du suiveur et par la comparaison des comportements des suiveurs des différents groupes.

Lors de la première séance, tous les groupes ont réussi à avoir une première version de la partie commande correcte et à en comprendre ses limites. Quelques groupes ont pu dépasser cette limite.

Lors de la deuxième séance, tous les groupes ont réussi à mettre en œuvre un mode dégradé de la partie commande du suiveur solaire en 2 heures. Quelques groupes ont réussi à optimiser la commande. Les élèves ont demandé une séance supplémentaire pour terminer le projet, ce qui a pu être fait en 1 heure.

Projet D : mettre en œuvre un démonstrateur de la recherche de la base de recharge d'un robot aspirateur autonome.

Voir fichiers détaillés dans l'onglet « fichiers et liens », Projet 2.

Ce projet devrait être présenté au salon Educatec 2014 par l'équipe démosciences.

Démarche adoptée : projet long

Le projet a été réalisé sur 4 séances de 2h en juin. Les élèves ont travaillé par groupe de 4.

Les élèves, déjà rodés à la démarche de projet, n'étaient pas guidés pour l'organisation des activités à conduire. Le projet était facilement décomposable en tâches : analyser le signal émis par la base, acquérir le signal émis, analyser la partie opérative fournie et savoir la piloter, programmer des séquences de mouvement simple, élaborer et tester l'algorithme de recherche.

Sujet

Base de robot Rumba et robot Probot avec Arduino uno.

Attente et bilan

Le projet était présenté comme un défi entre groupes du type « concours de robotique ».

Les étudiants ont rapidement compris l'intérêt d'organiser l'activité en tâches et se sont naturellement répartis en deux équipes de deux étudiants. Mais finalement les groupes se sontentraîdés. Les étudiants étaient demandeurs d'un défi à plusieurs classes. La motivation a été très forte pour ce projet.

Mise en œuvre de projets en TSI première année.

Projet : construction par les élèves d'une imprimante 3D (RepRap).

Voir fichiers détaillés dans l'onglet « fichiers et liens », projet 3.

Démarche adoptée : projet long

Projet aboutissant sur la construction par les élèves d'une imprimante 3D (RepRap).

Le projet a été réalisé par des groupes de 4 étudiants sur 3 séances de 4h30.

Un cahier des charges précis était donné à chaque séance avec un ensemble de compétences mécaniques, électriques et électroniques à acquérir.

Les étudiants étaient invités à se répartir des rôles : chef de projet, maitre du temps, scribe, technico-commercial.

Séance 1. Le but était de découvrir le projet, le cahier des charges global et de réaliser l'assemblage réel et la modélisation sur Solid-Works.

Séance 2. Le but était de comprendre la mise en mouvement des différents axes, c'est-à-dire de contrôler via un micro-contrôleur un moteur pas à pas suivi d'une chaîne de transformation de mouvement.

Séance 3. Le but était de concevoir des fixations de potentiomètres pour l'axe X et pour l'axe Y, et d'un engrenage permettant la démultiplication du nombre de tours, afin de mesurer le déplacement réel de la tête, puis de mettre en mouvement la tête, afin de comparer la mesure sur le système réel avec les exigences du cahier de charges.

Attente et bilan

La quantité de travail pour le temps imparti est un peu ambitieuse mais ce projet a passionné les élèves et il a été très intéressant de revenir avec eux sur la qualité des pièces qui étaient faites en impression 3D et sur la précision de la tête d'impression.

Mise en œuvre de projets en PTSI.

Projet : réalisation d'un capteur d'effort à l'aide d'une jauge d'extensométrie.

Voir fichiers détaillés dans l'onglet « fichiers et liens », projet 4.

Démarche adoptée : projet court

Le projet a été réalisé par des groupes de 3/4 étudiants en 2h30.

L'objectif est de fabriquer un capteur d'effort à l'aide d'une jauge d'extensométrie. La mise en œuvre de cette mesure étant réutilisable en TIPE.

Les hypothèses et les sollicitations en RdM ont été vues lors de TP précédents. À partir du matériel, des schémas électriques et des tutoriels nécessaires, les étudiants ont réalisé un capteur d'effort avec affichage en temps réel directement ou avec un post-traitement dans Scilab/Xcos. La partie RdM a été réalisée avec des mesures de déplacement et mise en parallèle avec une simulation SolidWorks.

Les étudiants étaient invités à se répartir des rôles : chef de projet, maître du temps, scribe, technico-commercial.

Attente et bilan

Ce projet est un peu ambitieux sur la quantité de travail à faire en 2h30. Mais ce TP a réellement motivé les élèves qui ont vu ici un moyen efficace et rapide pour réaliser une mesure, ce qui est réutilisable pour leur TIPE.

Mise en œuvre de projets en PCSI.

Projet : Asservissement des systèmes.

Voir fichiers détaillés dans l'onglet « fichiers et liens », projet 5.

D'autres projets sont aussi mis en œuvre en cinématique, systèmes numériques et statique, mais ne sont pas développés dans la fiche projet (le principe reste similaire).

Démarche adoptée : projet long

Le projet a été réalisé par des groupes de 3 à 4 étudiants en 5 séances de 2h.

Sur chaque support, un problème technique ou un objectif d'évolution est proposé aux étudiants. La solution au problème passe par une modélisation de l'asservissement du système et une simulation sur Scilab.

L'organisation globale du temps est cadencée par le professeur, qui propose un objectif ciblé à chaque séance. Par contre, les étudiants organisent librement leurs mesures, leurs modèles et leur présentation.

Des points de cours ponctuels et une formation à Scilab permettent d'apporter quelques connaissances « au bon moment » au cours du projet.

Une restitution par une présentation au groupe est faite la 6ème séance.

Attente et bilan

Le projet fonctionne bien : les étudiants savent ce qu'ils ont à faire et regorgent d'initiatives. Ils sont avides d'informations lors des apports ponctuels puisqu'ils en ont besoin pour la suite de leur projet. Ils ont à cœur d'aboutir à une présentation pertinente, qu'ils sont fiers de présenter.

Par contre, le mode de « coaching » ne les invite pas à planifier leur temps. Bien souvent, la présentation est commencée relativement tard et ils peinent à terminer dans les temps : définir un « responsable de la présentation » dès le début serait probablement une bonne idée.