

Mise en place de projets industriels pour des élèves ingénieurs.

Jacques LAFFONT¹, Sébastien LENGAGNE^{1,2}
sebastien.lengagne@uca.fr, jacques.laffont@uca.fr

¹ UCA - Clermont Auvergne INP/Polytech Clermont

² Institut Pascal UMR6602 UCA/CNRS

Résumé—Ce document présente l'enseignement de projet dispensé aux étudiants de niveau Bac+4 et Bac+5 du département Génie Électrique de Polytech Clermont. Ces activités de projet représentent plus de deux cents heures par étudiant et sont menées en lien avec des clients industriels, des tuteurs industriels et académiques dans le but de développer les compétences des étudiants afin de les préparer au métier d'ingénieur.

Mots-clés—projet industriel, gestion de projet, ingénieur

I. INTRODUCTION

Dans le cadre de leur formation d'ingénieur en Génie Électrique à Polytech Clermont les étudiants réalisent un projet qui s'étend du niveau bac+4 à bac+5.

L'objectif des enseignements de projet est de développer le sens des responsabilités, l'autonomie des étudiants, de leur apporter un complément de formation nécessaire à leur futur métier d'ingénieur. La méthode présentée dans cet article vise à ne pas considérer l'étudiant au service d'une équipe encadrante, solution qui peut paraître plus efficace en terme de résultat, ce qui le placerait en position de technicien. Dans ce cadre, nous mettons en place une organisation cf. Figure 1 où l'étudiant est au centre de son projet, comprend le contexte, la finalité du projet et les besoins du client, à proposer des solutions, les défendre avec des arguments tangibles et à exploiter au mieux toutes les ressources qui sont mises à disposition.

Cet article présente les différents acteurs d'un projet et les relations et échanges entre eux dans la Section II. La Section III présente l'organisation temporelle du projet pendant le cursus pédagogique ainsi que les différents échanges mis en place. Les outils utilisés et les livrables demandés le long du projet sont présentés dans la Section IV. Finalement, l'évaluation des étudiants est présentée en Section V.

II. LES DIFFÉRENTS ACTEURS

A. Le responsable des projets

Le responsable des projets est le garant du bon fonctionnement des projets. C'est un enseignant du département qui coordonne les actions des différents intervenants. Comme présenté sur la Figure 1, il est le premier contact du client, il lui présente le fonctionnement des projets (revues, ...). Conjointement, ils affinent le sujet afin de vérifier qu'il est réalisable par l'équipe projet dans les délais impartis. A chaque

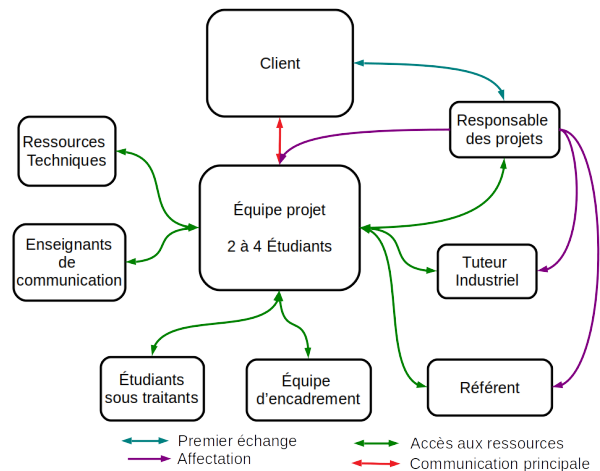


Fig. 1. Synoptique d'un projet industriel

projet, il affecte une équipe de projet (étudiants), un tuteur industriel et un référent.

B. L'équipe de projet

Chaque étudiant du Génie Électrique, doit pour valider son diplôme, mener à bien un projet. Afin d'appréhender tous les aspects du métier d'ingénieur, notamment les notions de gestion de projet, chaque équipe projet sera composée d'au moins deux étudiants. Un maximum de quatre étudiants par projet permet de séparer convenablement les différentes actions à mener, ce qui facilite une évaluation finale individuelle.

Le responsable des projets affecte l'équipe projet en prenant en compte le domaine et la difficulté du projet ainsi que les compétences et aspirations des étudiants.

C. Le client

Le client est à l'origine du projet, à partir d'un besoin il propose un sujet et doit spécifier : le cadre, le cahier des charges initial et le produit sortant. Le client peut avoir des compétences dans le domaine du Génie Électrique, dans ce cas les sujets proposés sont généralement prospectifs et le client peut apporter un soutien ou des ressources techniques. Le client peut également n'avoir aucune compétence du domaine et proposer un sujet dans le but d'obtenir une preuve

de concept et un premier chiffrage avant de contacter un professionnel qui développera une phase d'industrialisation. La principale qualité du client est d'avoir un objectif défini dès le début du projet.

Le client échangera avec l'équipe projet et participera aux différentes revues en présence du référent et du tuteur industriel comme présenté dans la Section III-B.

Idéalement, le client est un industriel extérieur à la structure d'enseignement. Dans certains cas, par manque de sujet industriel, certains clients peuvent être des enseignants du département Génie électrique avec des sujets de promotion ou des enseignants d'autres départements (biologie, civil, ...) ayant des problématiques nécessitant des compétences spécifiques.

D. Le référent

Afin d'assurer une gestion plus efficace des projets en particulier ceux proposés par un client industriel, ces sujets doivent être représentés et soutenus par un enseignant référent du Génie Électrique¹. Le référent s'occupe des procédures administratives et des échanges avec l'entreprise et les différents acteurs du projet. Il gère, modère et filtre si nécessaire les communications entre les étudiants et l'industriel. Le référent se substitue au client pour les revues dans le cas où le client ne peut participer à celles-ci, pour des raisons géographiques principalement.

E. Les tuteurs industriels

Les tuteurs industriels sont des acteurs du monde socio-économique à proximité de l'école. Leurs interventions ont lieu en fin de journée après les horaires classiques d'enseignement. Leur rôle est d'aider l'équipe de projet à gérer celui-ci. Pour cela chaque tuteur a en charge un nombre restreint de projets (dans notre cas entre 3 et 4) qu'il suit depuis la première séance jusqu'à la revue finale. Les tuteurs industriels aident les étudiants à planifier et à présenter leur travail, les conseillent et les font profiter de leur expérience. L'intervention des tuteurs se fait sous deux formes :

- des cours magistraux pendant lesquels les tuteurs industriels donnent les informations aux étudiants, et les aident à mettre en place la gestion de leurs projets. Ces cours sont basés sur un document distribué aux étudiants au début de chaque année.
- des revues qui permettent aux étudiants de présenter leur compréhension du sujet, leur plan d'action, les solutions technologiques retenues. Elles peuvent être l'occasion de discussions sur des points techniques, mais ne doivent en aucun cas devenir des revues techniques.

Bien que la plupart des tuteurs industriels soient liés à la thématique du projet, leur principale mission n'est pas de conseiller techniquement l'équipe projet mais d'orienter leur gestion de projet.

¹Pour les sujets proposés par un enseignant du département, celui-ci aura aussi le rôle de référent.

F. L'équipe d'encadrement

Elle est constituée d'un groupe d'enseignants du Génie Électrique et formations associées. Cette équipe, dont peut faire partie le référent, doit permettre de répondre aux sollicitations techniques des étudiants sur l'ensemble des compétences du projet, contrairement aux tuteurs industriels qui assurent d'avantage le suivi de projet.

Cette équipe est constituée à l'initiative de l'équipe projet qui doit trouver les ressources nécessaires à la réalisation du projet sous le contrôle du client et du référent. L'implication de chaque enseignant se définit comme principale si elle est primordiale dans le projet, ou ponctuelle.

Il est très important de noter que l'équipe d'encadrement est censée être parfaitement informée du fonctionnement des projets et qu'elle doit sensibiliser et guider les étudiants tout au long du projet, leur expérience dans ce domaine étant la seule garantie d'un respect des différentes spécificités du projet. L'équipe d'encadrement participe à l'évaluation finale du projet comme indiqué dans la Section V.

G. Les enseignants de communication

L'activité de projet nécessite la rédaction et la présentation orale de plusieurs documents tout au long du projet. Un enseignant de communication assiste les étudiants lors de travaux pratiques. Les enseignants préparent également les étudiants à l'entretien d'embauche où la valorisation de leurs activités de projet leur permet de se différencier par rapport à d'autres étudiants ayant suivi un cursus similaire.

H. Les étudiants sous-traitants

La sous-traitance est une pratique largement répandue dans le monde de l'industrie. Pour initier les étudiants à cette pratique, nous avons mis en place une version adaptée de la méthode agile [1]. L'équipe de projet peut donc sous-traiter quelques tâches en lien avec leur projet aux étudiants de l'année suivante (n'ayant pas encore commencé leur projet). Le principal objectif est de permettre à l'équipe projet d'avoir accès à une ressource supplémentaire afin d'accroître l'avancement du projet. Elle peut donc sous-traiter des tâches basiques afin de se concentrer sur les tâches importantes du projet ou nécessitant une expertise acquise lors du début du projet. Les tâches en question ne doivent pas excéder 12h de travail et peuvent concerner la conception de carte électronique, la programmation de fonctions, les tests exhaustifs, la mise en place ou la réalisation de protocole de tests, etc.

I. Ressources techniques

L'équipe projet a également accès à plusieurs techniciens en tant que ressources techniques telles que le tirage de cartes électroniques, la conception et la fabrication de pièces manufacturées ou imprimées en 3D. Les étudiants échangent directement avec les techniciens, seules les opérations onéreuses sont validées par le référent ou le responsable des projets.

III. L'ORGANISATION

A. Répartition lors du cursus

Du point de vue des étudiants, les différentes phases du projet s'étendent sur trois semestres, chacune menant à une évaluation comme indiqué dans la Section V

1) *Sous traitance* : La sous-traitance a lieu lors du premier semestre du niveau Bac+4 (octobre à décembre) lors d'un module de 48 heures. Le rythme des séances (environ 3 séances de 4 heures sur deux semaines) permet aux étudiants d'appréhender leurs tâches et de proposer un résultat régulièrement. Idéalement une de ces trois séances est mise en parallèle des séances des étudiants en projet afin de faciliter les échanges tout en encourageant l'autonomie des sous-traitants.

2) *Avant Projet* : Au deuxième semestre (fin janvier) du niveau Bac+4, l'équipe projet est constituée et reçoit le sujet du client pour un volume horaire de 48 heures. Lors de cette période l'objectif est de s'approprier le sujet, d'identifier les différents verrous technologiques et d'initier la montée en compétences pour rapidement lever les plus importants. L'avant projet s'arrête à la fin du mois de mars, les étudiants partant en stage à l'étranger au début du mois d'avril.

3) *Projet* : Le projet reprend dès le début (septembre) du premier semestre de l'année Bac+5 et se termine à la fin du premier semestre (début janvier) pour un volume horaire de 140h. Cette phase qui est la plus importante (en nombre d'heures étudiants) commence par la résolution des tâches cruciales au projet, pour ensuite continuer sur les autres tâches avant de passer à une étape de finalisation et de validation. A la fin de cette période, le produit final doit être fourni au client.

B. Les revues de projet

Les revues de projet ponctuent le déroulement du projet et constituent des points de rencontre entre l'équipe de projet, le client, le tuteur industriel et le référent. Pour ces réunions soient le plus productives possible, la présence du client et du référent est indispensable. Certains membres de l'équipe d'encadrement peuvent être conviés. Ces revues sont organisées conjointement pour les projets gérés par un même tuteur industriel. Chaque sujet donne lieu à une présentation, quel que soit le nombre d'étudiants. La durée de l'intervention n'est pas spécifiquement imposée elle doit cependant rester raisonnable (moins de 7 minutes par étudiant durant l'avant projet et moins de 10 minutes pour le projet).

À l'issue de chaque revue, une séance de questions permettra au client et, de façon plus générale, à l'auditoire de préciser certains points de la présentation, de faire des remarques sur le fond ou la forme de la soutenance. En aucun cas ces revues ne doivent devenir des revues techniques. Si des points techniques doivent être étudiés, un rendez-vous sera pris pour une revue technique dès la prochaine séance de projet. Des comptes rendus sont réalisés par les étudiants et diffusés à l'ensemble des participants ainsi qu'au responsable des projets.

Tout le long du projet (incluant l'avant projet), cinq revues sont mises en place :

1) *la revue préparatoire* : La revue préparatoire qui a lieu en fin du mois de février, est la première du projet, elle permet aux étudiants de présenter le cadre du sujet, le cahier des charges, le plan d'action retenu, de définir ce qui sera livré au client en fin de projet avec les performances et de mettre en valeur les points techniques spécifiques au projet. Pour le client cette revue permet de s'assurer que les attendus du sujet proposé ont bien été assimilés par les étudiants.

2) *la revue d'appel d'offres* : La revue d'appel d'offres a lieu à la fin du mois de mars (avant le départ en stage). Elle permet de présenter le plan d'action retenu pour le projet (au retour de stage, en premier semestre de Bac+5), les solutions techniques retenues, le cas échéant les diverses options pouvant être proposées au client pour mener à bien le projet. Un bref état des lieux de la montée en compétences sur les points bloquants du projet peut y être présenté.

À l'issue de cette revue, le cahier des charges du projet doit être parfaitement défini, et validé par le client et l'équipe de projet.

3) *la revue de lancement* : La revue de lancement permet de faire un point lors de la reprise des projets après le stage, vers la fin du mois de septembre. L'objectif est d'affiner certains points vus lors de la phase d'avant projet et de donner suffisamment d'informations au client. L'objectif principal de la revue de lancement est de définir clairement les livrables que l'équipe projet s'engage à fournir au client à la fin du projet.

4) *la revue d'avancement* : La revue d'avancement a lieu durant le mois de novembre, et permet de faire un point sur l'avancement du projet. A ce stade du projet, les principales difficultés et les éventuels retards doivent être présentés afin de définir en accord avec le client les priorités à affecter aux actions à mener.

5) *la revue de fin de projet* : Cette revue correspond à la fin du travail de projet et se déroule la dernière semaine travaillée du mois de décembre. Elle permet aux étudiants de présenter en détail le travail effectué, les résultats obtenus par rapport à ceux prévus, un point ou bilan technique sur le projet, la tenue des performances attendues, les validations qui ont été effectuées et un plan d'action pour la finalisation du projet ou son évolution, amélioration.

Afin de préparer ces revues des séances de cours ont lieu entre chaque revue (plus deux séances avant la première revue) avec le tuteur industriel et l'équipe projet.

IV. OUTILS ET LIVRABLES

Afin de mener à bien leur projet, l'ensemble des acteurs a accès à une forge redmine [2] qui permet de regrouper des fonctionnalités pour la gestion du projet et le suivi du développement : gestion de tâches, création de demandes (tickets), Gantt, etc. Cet outil permet de gérer les clauses de confidentialité demandées par certains clients tout en centralisant les différents livrables du projet tels que :

- le wiki qui constitue un reflet de l'état actuel du projet, il contient des liens vers les différents comptes rendus de

revues et livrables. Après une remise en forme, le wiki constituera également le rapport de fin de projet.

- le dépôt (GIT ou SVN) permet de faciliter le travail de développement par l'équipe projet. Cet outil de versioning contient les codes, schémas et toutes les productions qui ont évolué depuis le début du projet jusqu'au rendu de fin de projet.
- un dossier technique sous forme de classeur qui contient l'ensemble des informations techniques relatives au projet (documents sources, documentation de composants, procédure de mise en route, feuille de calcul utilisé en conception ou dimensionnement,...).
- le rapport d'avant projet fait état de la problématique, des enjeux du client, de la gestion du projet et des actions prévues. L'objectif de ce rapport est d'exposer ces points à des non-spécialistes ; il est aussi d'appliquer les règles d'écriture d'un rapport qui auront été présentées en cours par les enseignants de communication.
- la note d'application porte sur un point technique précis du projet. Ce document, doit être d'une rigueur scientifique et technique correspondant aux qualités ingénieur. L'objectif est d'établir un document de référence réutilisable et exhaustif pour un public n'ayant pas la maîtrise du sujet de projet. La note d'application est d'autant plus utile si le projet a vocation à être poursuivi par une nouvelle équipe projet.

L'équipe projet doit également fournir une vidéo de fin de projet qui a pour objectif de mettre en place un travail de synthèse autour du projet. Cette vidéo n'excédant pas quelques minutes doit présenter le contexte du projet, les attendus, brièvement les méthodes mises en place pour la résolution et les résultats obtenus. Quelques exemples de vidéos sont disponibles ici.

Pour conclure leur projet lors d'une journée de présentation, les étudiants font une présentation orale de 30 minutes suivie d'un échange de 30 minutes avec les différents acteurs du projet et également des membres extérieurs au projet (enseignants, tuteurs industriels ou client non relié à leur projet, ...). Le reste de la journée est dédiée aux démonstrations des résultats de leur projet.

V. L'ÉVALUATION

Le projet se déroule sur trois semestres : un semestre de sous-traitance et deux semestres pour le projet en lui-même. Durant chaque semestre, les étudiants sont évalués sur leur production en projet.

A. Sous-traitance

La sous-traitance se base sur la méthode agile [1] avec quelques ajustements nécessaires au format imposé par les contraintes pédagogiques. Les sous-traitants sont répartis en plusieurs groupes gérés par un chef de produit. L'évaluation de cette partie se fait par groupe en fonction du nombre et de la difficulté des scénarios (tâches) remplis. Si l'ensemble du groupe est d'accord, il est possible de moduler individuellement cette évaluation sur la base d'une activité supérieure

démontrée sur l'outil utilisé (forge redmine). Cet enseignement représente 2/9 d'une Unité d'Enseignement (UE) à valider pour la validation de l'année.

B. Avant-projet

A la fin des 48h d'avant projet chaque membre de l'équipe projet est évalué individuellement suivant le sérieux, la qualité et la quantité du travail fourni, et suivant le rapport d'avant projet contenant le descriptif du projet, le cahier des charges et la planification des travaux. Cette partie du projet représente 4/9 d'une Unité d'Enseignement (UE).

C. Projet

A la fin du projet (en dernière année), l'évaluation prend en compte l'ensemble des livrables présentés dans la Section IV ainsi que le sérieux, la qualité et la quantité du travail fourni. Chacun de ces livrables donne lieu à une évaluation spécifique par chaque acteur du projet² ou de personnes ayant assisté à la soutenance ou aux démonstrations finales. La moyenne pondérée de ces évaluations donne la note de projet de chaque étudiant. Cette partie finale du projet représente 6/16 d'une Unité d'Enseignement (UE).

VI. CONCLUSION

Cet article présente l'organisation des projets réalisés par les élèves ingénieur du département Génie Electrique de Polytech Clermont.

Plusieurs acteurs sont impliqués dans le déroulement des projets. Les étudiants sont au coeur de ces projets, car ils sont chargés de la planification, de la conception, de la réalisation et des tests des solutions proposées. Les tuteurs industriels jouent un rôle important en guidant les étudiants tout au long du projet, en leur fournissant des conseils et des connaissances spécialisées, et en les aidant à résoudre les problèmes rencontrés. Un suivi technique est assuré par les enseignants du département.

Le client, qui peut être une entreprise, est également un acteur clé dans le déroulement des projets, car c'est lui qui définit les objectifs du projet et les résultats attendus. Enfin, le référent, qui est un enseignant du département, assure le suivi global du projet, en veillant à ce que les objectifs soient atteints et que les étudiants acquièrent les compétences nécessaires pour mener à bien leur projet.

Cette mise en situation proche de la réalité professionnelle permet aux étudiants de développer des compétences pratiques et théoriques essentielles, tout en apprenant à travailler en équipe, à gérer des projets, à communiquer efficacement avec des clients et des collègues, et à résoudre des problèmes complexes.

REFERENCES

- [1] DINGSØYR, T., NERUR, S., BALIJEPPALLY, V., AND MOE, N. B. A decade of agile methodologies: Towards explaining agile software development. *Journal of Systems and Software* 85, 6 (2012), 1213–1221. Special Issue: Agile Development.
- [2] LESYUK, A. *Mastering Redmine*. Packt Publishing, 2016.

²hors sous-traitants et ressources techniques