

Mise en œuvre de la pédagogie par projets formels et non-formels en école d'ingénieurs

MOHAMED OUBREK, MOURAD ABOUELALA, MOURAD TAHA JANAN,
ABDELLAH EL GHARAD

Mohamed V University
ENSET, Rabat, (LM2PI)
Maroc
m.oubrek@um5s.net.ma

RÉSUMÉ

Dans le cadre de démarrage des filières d'ingénieurs à l'École Normale Supérieure de l'Enseignement Technique (ENSET) de Rabat et de la nécessité d'y intégrer formellement la pédagogie par projets, cet article présente le retour d'expérience de la mise en œuvre de la pédagogie par projet consistant en la participation à la complétion Eco Shell marathon (compétition internationale entre équipes d'étudiants qui consiste à concevoir et fabriquer un véhicule devant parcourir un maximum de kilomètres avec un minimum d'énergie) et la création d'une junior entreprise. L'article décrit l'approche retenue, présente les modalités de déploiement mises en œuvre et les enseignements tirés. Un modèle de mise en œuvre intégrée au référentiel de formation en formation d'ingénieurs en génie mécanique est proposé sur la base de ce retour d'expérience.

MOTS-CLÉS

Pédagogie par projet, formation d'ingénieurs

ABSTRACT

In the boot part of engineering courses in ENSET in Rabat and hence the necessity of formally integrate project-based teaching, this article presents the lessons learned from the implementation of educational projects consisting in participation in Shell Eco marathon completion (international competition between student teams is to design and manufacture a vehicle to travel a maximum of kilometers with minimum energy) and the creation of a junior company. The article describes the approach adopted, the deployment modalities implemented and the lessons learned. An integrated implementation of a model training reference in mechanical engineering training is presented on the basis of this feedback.

KEYWORDS

Project-based learning, engineering education

DE LA PÉDAGOGIE PAR PROJET

À l'instar des méthodes actives, la pédagogie par projet se focalise sur les besoins et les initiatives de l'apprenant considéré comme acteur central dans le processus d'apprentissage. Elle s'appuie et s'organise autour d'un projet, mobilise les capacités d'anticipation afin de maîtriser son avancement et en atteindre les objectifs. La pédagogie par le projet admet l'efficacité de l'engagement volontaire, de la liberté d'initiative et de l'adhésion au collectif et

favorise ainsi la persévérance, le développement des apprentissages, des capacités cognitives, sur les niveaux personnel et relationnel de l'apprenant.

Elle offre des situations d'apprentissage authentiques du point de vue de la contextualisation, la motivation, l'interdisciplinarité, l'interaction sociale, la réflexion méthodologique, la finalité de l'action nécessaires à la construction d'apprentissages structurés rendant alors possible la cristallisation des compétences prescrites dans les référentiels de formation.

Cette idée selon laquelle la pratique est un passage obligé de l'apprentissage n'est pas nouvelle, Un proverbe chinois dit : « Dis-moi et j'oublierai. Montre-moi et je peux me souvenir. Implique-moi et j'apprendrai ». La pratique a toujours été reconnue comme la voie d'apprentissage la plus efficace. Aristote a dit: « Il faut apprendre en faisant la chose, car si vous pensez que vous savez, vous n'avez pas la certitude jusqu'à ce que vous ayez essayé. ». Au 14^{ème} siècle Ibn khaldoun disait "Le développement des compétences est atteint par la discussion, l'apprentissage collectif et la résolution des conflits cognitifs par le co-apprentissage".

Pendant la première moitié du 20^{ème} siècle, la théorie de l'Apprentissage par la pratique, le « learning by doing » suggérée par Kenneth Arrow dans le domaine des sciences économiques affirmait l'apport significatif et cumulatif de la pratique sur la productivité des travailleurs. Le système de production de Toyota, par exemple, est connu pour son Kaizen, basé sur l'apprentissage par la pratique dans une logique d'amélioration continue. L'apprentissage actif est également au cœur de l'apprentissage organisationnel et de la gestion de la connaissance dans l'environnement de travail (Raynal, Le Méhauté, Angoulvant & Ferguson, 2008).

S'appuyant sur les approches constructivistes et socioconstructivistes, la transposition pédagogique de l'apprentissage par la pratique ou plus précisément la pédagogie active, n'a commencé à être introduite institutionnellement et de manière significative dans le monde occidental, que depuis les années 80 du siècle dernier. La mise en œuvre constatée dès lors fait état de très nombreuses formes et pratiques de son déploiement, d'où une certaine difficulté à mieux en cerner les concepts et les modèles sous-jacents (apprentissage par la découverte, l'enquête, l'étude de cas, les jeux de rôles, la simulation, le projet de groupe).

Dans sa revue de la littérature traitant de la recherche sur l'apprentissage par le projet, commandité par la fondation Autodesk, (Thomas, 2000) conclut qu'une démarche universelle ne se dégage pas. Cependant les principales composantes admises comme faisant partie de la pédagogie par projet ou PBL (Project-Based Learning) et qui différencient « apprendre par projet » de la simple activité de « réaliser un projet ». Ces composantes principales sont :

- (a) Des tâches complexes basées sur des questions ou des problèmes difficiles qui impliquent les étudiants dans la conception, la résolution de problèmes, la prise de décision, ou les activités d'enquête et aboutissent à des produits ou des présentations réalistes (Jones, Rasmussen & Moffitt, 1997; Thomas, Mergendoller & Michaelson, 1999) ;
- (b) la possibilité pour les étudiants de travailler de manière relativement autonome sur des périodes de temps prolongées ;
- (c) Des contenus authentiques, l'évaluation authentique, la facilitation non directive des enseignants, l'explicitation des objectifs, (Moursund, 1999), l'apprentissage coopératif, la réflexion et l'incorporation des compétences des apprenants (Diehl, Grobe, Lopez & Cabral, 1999).

En plus de ces composantes plus communément admises, d'autres questions clés sont considérées comme fondamentales par certains chercheurs et laissées sous silence par d'autres. Il s'agit de:

- (a) la nécessité pour l'acquisition de connaissances et de compétences de niveau plus élevé de soutien ou d'étayage dans le sens du concept développé par Bruner et celui de la zone proximale de développement de Vygotsky ;
- (b) la nécessité de l'utilisation du travail collaboratif ;
- (c) la nécessité d'une multitude de possibilités sur l'objet et les méthodes d'apprentissage ;
- (d) la question de l'évaluation des acquis des étudiants.

Dans une revue plus récente de (Condliffe et al., 2015), en mettant à jour la revue précitée de Thomas (2000), les auteurs concluent en la nécessité de formaliser des principes souples et dynamiques adaptables aux contextes spécifiques et des modèles clairs d'implémentation sont nécessaires pour en évaluer la qualité de mise en œuvre. Le potentiel de la pédagogie reste néanmoins tributaire à la nécessité de la mise en place d'un environnement physique et organisationnel garantissant les conditions de mise en œuvre favorisant l'effectivité des apprentissages et leur évaluation.

Cet aspect focalise actuellement les travaux d'organismes promouvant la pédagogie active en pré-bac qui proposent des principes de réussite de la mise en application de la pédagogie de projet, proposent des invariants du processus de son implémentation formelle et de son pilotage. On peut citer Larmer et Mergendoller (2010) pour Buck Institute for Education (BIE) qui propose sept composantes essentielles : le besoin d'acquérir un savoir, une finalité précise, une liberté de choix et de décision, des compétences pour le 21^{ème} siècle, la collecte d'informations et l'innovation, le retour d'expérience et la revue de projet, la présentation du produit au public. Baines et al. (2015) de Lucas Education Research (LER) proposent quant à eux quatre principes essentiels pour un apprentissage rigoureux par projet : Une expérience ciblée et authentique, reposant sur des contenus rigoureux, des interactions significatives et soutenues, la mise en œuvre reposant sur des faits factuels. Le trait commun de ces approches est le souci d'aligner des apprentissages construits par l'activité de projet et leur évaluation avec les prescriptions des référentiels et d'autre part celui de la nécessité de la cohérence et de la pertinence de ces mêmes activités pour les apprenants. Dans l'enseignement supérieur les projets sont moins intégrés aux programmes et sont plutôt des projets d'application (post-projets). Il existe des expériences pionnières de pré-projets (Projets d'apprentissage) plus intégrés aux programmes, l'université d'Aalborg et le Copenhagen Engineering College basent par exemple tout leur curriculum sur l'apprentissage par projet, Aguirre et Raucent (2002).

BESOIN DE PÉDAGOGIE ALTERNATIVE

La pratique des méthodes actives dans l'enseignement supérieur marocain comme dans l'ensemble du système éducatif reste très limitée, l'enseignement y est axé culturellement et historiquement sur la transmission, la mémorisation et la restitution. Les premiers enseignants de l'école Marocaine post-coloniale sont issus de l'enseignement traditionnel et des rangs de l'école française. Ces deux modèles bien qu'historiquement et culturellement très différents mais qui ont en commun le fait qu'ils ne sont pas des plus adeptes des méthodes pédagogiques actives et n'ont donc pas promu l'émergence de ces dernières. Toutes les réformes récentes, quand elles les prescrivent, n'ont pas pu apporter les supports institutionnels à l'introduction réussie des méthodes actives. Les pratiques pertinentes sur le terrain le sont très peu à l'initiative des institutions, des établissements ou même des équipes. Elles sont dans la majorité des cas à l'initiative de professeurs en marge des structures du dispositif de l'enseignement. Le dernier rapport analytique sur la mise en œuvre de la charte nationale d'éducation et de formation 2000-2013 précise, à propos du volet pédagogique, que « Si la mise en œuvre de la Charte a introduit

une nouvelle architecture et une refonte des programmes, les conditions de leur production et application ont connu quelques dysfonctionnements qui ont un effet négatif sur la qualité de l'architecture globale des programmes, la définition des savoirs fondamentaux et la structuration des apprentissages. De plus, l'absence d'un cadre de référence cohérent de l'intégration, le caractère peu innovant des programmes scolaires restés centrés sur les contenus au détriment des compétences, la marginalisation des disciplines censées structurer le temps et l'espace chez l'apprenant, véhiculer les valeurs de la citoyenneté, de la tolérance et des droits de l'Homme, illustrent un certain nombre de limites. ».

Par ailleurs, l'autonomie pédagogique récente de l'université marocaine est suffisamment mature pour permettre une mise en œuvre maîtrisée et plus structurée de la pédagogie active à l'échelle des établissements. L'expérience décrite et analysée dans cet article ainsi que de nombreuses autres expériences similaires de pédagogie par projet menées notamment dans les écoles d'ingénieurs en sont la preuve. Les disciplines technologiques et les sciences appliquées ou le caractère objectif des finalités attendues et des productions intermédiaires confèrent en effet une certaine efficacité aux apprentissages par la pratique (Mills & Treagust, 2003). Ils offrent un vécu très formateur aux étudiants notamment dans un contexte social où la culture technologique n'est pas très profondément ancrée.

Cet article présente le retour d'expérience de la mise en œuvre de la pédagogie par projets et propose sur cette base un modèle de déploiement intégré au référentiel de formation en formation d'ingénieurs en génie mécanique.

Cette expérience a été menée avec des étudiants de génie mécanique et de génie électrique (bac+1 à bac+3). Le besoin en pédagogie active s'est fait sentir suite aux constats dressés sur la base des épreuves écrites et des entretiens pour l'accès en licence professionnelle. Les candidats, présélectionnés sur dossier passaient d'abord une épreuve écrite. Les candidats retenus passaient ensuite un entretien où ils étaient classés sur la base de leur capacités générales (soft-skills) et surtout en compétences de haut niveau (démarches méthodologiques, approche multidisciplinaire, esprit critique, de synthèse, etc.) évaluées par la capacité à mobiliser des connaissances de base dans des stratégies de résolution de problèmes techniques concrets. Le constat, sur plusieurs promotions, est que la majorité des candidats détiennent des connaissances mais ont un déficit en compétences. Cependant, les apprentissages acquis en stage ou en PFE sont plus mobilisables par les candidats pour résoudre des problèmes nouveaux.

APPROCHE PÉDAGOGIQUE

C'est en prenant en compte les profils de ces étudiants que nous avons été amenés à proposer des activités de projets d'application permettant de mener des activités à caractère méthodologique et opérationnel et de nature à structurer les apprentissages déjà acquis. Les projets sont proposés aux étudiants en dehors des cours, leur principal objectif est de combler le déficit constaté. Cette autonomie des projets par rapport aux enseignements disciplinaires offre plus de possibilités de choix de projets mobilisateurs (motivants et stimulants) et consistants (complexes, sur plusieurs années).

Deux projets complémentaires ont été choisis : Un premier projet de participation à la compétition Eco Shell Marathon supporté par un second projet de création et de développement d'une junior entreprise. Cette dernière, ayant un statut d'association, est le maître d'ouvrage du projet de la participation Eco Shell. Elle est chargée de lui apporter des moyens financiers moyennant des prestations techniques génératrices de revenus et du sponsoring. Les objectifs recherchés à travers ces projets sont de :

- (a) Développer des compétences techniques et méthodologiques dans le domaine du génie mécanique ;

- (b) Développer des compétences générales ;
- (c) Développer des capacités d'autonomie et de travail collaboratif ;
- (d) S'initier aux démarches de créativité et à l'entrepreneuriat.

Ces projets mobilisent les connaissances et les expériences antérieures des étudiants pour les combler, les mettre en relation, les développer et les approfondir. Ils favorisent le travail en équipe et s'appuient sur la conjugaison des capacités individuelles. Ils offrent un contexte plus réaliste de mise en pratique des outils méthodologiques de résolution de problèmes et les marges de liberté et d'autonomie nécessaires à un rôle authentiquement actif des étudiants. Il s'agit donc d'un projet autonome et ouvert, de post-projet ou projet d'application, selon le modèle décrit par Aguirre et Raucent (2002).

MISE EN ŒUVRE DE PROJET AUTONOME

Ces activités de projet sont basées sur le principe du volontariat. Les étudiants se sont organisés en équipes projet structurées et y ont pris part selon plusieurs modalités : a) Projet de fin d'études (en dehors des cours sur toute l'année), b) stage (six semaines en temps plein) ou c) à titre volontaire (selon le niveau d'engagement choisis par l'étudiant).

Les enseignants tuteurs interviennent notamment dans le cadrage général, fixent les grandes phases du projet, son découpage ainsi que les grandes orientations de sa réalisation. Ceci découle uniquement de l'impératif de tenir compte des moyens mobilisables et pour configurer les attentes des projets à un niveau atteignable tout en laissant à l'équipe projet une marge suffisamment large de choix possibles, donc de décisions à prendre. Ces éléments prédéfinis ont servi à identifier des situations d'apprentissage potentielles et d'établir une programmation prévisionnelle des étayages éventuels à prévoir pour soutenir la progression des apprentissages des étudiants et l'achèvement du projet dans les délais. Au niveau de son implémentation, la démarche est supportée par un dispositif en trois volets :

- (a) L'allocation de ressources : Locaux, mobilier, matériel informatique et de communication, outillages techniques, matières premières, autorisation d'accès en dehors des horaires ouvrables, des professeurs tuteurs et ressources, ... ;
- (b) Le cadre de travail : Le rapport de l'activité de projet avec les cours, avec le règlement des études ainsi que les procédures spécifiques à respecter, la coordination et le pilotage du dispositif.
- (c) L'encadrement : Tout au long du projet en commençant la phase de constitution des équipes qui requière une attention particulière compte tenu du risque important de conflits dans le processus de leurs constitution, de l'impératif à dégager dans cette phase des éléments meneurs et du besoin important d'expliquer et de sensibiliser les étudiants à la vraie finalité des projets, à savoir « apprendre » ;

L'encadrement dans les phases suivantes, proprement axées sur les projets, porte sur le suivi de l'état d'avancement notamment par le biais de réunions hebdomadaires, chaque étudiant ou groupe d'étudiants est chargé à présenter le travail réalisé, expliquer et argumenter les choix et les solutions retenues, les difficultés rencontrées et les voies pour les surmonter. Des revues techniques de projet sont éventuellement discutées et validées. Aussi, les plannings sont actualisés et une programmation des tâches à court terme est établie. Toutes les décisions sont prises pendant ces réunions et les étudiants sont appelés à préparer les éléments factuels permettant de les soutenir. Ces réunions servent aussi à l'évaluation de la progression des apprentissages des étudiants. Nous avons utilisé pour cela des grilles d'évaluation et d'auto-évaluation. Cette progression est également débattue afin de retenir une évaluation partagée.

Tout au long du projet, les enseignants qui s'y sont impliqués supportent l'équipe au besoin sur le plan organisationnel pour recadrer le déroulement du projet, interviennent quand ils sont sollicités en tant qu'experts ou aident les étudiants dans la recherche d'informations, d'expertise ou d'un savoir-faire extérieur à l'institution.

RETOUR D'EXPÉRIENCE

Les observations relevées confirment l'efficacité des situations d'apprentissage induites par le projet en termes d'approfondissement des connaissances, de cristallisation de compétences opérationnelles, de développements manifestes et significatifs des capacités individuelles et d'aptitudes relationnelles (Sens de l'efficacité, de la communication, flexibilité, esprit d'équipe, etc.).

La pluridisciplinarité intrinsèque au projet impose le décloisonnement disciplinaire, nécessaire à la résolution de problèmes rencontrés. Le choix d'un projet motivant et mobilisateur pour les étudiants et les professeurs basé sur le challenge et la recherche de la performance stimule l'activité des étudiants et leur implication.

La diversité des parcours antérieurs des étudiants accentuent et stimulent les interactions entre ces derniers favorisant ainsi des transferts de connaissances et de savoirs sustentent les processus individuels d'apprentissage. Les interactions étudiantes-professeurs sont quant à elles principalement restreintes aux enseignants impliqués.

Le changement du rapport à la connaissance dans les activités de projet provoque une inflexion positive de l'attitude des étudiants à l'égard des connaissances disciplinaires. Ceci se traduit par un regain d'intérêt pour les enseignements disciplinaires dispensés aux étudiants, et notamment l'intérêt de ces derniers pour les disciplines induites par l'activité de projet.

Les projets autonomes et ouverts offrent une expérience marquante et permettent la prise de conscience de l'étudiant par rapport à sa formation. Ce type de projets n'est pas adapté pour faire acquérir des apprentissages prédéfinis. Ils permettent de développer des compétences résultant de la recherche persévérante de la performance qui amène à s'investir par besoin dans la construction de nouveaux apprentissages disciplinaires.

Une pédagogie de projet contrôlée et relativement circonscrite est plus efficace pour les apprentissages de base conformément à des objectifs préétablis. Elle nécessite une coordination étroite des différents enseignements en relation avec les projets. Une approche combinant les deux types de projets est donc de nature à offrir un éventail plus large de situations d'apprentissage.

PROPOSITION DE MODÈLE DE MISE EN ŒUVRE COMBINÉE EN CYCLE D'INGÉNIEURS

Les filières d'ingénieurs à l'ENSET sont organisées en six semestres, 70% des étudiants y accèdent par les classes préparatoires, 30% sont titulaires d'un bac + 2 (DUT : Diplôme Universitaire de Technologie ou BTS : Brevet de Technicien Supérieur). Nous proposons deux types de projets, formels et non-formels.

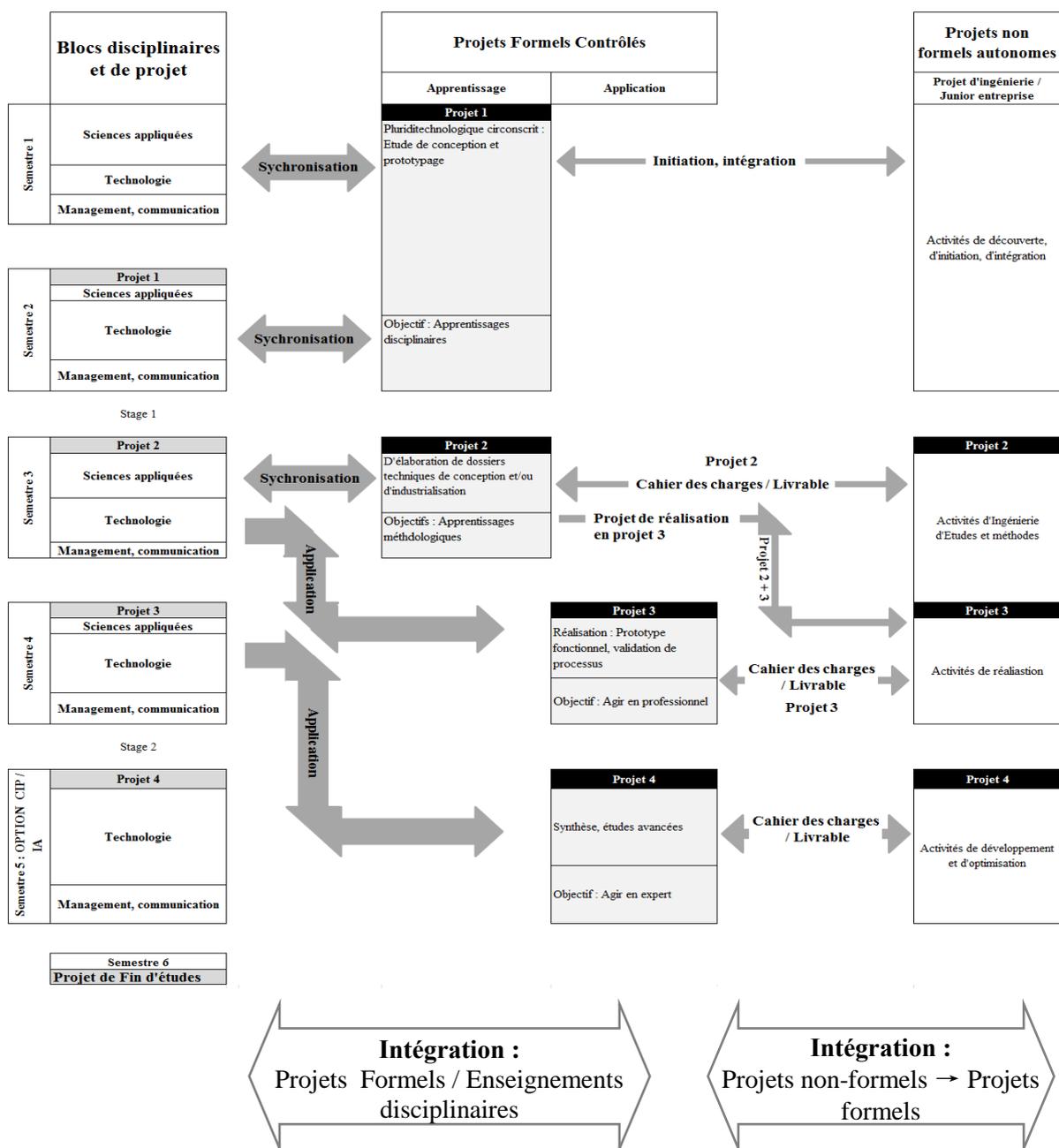
Les projets formels où le futur ingénieur apprend dans une posture d'élève et d'apprenti. Ils sont conçus dans l'alignement pédagogique et la synchronisation des apprentissages à travers deux pré-projets de 1ère et de 2ème année et un projet d'application avancé en semestre d'option (troisième année). Leur évaluation doit rendre compte, entre autres, des apprentissages disciplinaires.

Les projets non-formels servent à apprendre dans une posture d'ingénieur et d'expert. Ils proposent des activités volontaires à travers des projets autonomes pluridisciplinaires offrant des activités sur toute la durée de la formation. Le projet de fin d'étude du semestre 6 est à considérer à part, il est réalisé en entreprise.

La figure 1 représente les modalités de synchronisation, d'application et autonomes de la mise en œuvre des modules de projet en rapport avec les blocs des modules disciplinaires.

Le projet 1 (semestres 1 et 2) : Il est circonscrit et focalisé sur les apprentissages disciplinaires et n'exige pas de produire des prototypes fonctionnels. Les étudiants participent aux projets autonomes pour s'initier et appréhender les problèmes réels. Ce projet est réalisé sur toute l'année et donne lieu à des évaluations écrites et à l'évaluation de la présentation, en groupe, du rapport final du projet.

FIGURE 1



Modèle de mise en œuvre combinée de projets formels et non-formels

Le projet 2 (Semestre 3) : Il porte sur l'élaboration d'un dossier d'étude et/ou d'industrialisation. Il est synchronisé avec les apprentissages disciplinaires du semestre comme le projet 1. Un projet autonome peut être intégré en projet 2 sur la base d'un cahier des charges.

Le projet 3 (Semestre 4) : Il a un caractère d'application des acquis du semestre 2 en poursuivant le projet 2 dans sa phase de réalisation. Un projet autonome peut être intégré en projet 3 sur la base d'un nouveau cahier des charges ou dans la poursuite du projet 2.

Le projet 4 (Semestre 5) : est un projet d'option, il consiste en une étude avancée, mobilisant les acquis des semestres précédents. Un projet autonome peut être intégré en projet 4 sur la base d'un cahier des charges.

RÉFÉRENCES

Aguirre, E., & Raucant, B. (2002). L'apprentissage par projet... Vous avez dit projet ? Non, par projet. In *Actes du 19ème colloque de l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire (AIPU)*, Louvain-la-Neuve-Belgique. Retrieved from http://tecfa.unige.ch/proj/cvs/semin/doc_semin2/ColloqueAIPU/projets.pdf.

Baines, A., De Barger, A. H., De Vivo, K., Warner, N., Brinkman, J., & Santos, S. (2015). *What is rigorous project-based learning?* San Rafael, CA: George Lucas Educational Foundation.

Condliffe, B., Visher, M. G., Bangser, M. R., Drohojowska, S., & Saco, L. (2016). *Project-based learning: A literature review*. New York: MDRC.

Diehl, W., Grobe, T., Lopez, H., & Cabral, C. (1999). *Project-based learning: A strategy for teaching and learning*. Boston, MA: Center for Youth Development and Education.

Jones, B. F., Rasmussen, C. M., & Moffitt, M. C. (1997). *Real-life problem solving: A collaborative approach to interdisciplinary learning*. Washington, DC: American Psychological Association.

Larmer, J., & Mergendoller, J. R. (2010). Seven essentials for project-based learning. *Educational Leadership*, 68(1), 34-37.

Mills, J. E., & Treagust, D. F. (2003). Engineering education – is problem-based or project-based learning the answer? *Australasian Journal of Engineering Education*. Retrieved from http://www.aeee.com.au/journal/2003/mills_treagust03.pdf.

Moursund, D. G. (1999). *Project-based learning using information technology*. Eugene, OR: ISTE.

Raynal, S., Le Méhauté, A., Angoulvant, F., & Ferguson, L. (2008). De la pédagogie de projet à la conception de projet. Construction d'un bateau pour la compétition transatlantique. *La Revue des Sciences de Gestion*, 3, 53-63.

Thomas, J. W., Mergendoller, J. R., & Michaelson, A. (1999). *Project-based learning: A handbook for middle and high school teachers*. Novato, CA: The Buck Institute for Education.

Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. San Rafael, CA: The Autodesk Foundation.