

# ILS VOUS DÉVOILENT *leurs projets*

L'approche pédagogique par problèmes et par projets (APP) connaît un succès certain dans les cycles de formation en ingénierie. Elle est illustrée par un exemple développé, dans le cadre du premier des quatre semestres préparant au DUT Génie Electrique et Informatique Industrielle (GEII) à l'IUT de Cachan : le robot filoguidé, « la gamelle ».

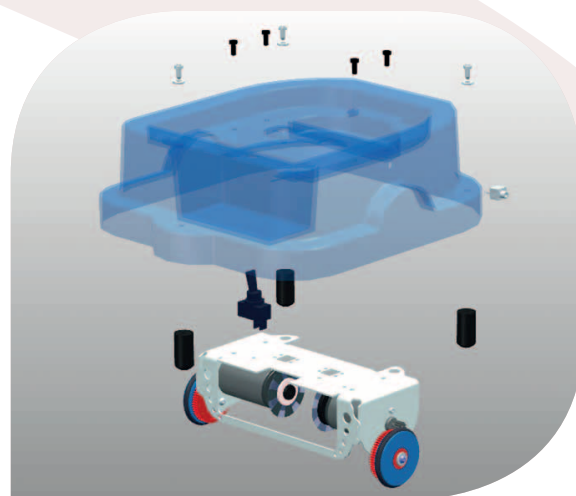
À l'origine, la pédagogie de projet était l'apanage de quelques courants de pédagogie active dont les précurseurs étaient entre autres, au début du XX<sup>e</sup> siècle, Adolfe Ferrière (pédagogue Suisse qui fut un des premiers à parler dans ses publications de « l'école active ») et le courant « Education nouvelle ». Ceux-ci rendent les élèves acteurs de leurs apprentissages en misant sur leurs capacités et leurs ressources. Les savoirs sont acquis au cours d'activités et de situations de recherche prenant le plus souvent leurs sources dans des situations concrètes. Les élèves disposent alors d'une totale liberté d'action dans le cadre prévu.

## Un robot filoguidé ... fil rouge d'une démarche pédagogique

L'équipe pédagogique Génie Electrique et Informatique Industrielle de l'IUT de Cachan a fait le choix depuis 2004 d'utiliser la démarche APP (**encadré 1**) avec les étudiants préparant le DUT GEII à l'IUT de



Le kit robot « gamelle », développé et réalisé en grande partie par l'équipe technique de l'IUT de Cachan, se compose d'un châssis, de 2 moteurs, de 2 roues, une batterie et une coque plastique.



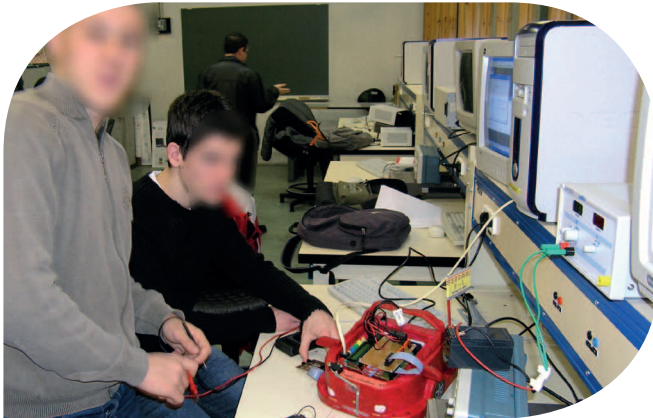
Cachan. Au cours du premier semestre de leur formation, les étudiants découvrent différentes facettes de l'électronique, de l'informatique industrielle et de la physique des capteurs via un petit robot filoguidé autonome : « la gamelle ». Celui-ci sert de fil conducteur à un apprentissage par problèmes et par projets. Les étudiants, par groupes de quatre, sont orchestrés par l'équipe pédagogique chargée

des études et réalisations. Le projet démarre dès la rentrée du premier semestre, alors que la plupart de ces étudiants primo-entrants ne dispose pas des connaissances nécessaires pour réaliser le robot. Il s'étale sur 16 semaines et une vingtaine de séances d'études et réalisations de 4 heures. Au cours de ces séances, il s'agit d'inverser le schéma classique descendant cours-TD-TP-projet. Le robot sert à rendre les apprentissages nécessaires. Il donne un contexte où ils seront immédiatement utiles et contextualisés.

Cette démarche pédagogique se termine en fin de semestre par le concours « Gamel Trophy », organisé par l'IUT, où s'affrontent la quarantaine de robots réalisés par les groupes d'étudiants. L'enjeu consiste pour le robot à suivre, le plus rapidement possible, un itinéraire matérialisé sous forme d'une ligne blanche sur une moquette bleue, jusqu'à faire tomber un tasseau de bois de fin de parcours. La meilleure équipe d'étudiants représentera ensuite l'IUT de Cachan à la coupe de robotique inter IUT de Vierzon dont le « Gamel Trophy » est la déclinaison locale.

Le caractère ludique du projet comme la mise en compétition des équipes et des groupes sont des facteurs de motivation considérables pour les jeunes étudiants et donc des éléments impor-

## ➔ PRÉPARATION DU ROBOT



© IUT DE CACHAN

## 1 La démarche d'Apprentissage par Problèmes et par Projets (APP) en bref

La pédagogie de projet consiste à faire acquérir aux apprenants des connaissances et des compétences, au travers de l'élaboration d'une production concrète en vue d'une fin précise. Elle est centrée sur *ce que fait l'étudiant*, l'enseignant n'étant là que pour *l'accompagner et le guider* dans ses apprentissages. Cette approche pédagogique est le plus souvent la réponse à l'inefficacité, ressentie ou réelle, des techniques traditionnelles de transmission ou de conditionnement - amphi, travaux dirigés et travaux pratiques - face à une partie des étudiants peu volontaire ou démotivée.

L'APP s'appuie sur des situations variées, contextualisées et présentant un défi. Elle fait appel à la collaboration entre apprenants, développe leur autonomie en les amenant à initier leur apprentissage plutôt que de les subir. Elle permet d'atteindre un triple objectif : acquérir des savoirs, maîtriser une méthodologie et produire

du concret. Mais aussi elle donne un sens aux apprentissages, initie au travail en mode projet, enrichi les relations de l'étudiant avec ses pairs, son groupe de travail, ses enseignants et son institution. La référence européenne en termes d'APP est l'Université Catholique de Louvain<sup>1</sup>. De nombreux exemples montrent que l'APP dans l'enseignement supérieur a permis de développer la motivation et l'autonomie des étudiants tout en assurant un apprentissage de qualité. Il est relativement rare au sein d'un établissement d'enseignement sup-érieur qu'une équipe d'enseignants se réclame de tel ou tel courant pédagogique et qu'une pédagogie APP globale pour tout un cursus universitaire soit mise en place. En effet, on observe le plus souvent une cohabitation de pédagogies traditionnelles et de pédagogies nouvelles. Cette approche plus pragmatique est en général initiée par une équipe réduite d'enseignants, elle provoque sou-

vent une évolution significative des enseignements traditionnels tels que les cours magistraux et les travaux dirigés vers plus d'autonomie, puis jusqu'à l'élaboration de cours et d'exercices en auto-apprentissage. Les étudiants deviennent plus réceptifs aux enseignements, d'une part en raison du besoin en connaissances nouvelles qu'induit le projet en cours d'élaboration, d'autre part à cause de l'effet positif de celui-ci sur leur motivation, le respect du travail des autres, la prise de responsabilité au sein d'un groupe. La démarche de projet permet de renforcer l'intérêt des étudiants pour la voie qu'ils ont choisie, d'apprendre à mobiliser des savoirs et des compétences acquis et de développer des connaissances et des savoirs faire nouveaux.

<sup>1</sup> On pourra se reporter à l'ouvrage « L'approche par problèmes et par projets dans l'enseignement supérieur - Impact, enjeux et défis » (coordonné par Benoît Galand, Mariane Frenay, presse universitaire de Louvain) pour mieux comprendre tous les enjeux de cette approche.

tants pour la réussite. Aussi dès l'amphi d'accueil, des vidéos du concours de Vierzon et du «Gamel Trophy» présentées - en insistant sur les succès de Cachan, pour donner le ton. (<http://www.youtube.com/watch?v=030iUynRQ6U>).

## Un projet découpé en trois phases

Le robot «gamelle», est construit à partir d'un kit standard, identique pour tous, comprenant châssis, moteurs, roues, batterie et coque. Quatre cartes électroniques interconnectées sont nécessaires pour le rendre opérationnel : capteurs, commande moteur, alimentation et traitement de l'information. Ce sont elles qui sont le cœur du projet qui se déroule principalement lors des séances d'études et réalisations : les trois premières servent à concevoir et à réaliser, la dernière à interfacier et à programmer.

Au sein de chaque groupe, environ 24 étudiants au total (il y a 8 groupes préparant le DUT GEii), 6 équipes sont constituées définitivement. Chacune comprend deux binômes, soit 4 étudiants, solidaires pour faire progresser leur apprentissage et pour atteindre l'objectif du projet : faire suivre la ligne au robot. Deux enseignants sont affectés à l'encadrement du groupe. Chacun a en charge le suivi de l'apprentissage et du projet, et l'évaluation de trois équipes. En particulier, à la fin de chaque séance, ils font un bilan d'un quart d'heure avec celles-ci, vérifiant que l'équipe fonctionne correctement et définissant les objectifs de la séance suivante. L'organisation du travail doit favoriser les transferts de compétences : il faut donc interdire la spécialisation des étudiants dans une équipe. A cette fin, les binômes seront mélangés entre chaque phase clé du projet, c'est-à-dire toutes les trois séances environ. Dans cet esprit, les étudiants doivent travailler en priorité les tâches pour lesquelles ils sont les moins compétents. Le projet se déroule en 3 phases étalées sur 16 semaines (**encadré 2**). Ceci donne le temps aux enseignements plus théoriques et classiques, qui se déroulent en parallèle, d'apporter progressivement les éléments de formation nécessaires pour assurer une progression régulière du projet.

## Le goût de la compétition

L'aspect ludique et l'esprit de compétition se retrouvent lors de la journée de compétition finale. C'est d'autant plus remarquable que le classement des robots au concours Gamel Trophy n'intervient pas dans l'évaluation du travail. Seul l'honneur de représenter l'IUT de Cachan à la coupe inter-IUT de Vierzon est réellement en jeu ! Le concours est

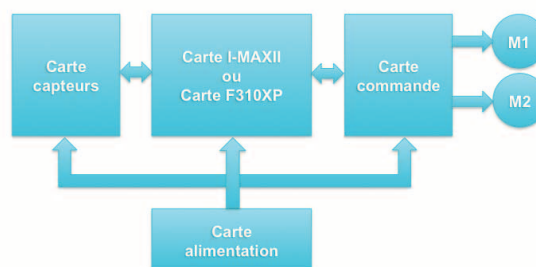
structuré en une phase d'homologations des robots suivie d'une compétition en deux temps : qualifications pour la phase finale des 16 robots les plus rapides qui s'affrontent ensuite en matches à 2. A noter qu'en 2010/2011, 100% des robots ont été homologués, signe de la qualité du travail fourni par les équipes d'étudiants. Pour ceux dont le robot est moins performant il y a aussi le prix du plus beau robot (un peu de créativité artistique pour compenser) et pour encore plus de convivialité le prix du meilleur gâteau (une autre manière de faire participer l'entourage familial de l'étudiant et de l'intéresser à son cursus).

## Une évaluation individuelle du projet

L'évaluation reflète l'implication et la progression sur le plan des apprentissages mis en jeu dans le projet. Les éléments pris en compte pour cette évaluation sont : deux devoirs surveillés, pour vérifier que des connaissances ont été acquises par tous les membres des équipes et éviter la spécialisation au sein de celles-ci, une (ou plusieurs) interview orale, collective ou individuelle, les dossiers techniques sur le robot réalisé. Les aspects méthodologiques (prise de notes, utilisation des supports de cours, archivage des documents, soin apporté à la réalisation) et de communication (écouter les autres membres de l'équipe, partager son expérience, faire



Synoptique de fonctionnement du robot.



## LE CONCOURS



© IUT DE CACHAN

des propositions) ont aussi une place importante dans l'évaluation.

## Motiver étudiants ... et enseignants

Le projet Gamel Trophy permet aux étudiants de balayer plusieurs secteurs du génie électrique (alimentation, caractérisation des machines à courant continu et commande par modulation de largeur d'impulsion d'un moteur), de l'informatique industrielle (logique programmable, microcontrôleur, VHDL, langage C), de la physique (capteurs optoélectroniques) ainsi que les aspects réalisation, tests de cartes électroniques et un peu de gestion de projet. Autant de sujet qu'ils découvriront pour la plupart et qu'ils approfondiront dans les trimestres suivants. Les vainqueurs du Gamel Trophy, qui représentent ensuite l'IUT à la compétition inter

IUT, continueront à améliorer leur robot jusqu'en juin, dans le cadre d'un projet tutoré (projet évalué et entrant dans l'attribution du DUT). D'autres étudiants qui suivent l'option robotique du semestre 4 reviendront à la gamelle avec une carte microcontrôleur 16 bits qu'ils développeront complètement. Chaque année, lors de la coupe de robotique de Craiova (Roumanie) organisée dans le cadre de la compétition robotique mobile, des apprentis de l'IUT et des étudiants de l'Université de Craiova s'associent en équipe puis s'affrontent, dans un esprit d'ouverture et de collaboration internationale. L'efficacité du travail des étudiants est directement liée à leur motivation. Autant les étudiants peuvent être passifs face à un apprentissage vécu comme une contrainte inutile, autant ils peuvent déployer une énergie et une ténacité insoupçonnables lorsqu'ils sont motivés ou mis en compétition. Aussi dès l'amphi d'accueil de septembre, une vidéo des

## 2 Un projet en trois phases

Le projet se déroule en 3 phases étalées sur 16 semaines

### Phase 1: cinq semaines de découverte et de formation.

Les équipes entament ce projet par la lecture d'une documentation technique (en partie en anglais) choisie par l'équipe pédagogique. Durant cette première séance, un questionnaire de démarrage, comportant une quinzaine de questions, est donné aux étudiants pour les aider à extraire, des documents fournis, les informations importantes. Il s'agit ensuite d'acquérir, en trois séances, grâce à un travail en équipe, les connaissances «de base» sur les fonctions fondamentales de l'électronique indispensables à la réalisation de ce robot. Au lieu de suivre le cours magistral d'un enseignant au tableau, les étudiants par binôme, construisent une solution répondant à une question posée, réalisent une expérience pour l'illustrer, puis l'exposent au reste de l'équipe. Les questions sont volontairement vagues (par exemple : Comment câbler un bouton-poussoir pour obtenir une information du type «butée de fin de course» ou «jack débranché»? Comment alimenter les composants d'une carte électronique sous 5V à partir d'une batterie

de 12V? Comment faire tourner un moteur à courant continu à vitesse variable? Ou comment détecter une ligne blanche?), et doivent normalement susciter un certain nombre de «sous-questions».

Chaque binôme de l'équipe va donc se consacrer pendant 2 séances à l'un de ces thèmes. Il se documente, réfléchit à la problématique et aux réponses possibles, puis fabrique une ou plusieurs manipulations destinées à illustrer une solution correspondant aux besoins de l'équipe pour la réalisation du robot. A la fin de ces deux séances, une expérience illustrant la solution retenue doit être prête et validée par l'enseignant supervisant l'équipe. La troisième séance est destinée à la mise en commun des connaissances acquises par tous les binômes. Durant deux heures, chaque binôme expose successivement les résultats de sa réflexion au reste de son équipe (donc durant environ 40 mn) et présente la manipulation préparée. Il devient alors le professeur, le pédagogue, qui doit faire passer une notion particulière : cela ne s'improvise pas et se prépare (plans, schémas, etc.). Les autres membres de l'équipe sont les élèves qui prennent des notes, posent des questions... ils doivent comprendre,

puisqu'ils seront ensuite évalués individuellement sur tous les thèmes. Un enseignant peut venir assister à tout moment à une partie de ces deux heures d'exposé/démonstration. Pendant les deux dernières heures de cette séance, chaque binôme refait les manipulations préparées par les autres binômes. Pour répondre aux questions, des pistes sont proposées sous forme de documents (notes techniques en anglais accessibles sur la plateforme pédagogique de l'Université Paris-Sud Dokeos ou via des recherches internet). Ils disposent aussi d'une platine de test de 2 moteurs couplés avec disque optique de 60 segments et une fourche optique, et d'une platine avec des capteurs réfléchifs à bas prix sur support réglables en hauteur. Au final, une mutualisation des connaissances au sein de l'équipe doit être de mise, car chaque membre doit avoir compris le principe et la mise en œuvre des solutions de tous les problèmes traités. Ceci est vérifié de façon classique par un devoir surveillé. Durant cette phase de formation, l'enseignant joue un rôle de tuteur et non d'enseignant traditionnel : il ne répond pas «directement» aux questions. Des cours, TD et TP sur les éléments utiles

concours précédents est présentée. Le caractère ludique du projet comme la mise en compétition des équipes, des groupes d'étudiants des deux départements GEii de l'IUT sont des facteurs de motivation considérables. Celle-ci est multipliée à chaque fois que le robot progresse : les premiers mètres parcourus sont vécus par les étudiants comme un événement extraordinaire qu'ils filment et qu'ils diffusent sur le net. La photo du robot et de l'équipe est affichée sur un tableau de palmarès. Les étudiants qui commençaient à désespérer devant l'état de leur réalisation reprennent espoir en voyant les autres équipes parvenir à des résultats concrets. Le rôle de l'enseignant dans ce contexte est aussi transformé. Il n'est plus celui qui contraint à travailler et qui sanctionne, il devient le conseiller. Malgré son statut d'enseignant, il est considéré parfois par les étudiants comme un membre de l'équipe, et non comme celui qui juge. On quitte un schéma d'oppo-

sition pour celui d'une association constructive avec un objectif commun et concret.

Avec le recul, l'APP, appliquée dans le contexte du robot gamelle, s'avère plus efficace qu'une approche classique, en particulier pour développer une plus grande autonomie des étudiants dans l'apprentissage. Pour les enseignants, habitués à travailler dans des dispositifs plus conventionnels, cette approche a modifié le rapport à leur métier : c'est un véritable projet collectif associant enseignants et enseignés. Après ce concours, l'équipe pédagogique est rassurée et pleine d'optimisme car l'objectif principal du premier semestre est atteint : transformer des lycéens en étudiants motivés et en appétit d'apprendre le GEii à l'IUT de Cachan. Pour une partie d'entre eux, qui a intégré aujourd'hui le monde professionnel, le concours du Gamel Trophy de l'IUT est souvent cité comme l'un des faits les plus marquants de tout leur cursus universitaire. ■

prennent place le moment venu, et s'articulent avec l'évolution du projet tout au long du semestre. Il n'appartient pas au tuteur de les anticiper ou de les répéter. Son rôle est de faire ressentir ces enseignements comme nécessaires avant qu'ils n'apparaissent et de favoriser le transfert des connaissances académiques en compétences opérationnelles, une fois que ces enseignements ont eu lieu. Il peut donc renvoyer les étudiants aux contenus de leurs cours, à leurs notes, aux documents.

### **Phase 2 : Réaliser un robot prototype.**

A l'issue de la première phase, les étudiants disposent de schémas de principe complets pour la réalisation des cartes analogiques du robot (capteurs, commande moteur et alimentation).

Ils vont maintenant réaliser un prototype. La solution technique pour atteindre les différents objectifs est laissée libre, avec cependant quelques limites. D'abord, les composants sont à choisir sur une liste préétablie et pour un montant maximum de 50€. De plus, la connectique doit être prévue dès le début pour permettre les évolutions du robot. Après la phase de compréhension,

les étudiants s'approprient le concept pour concevoir puis simuler en CAO la partie électronique. Ensuite, ils dessinent les typons des circuits imprimés nécessaires en vue de fabriquer et de mettre en œuvre leurs premières cartes électroniques (outils ALTIUM designer). Une fois ces cartes réalisées, un prototype de robot est mis au point. Il doit être capable de démarrer, traverser un champ d'obstacles (des tâches blanches sur le tapis bleu) et s'arrêter sur une surface uniformément blanche. Les étudiants doivent créer des programmes de test qui permettent de régler les tensions des capteurs réfléchissants en conditions réelles d'utilisation, de régler le différentiel des moteurs...

La fonction de traitement des informations, nécessaire pour distinguer les tâches blanches de la zone bleue, est réalisée par une carte à base de circuit logique programmable (FPGA) que les étudiants programment par le biais d'une saisie de schéma logique et de modules écrits en VHDL, langage de description de circuits numériques (outils Altera Quartus II). A la fin de cette étape la partie matérielle du robot doit être opérationnelle. Un rapport technique préliminaire est demandé à ce stade.

### **Phase 3 : Réalisation du robot pour la compétition «Gamel Trophy».**

La carte de traitement de l'information du robot final est à base de microcontrôleur. Elle est programmée en langage C (carte microcontrôleur C8051F310, outils Silicon Labs IDE et SDCC). Les étudiants sont déjà initiés à la programmation structurée en langage C, avec une approche pédagogique de type APP, lors du cours d'informatique industrielle. Les programmes produits durant cette phase permettent le test final des différentes fonctions, sa mise au point puis sa préparation pour la compétition finale.

Les quelques jours qui précèdent la compétition «Gamel Trophy», les étudiants sont totalement absorbés par la préparation de leur réalisation. Il s'installe une ambiance d'émulation entre les différents groupes mais également une forte solidarité pour réparer le robot de l'autre ou pallier les pannes de dernière minute. Certains travaillent probablement plus de 35 heures dans les trois jours qui précèdent le concours. Cet investissement total est rendu possible par un aménagement spécifique de l'emploi du temps, puisque toutes les évaluations et les jurys du semestre sont déjà passés.