

# Multi-Rôles Project (MRP) : une Nouvelle Méthode de Pédagogie par Projet pour les STEM

Bruno Warin, Omar Talbi, Christophe Kolski, et Frédéric Hoogstoël

**Abstract**— Cet article présente une méthode réutilisable de pédagogie par projet, appelée "Multi-Rôles Project" (MRP). L'article détaille son application et son évaluation à travers un enseignement de STEM. La méthode MRP est conçue autour d'un méta-principe qui considère l'activité pédagogique du projet comme un jeu de rôles basé sur deux projets : un projet pédagogique et un projet productif. Ce méta-principe est complété par cinq principes qui fournissent un cadre pour guider les pratiques de travail des équipes étudiantes. Après avoir présenté la méthode, à travers une mise en œuvre sur un enseignement qui vise des apprentissages en génie logiciel, langage UML et gestion de projet, l'article montre que la méthode permet, au cours d'un même enseignement, l'acquisition de compétences métiers et de savoir-être importantes. Elle favorise le développement d'expériences proches des réalités professionnelles, l'aptitude au travail collectif et l'autonomie. La suite de cette recherche sera de mettre en place (1) un système d'évaluation par les pairs pour favoriser une meilleure distribution des tâches au sein des équipes et (2) des activités pédagogiques préliminaires pour faire acquérir aux étudiants les connaissances pour lesquelles une pédagogie par projet n'est pas optimale

**Index Terms**—Capstone Project, E-learning, Higher education, Moodle, Multi-Roles Project, Project-based learning.

## I. INTRODUCTION

L'acquisition des habiletés techniques dans les STEM ne suffisent plus pour obtenir un emploi bien rémunéré : les entreprises demandent une plus forte acquisition et pratique de savoir-faire, savoir-être, travail collectif et de compétences transversales [Warin et al., 2011], [Talon et al., 2012], [Cutright et al., 2014]. Du point de vue des étudiants, une pédagogie à base de cours et de séminaires ne correspond plus à leurs attentes [Cole, 2009] [Berret, 2012]. Dans ce contexte, la pédagogie par projet est considérée comme une stratégie d'apprentissage très importante [Ardaiz-Villanueva et al., 2011]. La forme la plus courante se trouve être les projets étudiants. En effet il est établi que ces projets engagent les étudiants plus fortement que les traditionnels devoirs à la maison [McLurkin et al., 2013] [Aliakbarian et al., 2014], qu'ils permettent d'intégrer les méthodes et techniques apprises dans différents cours, de développer le travail d'équipe [Chen et al., 2014] et les compétences du 21ème siècle [OCDE, 2005].

Cependant, il manque de méthodes pédagogiques outillées pour que les enseignants puissent les apprendre et les appliquer avec efficacité dans leurs cours [Talon et al., 2005]. Pour répondre à cette problématique, il a été élaboré, à travers une démarche itérative qui a porté sur plus de cent projets étudiants encadrés sur une quinzaine d'années, une méthode de PjBL : la méthode pédagogique Multi-Role Project (MRP). Il est montré dans l'article que cette méthode est applicable, qu'elle permet aux étudiants de réussir dans leurs apprentissages techniques et non techniques, qu'elle favorise l'activité et les acquis pédagogiques.

Cet article est organisé comme suit. Dans la section 2, le cadre pédagogique, la PjBL, est situé par rapport à la littérature. En section 3, la méthode pédagogique Multi-Roles Project (MRP) est présentée. En section 4, une application complète portant sur une promotion de 41 étudiants en bachelor est détaillée. En section 5, les apports pédagogiques de la méthode relativement à l'application sont analysés. En section 6, une discussion de l'applicabilité de la méthode et des pistes d'améliorations sont fournies.

## II. TRAVAUX LIÉS

### A. *Problem-based learning versus Project-based learning*

Dans cet article la position de Loyens & Rikers (2011) est adoptée en utilisant PBL pour Problem-based Learning et PjBL pour Project-Based Learning. La PBL a été initialement développée at the McMaster University School Medicine à partir de 1969 [Lee & Kwan, 1997] pour répondre au manque de motivation des étudiants et à leur faible taux de rétention [Neville, 2008]. Elle a été soutenue par les travaux de Barrows & Tamblyn (1980). De nos jours, la PBL s'est développée à travers toutes les disciplines. Une composante essentielle de la PBL est de présenter un problème du monde réel avant d'aborder la connaissance à étudier. Les étudiants doivent identifier ce qu'ils connaissent, ce qu'ils ne connaissent pas pour résoudre le problème posé, trouver de nouvelles ressources et généralement travailler en groupe [White, 1996]. Elle vise plus à comprendre et à poser des problématiques qu'à les résoudre. Elle adopte une approche Socratique et dialogique [Hanney & Savin-Baden, 2013].

La PjBL est plus ancienne. Elle eut son introduction officielle à l'école avec le philosophe et pédagogue John Dewey (1859-1952). Mais ce sont les travaux de Kilpatrick (1918, 1925) qui contribuèrent à sa diffusion. Elle est aussi plus complexe que la PBL comme le montre la table 1 de [Larmer, 2013]. Travaillant sur des activités plus étendues, la PjBL a besoin d'adopter une approche plus rationaliste, technique et utilise souvent des pratiques de gestion de projet [Hanney & Savin-Baden, 2013]. Ses objectifs pédagogiques sont plus ambitieux que la PBL et couvrent les six niveaux de la classification de Bloom [Bloom et al., 1956] y compris le niveau *Application*, peu traité par la PBL.

TABLE I  
DIFFERENCES BETWEEN PjBL AND PBL ACCORDING [LARMER, 2013]

Project-Based Learning	Problem-Based Learning
Often multi-disciplinary	More often single-subject
May be lengthy (weeks or months)	Tend to be shorter
Follows general, variously-named steps	Follows specific, traditionally prescribed steps
Includes the creation of a product or performance	The "product" may simply be a proposed solution, expressed in writing or in an oral presentation
Often involves real-world, fully authentic tasks and settings	More often uses case studies or fictitious scenarios as "ill-

## B. Manque de méthode générique

Bien qu'elle semble relativement complexe à comprendre et à appliquer la PjBL est une pédagogie d'avenir. Cependant il n'y a pas dans la littérature, à notre connaissance, d'articles qui proposent des méthodes de PjBL complètes. [Hanney et al., 2013] write "*For many educators project-based learning is utilised in such a way that it offers little more than administrative framework for delivering instrumental outcomes*". [Aliakbarian et al., 2014] s'appuie sur un guide général qui ne prétend pas être une méthode complète mais "an all-embracing concept" [Duo/Icto, 2005].

La méthode Meetings-flow [Chen et al., 2014] est à notre connaissance, la plus aboutie et prometteuse mais la démonstration de son efficacité hors de son champ d'application privilégié, le développement standard de logiciel, nécessiteront des travaux et des compléments. Le manque de méthode générique de PjBL rend les comparaisons entre les différentes expérimentations difficiles.

La situation est différente pour la PBL. En PBL, il existe des méthodes bien établies et génériques, donc réutilisables, comme la méthode POGIL [Farrel et al., 1999]. Cette dernière commercialise même des cas d'étude complets prêts à l'emploi. La section suivante présente la méthode pédagogique MRP qui distingue la notion de projet pédagogique de celle de projet productif.

## III. LA METHODE MULTI-ROLE PROJECT (MRP)

En 1999, un bilan du déroulement des projets étudiants concernant plus de 50 étudiants en deuxième année d'un diplôme undergraduate en informatique mettait en évidence l'insuffisance pédagogique de leur réalisation [Talon et al., 2005]. Il est apparu la nécessité de définir une méthode qui aide non seulement les étudiants mais aussi les enseignants-encadrants. Pour élaborer cette méthode une démarche itérative et incrémentale sur une durée de près de 15 ans a été suivie. Une partie de la méthode a été définie puis a été appliquée. Des observations de comportements, des questionnaires, des analyses de traces informatiques, des entretiens semi-directifs avec les étudiants ou les encadrants ont été réalisés. A chaque fois, la méthode a évolué pour tenir compte des défauts constatés ou des besoins exprimés.

La méthode ainsi conçue se veut une méthode complète et réutilisable de développement de projets étudiants. Elle est complète au sens où elle définit pour chaque acteur le comportement qu'il doit avoir, les activités qu'il doit effectuer. Elle lui fournit aussi les outils conceptuels et pratiques pour optimiser ses interactions entre les autres acteurs.

### A. Objectifs d'apprentissage

MRP, comme la méthode POGIL [Farrell et al., 1999], vise à la fois des objectifs pédagogiques de contenu et à la fois des objectifs pédagogiques de développement des compétences de haut niveau. Pour les objectifs pédagogiques de haut niveau, l'approche entre les deux méthodes est différente. Du fait de son orientation PBL, les acquis visés par la méthode POGIL seront plus ciblés [Hanson et al., 2000 - Table 2]. Du fait de son orientation PjBL, MRP visera plus l'intégration des différentes compétences de haut niveau. [Warin, 2012a - page 5]. Un autre résultat attendu est d'une part d'habituer l'étudiant à faire un travail de réflexion sur sa propre activité et, d'autre part, de faciliter l'enseignant dans son travail de suivi des étudiants. Dans le cadre de MRP, les objectifs d'apprentissage visés sont consignés dans un document appelé "Projet pédagogique", voir par exemple [Warin, 2012b].

### B. Présentation de la méthode

La méthode se base sur le méta-principe que "*la réalisation d'un*

*projet étudiant est un jeu de rôles basé sur la réalisation par l'équipe étudiante de deux projets : un projet pédagogique et un projet productif*". Ce méta-principe prescrit l'organisation à mettre en place avant de commencer l'enseignement, à savoir : un projet pédagogique et un projet productif doivent avoir été proposés, et des encadrants doivent avoir été nommés pour jouer un ou plusieurs rôles. Il sert aussi de lettre de mission pour les encadrants et les étudiants pour le déroulement des projets.

La méthode définit aussi un cadre conceptuel d'obligation de fonctionnement pour les équipes d'étudiants. Ce cadre est composé de cinq principes que les équipes doivent mettre en œuvre lors du déroulement de leurs projets. Ces principes sont définis au §III.F. La figure 1 montre une vue générale des connections et relations du méta-principe, des cinq principes, des participants et des travaux de l'équipe des étudiants doit faire. Plus de détails seront donnés dans la suite.

### C. Project pédagogique versus Project productif

Le projet productif consiste en la réalisation d'un produit pour le compte d'un demandeur appelé client. La nature et le thème du projet sont libres. Il peut s'agir de la réalisation d'une étude de faisabilité pour un produit innovant, de la programmation d'un site Web, de la construction d'un robot autonome, etc. From practical point of view, it is often better to give "realistic project" than a "real project" because with the realistic project the teacher can better define the pedagogical goals he or she wants (especially the content goal) while with a real project, i.e. with a real client, there is always the risk of failure of the Client (lack of availability, drop out of the project, etc.)

Le projet pédagogique consiste en l'acquisition par l'étudiant d'un ensemble de connaissances préalablement définies et classées en deux groupes. D'une part celles relatives aux compétences du 21ème siècle [OCDE, 2005] et notamment celles relatives à la gestion de projet. D'autre part les compétences métiers relatives au projet productif. Pour chacun des apprentissages visés, le projet pédagogique doit préciser la nature et le niveau visé. La nature est spécifiée en termes de savoir, savoir-faire, savoir-être ou compétences. Le niveau d'acquisition est d'abord spécifié selon une adaptation de la classification de [Bloom et al., 1956]. Cette adaptation a été rendue nécessaire pour mieux s'ajuster au caractère socio-constructiviste de la pédagogie mise en œuvre. Ainsi chaque connaissance à acquérir est classée d'abord parmi un des cinq niveaux d'acquisition : 1) connaître 2) comprendre ou appliquer 3) maîtriser (comprendre et appliquer) 4) adapter et 5) innover. Puis à l'intérieur de chaque niveau, elle est classée selon la classification inspirée des niveaux de réalisation définies par le groupe Software Engineering Model and Theory [Jacobson et al., 2012] from its "Way of working". Cinq niveaux de réalisation : 1) initiée 2) partielle 3) correcte 4) bonne et 5) excellente. Cette classification reste en partie empirique et dépend de l'expertise des enseignants.

### D. Jeu de rôles au centre de la méthode MRP

La notion de jeu de rôles est une notion importante et une mauvaise définition des rôles peut avoir des effets très négatifs sur la coopération et le comportement des membres d'une équipe [Hassan, 2013]. Bien que le concept de rôle soit très populaire en recherche, il admet de nombreuses acceptations [Biddle, 1986]. Dans MRP elle correspond à la notion de responsabilité dans le travail. Ainsi pour MRP, les définitions des notions de jeu et de rôle sont les suivantes. Un jeu est constitué d'un ensemble de règles pour permettre à des personnes d'interagir entre elles vers l'atteinte d'un but. Dans un jeu, l'ensemble des objectifs, comportements, droits et devoirs assignés à une personne ou un groupe de personnes est appelé un rôle. Une personne peut jouer plusieurs rôles et inversement un rôle peut faire

intervenir plusieurs personnes.

l'étudiant et son équipe, l'expert MRP, le client et l'expert métier :

Dans la méthode MRP, quatre rôles principaux sont prévus :

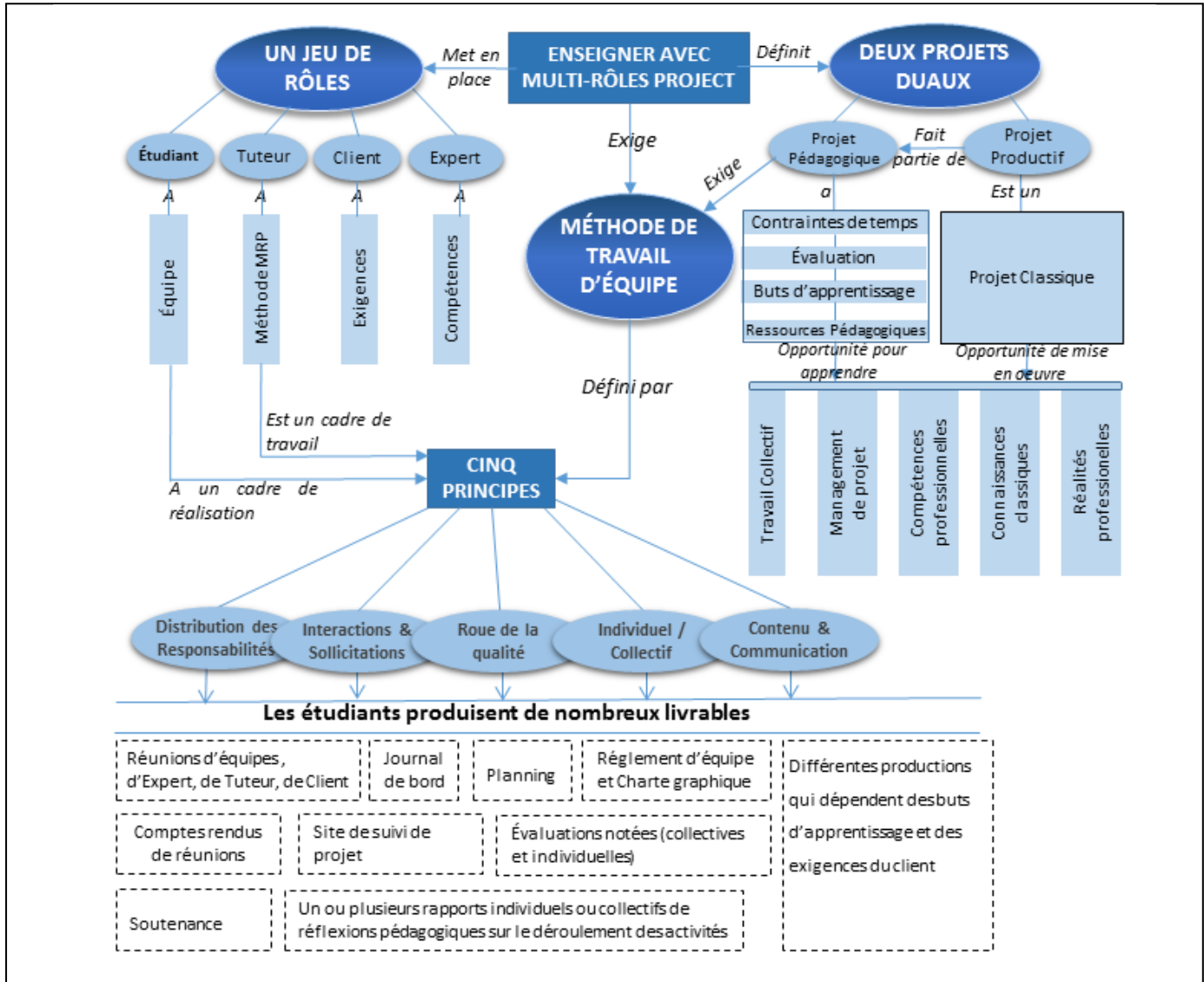


Fig. 1. Vue générale de la méthode (MRP)

- 1) *L'étudiant et son équipe* appliquent la méthode, réalisent l'ouvrage pour le client et doivent améliorer leurs compétences projets et leurs compétences métiers ;
- 2) *L'expert MRP* a pour but d'aider les équipes à comprendre et à appliquer la méthode MRP elle-même. Il est garant de l'application de la méthode. Le rôle d'expert méthode MRP intègre le traditionnel rôle de tuteur. Il a alors pour mission d'assister les étudiants dans leurs apprentissages et dans la réalisation de leurs deux projets ;
- 3) *Le client* définit les besoins du projet productif et les valide. Le cas échéant, il possèdera ou utilisera l'ouvrage réalisé, il est le maître d'ouvrage au sens de [PMBOK, 1996] ;
- 4) Les compétences de *l'expert métier* dépendent de la nature des apprentissages spécifiques visés par le projet productif. Le rôle de l'expert métier est de répondre aux questions des équipes, de les conseiller et leur fournir, si nécessaire, des mini-formations. Il remplace alors le rôle de l'enseignant.

Chacun des trois derniers acteurs est aussi évaluateur et participe à la notation des équipes et des étudiants. Il est clair que la priorité pour

les étudiants est d'apprendre leur rôle à travers le projet alors que pour les 3 autres acteurs il est d'interpréter le rôle qui leur est confié.

#### E. La définition du jeu de rôles : les kits projets

Dans la méthode MRP, trois kits définissent les règles de ce jeu de rôles :

- 1) "*Description de la méthode MRP (Kit à l'attention des étudiants)*" [Warin 2012a]. La compréhension de ce kit puis son application font parties du projet pédagogique des étudiants. Ce kit explique aux étudiants les notions de projet pédagogique, projet productif, jeux de rôles, etc. Il fournit également des modèles et des exemples pour les livrables génériques que les étudiants sont amenés à produire : comptes rendus de réunion, fiches d'activités, planning de projet, etc.
- 2) "*Note de cadrage du projet pédagogique*" [Warin 2012b]. Ce kit définit le projet pédagogique. Il précise les apprentissages visés, les types de livrables que les étudiants devront rendre, la date de la soutenance de fin de projet, les modalités d'évaluation, etc. Il est fourni aux étudiants en début de projet ;
- 3) Le troisième kit, appelé "*Kit client*", décrit le thème du projet

productif et les limites des exigences que le client peut demander aux étudiants. Ce kit n'est pas indispensable, il peut être remplacé par un cahier des charges de quelques pages. Il aide à ce que le projet atteigne les objectifs pédagogiques définis dans la "Note de cadrage du projet pédagogique".

#### F. Cinq principes

En complément du méta-principe énoncé en §3.B, les étudiants doivent appliquer cinq principes qui leur fournissent un cadre conceptuel dans lequel ils doivent inscrire la réalisation de leurs projets.

- 1) *Distribution des responsabilités* : le premier principe de la méthode repose sur le postulat qu'il n'y a pas de travail collectif efficace sans une distribution des responsabilités. La méthode demande aux équipes de définir et de partager systématiquement les responsabilités ;
- 2) *Interactions et sollicitations régulières de l'équipe* : le deuxième principe repose sur le postulat que les projets avancent mieux s'il y a des interactions et des sollicitations régulières de l'équipe. L'interaction renvoie à la notion de communication, la sollicitation à celle de production. Pour cadrer l'ensemble des

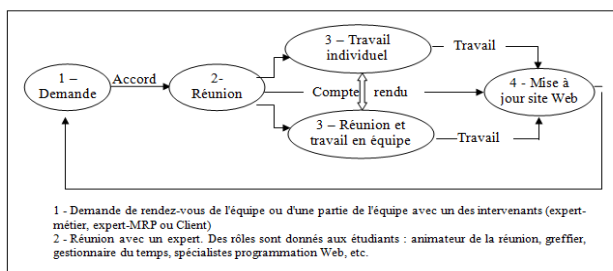


Fig. 2. Cycle de base du travail des étudiants

interactions et sollicitations, des réunions d'équipe régulières forment la charpente du suivi du projet comme le montre la figure 2.

- 3) *Pratique de l'anticipation et de l'amélioration continue* (Quality Wheel): le troisième principe de la méthode MRP repose sur le postulat que le travail d'équipe ne peut être serein que s'il repose sur l'anticipation. Il ne peut être de qualité que s'il est basé sur l'amélioration continue. L'anticipation et l'amélioration continue s'appliquent au projet pédagogique et également au projet productif. Tant pour le projet pédagogique que pour leur projet productif les étudiants doivent établir des plannings et suivre régulièrement leurs réalisations et, le cas échéant, prendre en équipe les décisions de rectifications qui s'imposent ;
- 4) *Interdépendance positive et alternance travail individuel / travail collectif* : le quatrième principe de la méthode repose sur le postulat que pour être effectif et efficace le travail collectif doit être organisé avec une interdépendance positive entre les membres et une alternance du travail individuel et du travail collectif. L'interdépendance positive consiste à avoir besoin d'un ou plusieurs autres membres de l'équipe pour avancer [Johnson & Johnson, 1980]. L'alternance travail collectif / travail individuel va dans le même sens et permet aussi de contrebalancer la lenteur relative du travail collectif [Martinez et al., 2010] ;
- 5) *Gestion ouverte des communications et des contenus* : le cinquième principe de la méthode repose sur le postulat qu'un travail collectif doit s'appuyer sur une gestion ouverte des communications et des contenus. Ainsi en complément des réunions d'équipes, le principal vecteur de communication, de gestion de contenu et de capitalisation est la tenue obligatoire

par l'équipe, d'un site Web de suivi de projet. Le site de suivi de projet doit permettre de suivre les deux projets : pédagogiques et productifs. D'un point de vue pratique, la méthode MRP préconise que les sections suivantes soient définies : *Accueil*, *Présentation*, *Membres*, *Réunions*, *Livrables collectifs*, *Livrables individuels*, *Liens*. La section *Accueil* annonce la nature du site Web et présente sommairement le projet. En complément de la section *Accueil*, la section *Présentation* est réservée à une présentation plus détaillée du projet pédagogique et du projet productif. Dans la section *Membres*, chacun se présente et peut fournir un curriculum vitae. Il présente ses points forts, les points qu'il souhaite améliorer et son rôle dans le projet. La section *Réunions* donne accès à l'ensemble des comptes rendus. Les sections *Livrables collectifs* et *Livrables individuels* permettent de donner accès aux différentes productions réalisées. Chaque livrable possède en annexe un registre des éditions qui permet de tracer l'évolution du livrable en précisant la date, les auteurs et la nature de la mise à jour. La section *Liens* permet de mettre des informations complémentaires et de partager des liens vers des sites Internet d'intérêts pour le projet.

#### IV. APPLICATION

Cette section rapporte une application complète relativement à un enseignement de Projet Système d'Information (PSI) dispensé à une promotion d'étudiants de niveau bachelor. Il est à noter que l'application du cinquième principe "Communications ouvertes et gestion des contenus de la méthode MRP" (décrit au §3.E.5), a été entièrement implémenté à l'aide de la plateforme Moodle qui est la plateforme la plus utilisée par les cours universitaires [Escobar-Rodriguez, Monge-Lozano, 2012]. Cette application a été faite sans introduire de groupe témoin. En effet, les années précédentes avaient montré les bénéfices importants procurés par MRP : l'équipe pédagogique a donc considéré que ce groupe témoin aurait été défavorisé par rapport aux autres groupes utilisant MRP.

##### A. L'enseignement PSI

L'application présentée concerne l'enseignement PSI donné à 41 étudiants de quatrième année de la spécialité "Génie informatique et statistiques" dispensé à la grande école française d'ingénieurs Polytech Lille [Polytech, http]. Les 41 étudiants étaient répartis en huit équipes de cinq ou six étudiants et l'enseignement s'est déroulé sur 15 semaines en 2013 durant lesquelles 12 séances d'enseignement de 4h00 étaient mises à l'emploi du temps. Les étudiants avaient obligation d'émarger une feuille de présence en début et en fin de séance. De plus, chaque étudiant devait fournir un travail hors séances de 48 heures supplémentaires pour correspondre aux quatre European Credits Transfer System (ECTS) [ECTS, 2009] attribués à l'enseignement PSI.

Les heures étaient validées grâce aux fiches individuelles d'activités que la méthode MRP demande de tenir à jour tout au long du projet. Cet enseignement PSI a commencé par une séance inaugurale durant laquelle la méthode MRP et le projet productif étaient présentés. Il se terminait par une soutenance collective pour chacune des équipes. Au cours de cette soutenance, les équipes devaient défendre les choix et les réalisations faits dans leur projet productif devant l'ensemble des encadrants. Ils devaient aussi rendre un rapport pédagogique composé d'une partie collective et d'une partie individuelle. Dans la partie collective, les étudiants devaient présenter la mise en place de leurs équipes tout au long du projet, analyser l'articulation entre le travail collectif et les travaux individuels de chacun, les principales difficultés rencontrées par l'équipe et les moyens mis en œuvre pour les surmonter. Dans la partie individuelle de ce rapport pédagogique, chaque étudiant

présentait son activité puis analysait les apprentissages qu'il avait réalisés pour chacun des domaines de connaissances visés par le projet. Une critique constructive sur le déroulement de l'enseignement PSI était aussi demandée.

### *B. Le projet pédagogique*

Le premier but du projet pédagogique était de comprendre la méthode MRP et de l'appliquer à l'enseignement PSI. Les équipes avaient à leur disposition les deux kits définissant la méthode MRP [Warin, 2012a] et leur projet pédagogique [Warin 2012b]. Ils avaient aussi accès à une douzaine de projets des années précédentes [mepulco, http]. Le début de PSI était majoritairement réservé à la réalisation du projet pédagogique. Ainsi les étudiants, en équipe ou individuellement, devaient régulièrement rendre des livrables pédagogiques sur la méthode MRP. Par exemple en 2013, les étudiants devaient élaborer: une carte conceptuelle qui répondait à la question "Quels sont les concepts principaux de la méthode MRP". Ils devaient établir le règlement de leur équipe, une charte graphique pour les futures productions de l'équipe, leurs plannings prévisionnels de travail, etc. Les livraisons régulières de tels livrables pédagogiques permettaient de motiver les étudiants ; ils permettaient aussi aux experts de vérifier l'avancement des étudiants dans leurs apprentissages notamment de la méthode MRP.

Les autres objectifs pédagogiques définis dans le kit d'avancement pédagogique concernaient le domaine du génie logiciel. Plus précisément, il concernait l'analyse des besoins, la méthode de développement "Two Tracks Unified Process" (2TUP) [Roques et Vallée, 2007], le langage UML, la spécification des besoins et la conception logicielle. La méthode 2TUP est une méthode professionnelle de développement informatique qui commence par la création de deux processus en parallèle : un processus pour déterminer les besoins fonctionnels et un processus pour déterminer les besoins techniques. Ensuite les deux processus fusionnent pour réaliser la conception et la programmation finales du système. Dans le cas de PSI, les étudiants devaient apprendre et pratiquer uniquement les premières étapes du modèle : capture functional requirements, analysis, capture technical requirements, technical generic design and the preliminary design. Ils devaient s'arrêter à la conception détaillée. La programmation effective n'était pas à faire.

### *C. Le projet productif*

Le projet productif concernait le développement d'un système informatique pour équiper des bornes d'assistance implantées sur des pistes de ski. Le projet productif demandait aux étudiants dans un premier temps de faire la planification d'ensemble du projet de développement de ce système puis dans un second temps de faire le début de son développement. Le début du développement que les équipes d'étudiants devaient produire était la rédaction des spécifications fonctionnelles, du cahier des charges et des conceptions générales et détaillées. Pour développer le projet productif, l'énoncé spécifiait que les étudiants devaient utiliser la méthode de développement informatique "Two Tracks Unified Process" et le langage de modélisation UML qu'ils ne connaissaient pas.

Pendant les séances, quatre encadrants étaient simultanément à disposition des équipes étudiantes : deux ingénieurs de l'industrie et deux enseignants (maîtres de conférences). Chacun d'eux jouait un rôle ou plusieurs rôles :

- 1) Un encadrant jouait le rôle d'expert méthode MRP. Il devait s'assurer que les étudiants comprenaient et appliquaient la méthode MRP ;
- 2) Un encadrant jouait le rôle du client, propriétaire du domaine skiable, pour lequel le projet productif était conçu. Il définissait

les besoins du projet en termes de fonctions à réaliser, de budget alloué et de délais à respecter ;

- 3) Un encadrant jouait le rôle d'expert gestion de projet. Il devait aider les étudiants dans leurs relations avec le client ;
- 4) Enfin un encadrant jouait plusieurs rôles : (1) Le rôle d'expert en analyse et conception, ayant à aider les étudiants dans l'apprentissage de la méthode 2TUP et du langage UML. (2) le rôle d'expert Moodle, ayant à conseiller et répondre aux questions des étudiants sur l'usage de la plateforme Moodle (version 1.9.3).

Les principales interactions entre les experts et les étudiants étaient faites lors des réunions en séances. Les étudiants devaient demander un rendez-vous avec les experts et fournir un ordre du jour prévisionnel. Les experts validaient les ordres du jour et à chaque réunion un compte-rendu était rédigé et mis en ligne sur le site web de suivi de projet de l'équipe.

## V. ANALYSE DE L'APPLICATION DE LA METHODE MRP

### *A. Objectifs de recherche*

La méthode MRP présentée est le fruit d'une démarche itérative sur une quinzaine d'années. Cette démarche a porté sur plus de cent projets étudiants. A la suite des projets encadrés durant l'année 2012, nous avons estimé que la méthode atteignait suffisamment ses objectifs pédagogiques pour être publiée. La première partie de l'article a été consacré à présenter la définition de MRP et un cas de mise en œuvre. Dans cette section, nous cherchons à analyser dans quelle mesure, la mise en œuvre présentée a atteint les objectifs visés par la méthode. Plus précisément quatre questions de recherche sont étudiées :

- 1) Dans quelle mesure la méthode a été appliquée ? Question centrale si on veut en démontrer par la suite la pertinence des résultats.
- 2) Dans quelle mesure les objectifs pédagogiques concernant le développement d'expériences proches des réalités professionnelles et de pratiques de travail collectif ont été atteints ?
- 3) Dans quelle mesure les habiletés métiers ont été développées par les étudiants ?
- 4) Dans quelle mesure l'application de la méthode MRP favorise l'activité des étudiants ?

### *B. Conception de l'analyse*

Notre analyse se base sur une recherche-action dans laquelle l'expert MRP est un des auteurs. Nous reviendrons sur cette intervention dans la partie discussion. Nous avons basé nos résultats principalement sur les retours "tangibles" des étudiants : 1) leurs travaux rendus écrits y compris les données présentes dans les sites Web de suivi de projet des équipes 2) les questionnaires remplis par les étudiants en début et en fin d'enseignement qui comportaient respectivement 9 et 56 questions. Ensuite, les autres sources de données : 3) les interactions enseignants-étudiants au cours des séances et 4) les six entretiens semi-directifs en fin d'enseignement. Quatre avec un échantillon de quatre étudiants tirés au hasard et deux avec deux des encadrants professionnels externes ont été utilisées soit pour contextualiser les données précédentes soit pour les compléter lorsqu'elles étaient insuffisantes. Dans la suite de cette section, pour chaque objectif de recherche, nous rappelons son énoncé, les résultats obtenus et l'analyse pratiquée pour les obtenir en précisant les données utilisées.

### *C. Applicabilité de la méthode MRP*

La question de recherche posée est "Dans quelle mesure la

méthode a été appliquée ?" Question centrale si on veut en montrer par la suite la pertinence des résultats. La table 2 résume les résultats obtenus et montre sans ambiguïté que la méthode a été appliquée.

TABLE 2 - APPLICATION DE LA METHODE

Critères d'application	Validation
1. Implementation of learning project / productive project duality	Oui
2. Establishment of roles	Oui
3. Distribution of responsibilities	Oui
4. Regular team interactions and solicitations	Oui
5. Anticipation and continuous improvement (Wheel Quality)	Non
6. Positive interdependence and alternating individual work and collective work	Oui
7. Open content and communications management	Oui

La méthode d'analyse employée a été la suivante. Elle est partie de la question "Qu'est-ce- que cela veut dire que la méthode a été appliquée ?". Comme la méthode est définie par un méta-principe et 5 principes, il a été déduit que la méthode peut être considérée comme appliquée si son méta-principe et ses 5 principes ont été appliqués. En notant que le méta-principe est double : jeu de rôles et dualité projet pédagogique/projet productif, on obtient les 7 critères de la table 2. Les moyens d'analyse utilisés pour chacun des 7 critères sont repris ci-après :

- 1) *Implementation of learning project / productive project duality* : ce critère a été évalué en analysant, d'une manière détaillée, l'organisation des sites Web de suivi de projet et le contenu des deux rapports pédagogiques rendus par les étudiants. Ces analyses, confirmées par les interactions encadrants-étudiants, montrent que les étudiants ont eu du mal à intégrer cette notion de dualité en début de projet. Ce n'est qu'après le rendu du troisième livrable pédagogique portant sur la compréhension de la méthode MRP que la dualité projet pédagogique/projet productif a été acquise pour le reste de PSI. Les activités et livrables étaient bien séparés entre le projet pédagogique et le projet productif ;
- 2) *Establishment of roles* : l'existence du wiki de "négociation et suivi des rendez-vous avec les encadrants" a permis d'avoir accès à la liste complète de tous les demandes de réunions, tous les ordres du jour et tous les comptes rendus de réunion entre encadrants et étudiants. Ce critère a été évalué en se basant sur une analyse fine du contenu de ces 3 types d'éléments.
- 3) *Distribution of responsibilities* : ce critère a été évalué d'une part en analysant la partie des rapports pédagogiques dans laquelle les étudiants avaient à reporter leurs facilités et leurs difficultés à partager les responsabilités au sein de leurs équipes et d'autre part sur les réponses à cinq questions du questionnaire final qui portait sur ce critère.
- 4) *Regular team interactions and solicitations* : ce critère a été évalué en se basant sur le contenu des sites Web de suivi de projet et les nombreuses données disponibles sur la plateforme Moodle par laquelle passaient les interactions et les rendus de travaux.
- 5) *Anticipation and continuous improvement (roue de la qualité)* : ce critère a été évalué en analysant le contenu des travaux rendus par les étudiants, complétés par les entretiens semi-directifs et

les interactions encadrants-étudiants. Concernant les travaux rendus, les équipes devaient, en début de projet, rendre un premier planning prévisionnel des tâches à accomplir. En milieu de projet, elles devaient analyser ce premier planning avec leurs fiches d'activités et replanifier la fin de leur projet. En fin de projet, les étudiants devaient rendre une analyse des écarts.

- 6) *Positive interdependence and alternating individual work and collective work* : ce critère a été évalué d'après le contenu des comptes rendus des réunions et des rapports pédagogiques rendus par les étudiants. Notamment, dans ces derniers, l'équipe devait donner une analyse de l'articulation entre le travail collectif de l'équipe et le travail individuel de chacun.
- 7) *Open content and communications management* : ce critère a été évalué en analysant la qualité de la tenue des sites Web de suivi de projet.

#### D. Développement d'expériences proches des réalités professionnelles, d'aptitude au travail collectif et d'autonomie

La question de recherche posée est "Dans quelle mesure les objectifs pédagogiques concernant le développement d'expériences proches des réalités professionnelles et de pratiques de travail collectif ont été atteints ?". La table 3 résume les résultats obtenus et montre que la pratique et l'acquisition des pratiques professionnelles a été atteint dans tous les critères étudiés sauf celui concernant le partage des tâches.

TABLE 3  
DÉVELOPPEMENT DES SOFT SKILLS

Pratiques professionnelles	Atteint
Comptabilisation et suivi du travail	Oui
Conduite de réunions	Oui
Distribution des tâches	Non
Pratique de la planification	Oui
Articulation travail individuel / Travail collectif	Oui

La méthode d'analyse employée de ces pratiques a été la suivante. Cinq pratiques professionnelles sont étudiées. Ces cinq qualités représentent des qualités importantes dans le monde professionnel mais il convient de préciser qu'elles ne représentent pas toutes les qualités professionnelles attendues dans le monde de l'entreprise. Les apparitions de ces qualités au cours de PSI ont été notées et évaluées. La table 3 résume la qualité des pratiques professionnelles adoptées par les étudiants.

- 1) *Accounting and monitoring of work*: cette pratique a été évaluée en récupérant les fiches d'activités des sites Web de suivi de projet de chaque étudiant et en les analysant une par une à l'aide d'une grille d'évaluation prédéfinie. Il a été trouvé que 38 des 41 fiches d'activités répondaient au niveau demandé ou plus. Seules 3 fiches individuelles d'activités étaient partiellement remplies. La qualité de cette pratique peut être évaluée comme atteinte.
- 2) *La conduite de réunion* : cette pratique a été évaluée en récupérant le contenu des pages du wiki "négociation et suivi des rendez-vous avec les encadrants" du cours Moodle. Son analyse montre que 261 réunions ont eu lieu entre les quatre encadrants et les huit équipes durant les douze séances d'enseignements, soit une moyenne de presque 24 réunions par séance de 4 heures. Chaque encadrant a eu un peu plus de 6 réunions par séance en moyenne si on défalque les deux absences d'encadrants. Les consignes de gestion des réunions avec demande de rendez-vous, production d'un ordre du jour,

validation de celui-ci et rédaction d'un compte-rendu ont toujours, à trois exceptions près, été respectées par les équipes d'étudiants. Par contre les encadrants ne les ont respectés que 191 fois sur 261 soit 70 %. En plus des 261 réunions étudiants-encadrants, les étudiants se sont réunis entre eux, sans les encadrants, au cours de 50 réunions et ils ont continué à 75% à respecter les règles de conduite de réunions apprises avec la méthode. La qualité de cette pratique a été évaluée comme atteinte.

- 3) *Le partage des tâches* : cette pratique a été évaluée en se basant sur a) les analyses pédagogiques que les équipes devaient produire dans leur rapport pédagogique final b) les réponses des étudiants au questionnaire final et enfin c) sur les interactions entre l'expert MRP et les équipes étudiantes soit au cours des réunions régulières qui se sont déroulées durant le projet soit lors des entretiens semi-directifs. Il est apparu que la qualité dans le partage des tâches donne des résultats légèrement en retrait par rapport aux autres objectifs pédagogiques. Les réponses des étudiants au questionnaire final établissent que même si 100% des étudiants reconnaissent que la répartition des tâches s'est effectivement faite, 69% des étudiants répondent qu'elle s'est toujours faite et 31% qu'elle s'est souvent faite. A la question "si la distribution des tâches avait été facile", ils répondent à 49% que cela n'a pas été facile à faire. Le critère tel que l'équité des répartitions faites fédère 70% de satisfaction, celui du respect du travail partagé n'obtient que 56% de satisfaction. Les interactions avec les étudiants montrent que deux facteurs influent sur ce résultat : la motivation des étudiants et la charge de travail au moment de la répartition. L'apparition et la qualité de ce critère, dans l'application analysée, ont été évaluées comme non atteintes au niveau visé.
- 4) *La planification du travail* : cette pratique a été évaluée en se basant sur la notation des travaux de planifications demandés aux étudiants. Le niveau de qualité a été noté par les encadrants à 577 points sur 820 points. Cette pratique a été évaluée comme atteinte.
- 5) *Le travail individuel en complément du travail collectif* : cette pratique a été évaluée d'après le contenu du rapport pédagogique final remis par chaque équipe en fin de projet et complétée par les interactions avec les étudiants. Le rapport comportait une section "articulation travail individuel/travail collectif". Sur ces bases la qualité de ce critère a été évaluée comme atteinte. Cette estimation élevée n'est pas étonnante car le sujet est conçu pour être complexe et induire une charge de travail importante. Le travail collectif permet de faire face à la complexité et une répartition suffisante des travaux sur chacun des membres permet de supporter la charge de travail.

### E. Travail et acquisitions des compétences métiers et de gestion de projet

La question de recherche posée est "Dans quelle mesure les habiletés métiers ont été développées par les étudiants ?" Les résultats des figures 3.a et 3.b montrent que la méthode donne une opportunité aux étudiants de travailler et que ce travail est accompagné d'une élévation satisfaisante de leurs compétences (3.b) eu égard aux efforts fournis (3.a). C'est un résultat important car c'était une difficulté rencontrée lors des précédentes versions de la méthode au cours desquelles les étudiants se plaignaient de devoir travailler trop par rapport aux gains en compétences acquises.

La méthode d'analyse s'est basée sur les réponses des étudiants au questionnaire final qui a reçu 39 réponses. Cela est vrai pour 3 des 4 critères des figures 3.a et 3.b. En effet, pour le critère "2 - compétences en gestion de projet" celui-ci n'avait pas été traité par le

questionnaire. Les résultats, concernant la gestion de projet, sont donc une estimation. Cette estimation a été réalisée à partir d'une analyse approfondie des rapports pédagogiques rédigés par chaque étudiant en fin de projet. Il est à noter que dans ces figures 3.a et 3.b, les apprentissages d'analyse des besoins, de spécifications des besoins et de conception informatique ont été regroupés sous le thème génie logiciel.

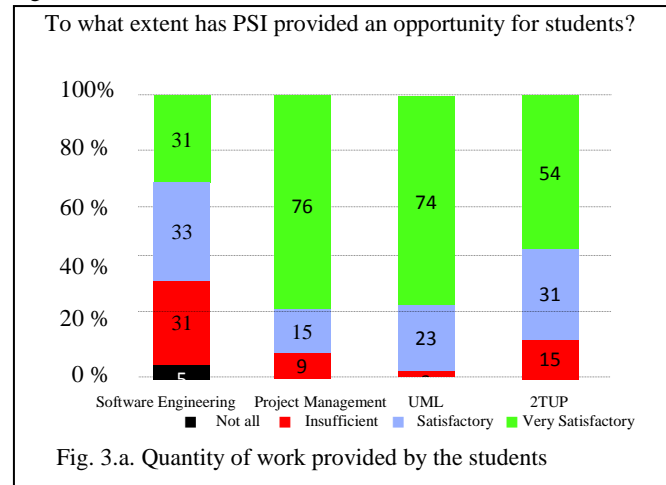


Fig. 3.a. Quantity of work provided by the students

La figure 3.b montre que 90% des étudiants ont évalué à "Très satisfaisant" ou "Satisfaisant" leurs progrès d'acquisition en génie logiciel, 88% des étudiants pour celles en langage UML et 77% pour les progrès d'acquisition concernant la méthode 2TUP. Ces résultats sont corroborés par l'évaluation des tuteurs qui ont noté que le niveau de qualité atteint par plus de 90% des étudiants a été satisfaisant ou très satisfaisant.

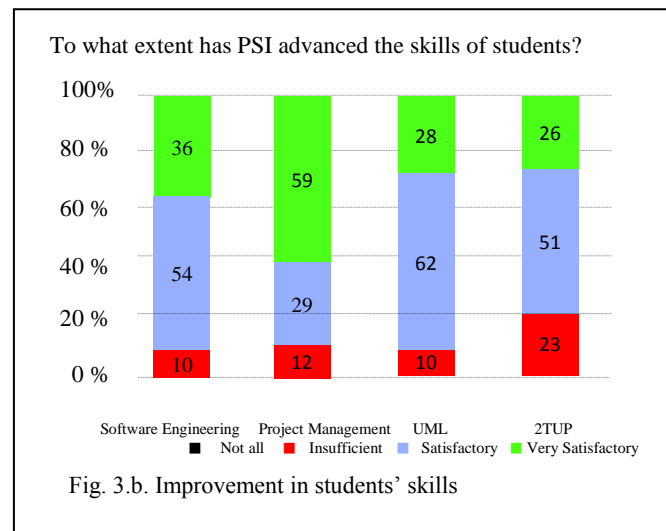


Fig. 3.b. Improvement in students' skills

### F. La méthode MRP comme cadre de travail

La question de recherche posée est : "Dans quelle mesure l'application de la méthode MRP favorise l'activité des étudiants ?". Cette question est importante car même si le travail n'est pas gage de progrès, il est rare que les étudiants qui ne travaillent pas progressent. Les résultats de la table 4 montrent les retours des étudiants sur l'impact de la méthode MRP concernant la quantité du travail qu'ils ont fourni selon 4 thèmes et sur leur intention de réutiliser les principes de la méthode à l'occasion d'un autre projet.

La méthode d'analyse a été de reprendre les réponses aux 5 questions du questionnaire final qui concernait ce thème. Ils montrent

que l'application de la méthode MRP favorise l'activité pédagogique des étudiants. L'engagement est fort. La ligne 1 de la table 4 montre que la méthode MRP favorise la quantité de travail pour 69% des étudiants. La ligne 2 montre qu'elle favorise la pratique du travail méthodique pour 87% des étudiants, la pratique du travail collectif pour 77% et la qualité du travail rendu pour 77%. Enfin 79% des étudiants envisagent de réutiliser MRP au cours de leur vie professionnelle.

TABLE 4  
LA METHODE MRP COMME CADRE DE TRAVAIL

Cinq critères de pertinence	YES	NO
Quantity of work	69	31
Methodological work	87	13
Collective work	77	23
Quality of submitted work	77	23
Reuse of MRP	79	21

## VI. DISCUSSION ET PISTES D'AMELIORATION DE MRP

Les sections précédentes ont démontré la pertinence de la méthode pour l'atteinte des objectifs pédagogiques fixés. Cette section contextualise les résultats obtenus.

### A. Discussions

En préalable aux différents points de discussion, il faut souligner que la recherche menée a été une recherche de type recherche action. Cela introduit un biais potentiel. Un certain nombre d'évaluations a été faite par l'expert-MRP qui est un des auteurs. De plus, les notations des enseignants, comme toutes notations d'enseignants, comportent une part irréductible de subjectivité.

Le premier point à souligner concerne l'applicabilité de la méthode. Les résultats obtenus montrent que les étudiants ont appliqué la majeure partie de méthode MRP à un niveau *Très satisfaisant*. Aucun élément de la méthode n'a été jugé en dessous de la moyenne. L'élément le plus faiblement noté a été la distribution des tâches (60% d'application). Elle est donc applicable. On pourra trouver d'autres exemples d'applications à travers les sites web de suivi de projets accessibles à partir du site [http://mepulco.net].

Cependant il faut noter que deux éléments sont essentiels : 1) l'existence d'un support technologique aux interactions pédagogiques est essentiel ; 2) l'engagement des encadrants. En effet, une méthode sans outil qui la supporte ne peut être efficace et inversement un outil sans méthode qui en guide l'utilisation ne peut, non plus, être efficace. L'application de la méthode MRP décrite dans cet article a été faite sur la plateforme Moodle, avec des outils, dénommés "activités" sous Moodle, assez riches. Ils comprenaient des wikis, des forums, des bases de données (au sens de Moodle), des remises de devoirs, des QCM et des dépôts de documents. Cependant ces outils, même s'ils ne sont pas d'un usage généralisé dans les universités, sont faciles à mettre en place et leur usage devrait se généraliser. De plus le support technologique de la méthode MRP peut être fait avec les outils Web-based de Google ce qui en assure une certaine universalité. En complément de la plateforme Moodle, pour communiquer entre eux, les équipes ont aussi utilisé de nombreux outils Web comme Facebook ou tweeter.

L'application présentée montre que la méthode favorise le vécu par les équipes d'expériences proches des réalités professionnelles. Cependant il faut noter que la méthode ne met en jeu qu'une partie des réalités professionnelles. L'expérience est limitée dans le temps : la fin de l'enseignement dans le module pédagogique concerné ; alors qu'en entreprise on est amené à gérer des périodes de travail qui

peuvent s'étaler sur plusieurs années. De même l'application étudiée n'a pas traité les enjeux fréquents dans la vraie vie tels que les conflits de pouvoir, les salaires, etc. However, it is the charge of Client and Expert to be close the professional reality as much as possible. In our application of the method, Client and Expert were engineer in for-profit corporations then outside of the University. When we meet former students, some students said that they continue to use directly or indirectly MRP method in their professional life. That an indirect evidence that students replicate the learnings made in the application of MRP method in their professional life.

Concernant le haut niveau de satisfaction pédagogique, la figure 3 montre que 91% des étudiants répondent avoir eu une activité de gestion de projets *très satisfaisante* ou *satisfaisante* en termes de volume horaire au cours de leur projet PSI. Elle montre que 88% répondent avoir progressé d'une manière *très satisfaisante* ou *satisfaisante* dans cette discipline. Cependant il faut noter que si on analyse de plus près ces deux chiffres (91% et 88%) en distinguant les réponses *très satisfaisant* et *satisfaisant*, on obtient dans le détail que 79% des étudiants retournent *très satisfaisant* concernant la quantité de travail fourni mais qu'en terme de progression, il n'est que de 59%. On peut penser que pour les étudiants les progrès ont été satisfaisants mais au prix d'un travail jugé trop important. Le même phénomène peut être observé sur l'apprentissage des compétences métiers. Une analyse des raisons de ce constat et des pistes d'amélioration sont proposées dans le paragraphe suivant.

### B. Pistes d'améliorations

Les observations et les entretiens avec les étudiants montrent qu'il faut introduire un contrôle dans la répartition et la réalisation du travail au sein des membres d'une équipe. Il est important d'améliorer ce résultat pour avoir un effet systémique d'amélioration sur l'ensemble des projets. Une expérimentation est prévue pour évaluer au sein des équipes le système d'évaluation par les pairs dénommé "matrice plus-moins-égal" [Bachelet, 2011]. Dans ce système chaque étudiant évalue la participation des autres membres de son équipe sur un certain nombre de critères. Pour chaque étudiant, on obtient une table avec en ligne les critères, en colonne les autres membres de l'équipe et à l'intersection d'une ligne et d'une colonne, l'estimation de l'étudiant "plus", "moins" ou "égal". Voir table 5. L'étudiant doit estimer pour chaque critère et chaque membre de son équipe si son coéquipier fait "plus" que lui, "moins" que lui ou "égal" à lui en terme de travail et d'implication. Ce système n'est pas conçu pour donner directement une note. Il sert en priorité à la discussion interne à l'équipe projet.

TABLE 5  
PREMIERE LIGNE D'UNE MATRICE PME

Nom1-Prénom1	Nom2-Prénom2	Nom3-Prénom3	Nom4-Prénom4	Nom5-Prénom5	Nom6-Prénom
<b>Investissement dans le projet</b> : propose ou met en œuvre des actions pour l'organisation, l'avancement ou la réalisation du projet.					
<b>Créativité</b> : propose ou suggère des idées ou des actions innovantes qui produisent un résultat utile					
<b>Travail fournit une grande quantité de travail</b>					

L'analyse de l'application a mis en évidence que les objectifs pédagogiques visés étaient atteints à un haut niveau de satisfaction mais au prix d'un effort important de la part des étudiants. En d'autres termes, le ratio "effort/progrès d'apprentissage" pouvait être supérieur



à 1. La méthode MRP favorise la quantité de travail chez les étudiants, la majeure partie de l'effort est transformée en apprentissage mais il y a une part de l'effort qui semble perdu et ne génère pas de progrès d'apprentissage. En fait, l'observation sur le terrain montre que la pédagogie employée est presque entièrement basée sur la pédagogie par projet. Les étudiants reçoivent peu d'enseignements traditionnels visant les objectifs pédagogiques visés. Notre analyse est que la pédagogie par projet proposée n'est pas la plus adaptée pour les objectifs pédagogiques des niveaux 1 et 2, les niveaux Connaissance et Compréhension, de la taxonomie de Bloom [Bloom, 1956]. Une piste d'amélioration sera de proposer avant, ou tout début des projets, différentes activités pédagogiques afin de faire progresser les étudiants sur ces deux niveaux : Connaissance et Compréhension. La méthode MRP pourrait se concentrer sur les autres objectifs pédagogiques qui visent savoir-faire, savoir-être et compétences. Le lecteur est invité à se connecter au site web <http://mepulco.net> pour disposer des documents en français et, pour les principaux, en anglais. Le premier auteur a aussi conçu des vidéos de formations à la méthode MRP accessibles sur sa chaîne Youtube.

## VII. CONCLUSION

Cet article a fourni une méthode de PjBL réutilisable et une analyse sur son application sur des projets étudiants dans une grande école française. Les résultats montrent que les étudiants ont fortement appliqué la méthode, développé une intense communication pour se coordonner et acquis des connaissances techniques et non techniques à un haut niveau de satisfaction. La suite de cette recherche sera de mettre en place (1) un système d'évaluation par les pairs pour favoriser un meilleur distribution des tâches au sein des équipes et (2) des activités pédagogiques préliminaires pour faire acquérir aux étudiants les connaissances pour lesquelles une pédagogie par projet n'est pas optimale.

## ACKNOWLEDGMENT

Ce travail a été partiellement financé par la région Nord-Pas de Calais (France) et le FEDER. Les auteurs remercient Alain Legros, Manuel Ortiz, l'école d'ingénieurs Polytech Lille et ses étudiants pour leur implication et Julie Ferlat pour son aide lors de la traduction. Ils remercient aussi les relecteurs anonymes et les éditeurs pour leurs nombreuses remarques pertinentes.

## REFERENCES

- O. Ardaiz-Villanueva, X. Nicuesa-Chacón, O. Brene-Artazcoz, M. L. Sanz de Acedo Lizarraga and M. T. Sanz de Acedo Baquedano "Evaluation of computer tools for idea generation and team formation in project-based learning," *Computers & Education*, vol. 56, no. 3, pp. 700–711, Apr. 2011.
- H. Aliakbarian, P. J. Soh, S. Farsi, H. Xu, E. Van Lil, B. Nauwelaers, G. Vandenbosch and D. Schreurs, "Implementation of a Project-Based Telecommunications Engineering Design Course," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 57, no. 1, pp. 25–33, Feb. 2014.
- R. Bachelet, "L'évaluation par les pairs en projet," presented at French Society for Process Engineering, Lille, France, nov. 2011. Available: <http://hal.archives-ouvertes.fr>.
- H. Barrows and R. Tamblyn, *Problem-based Learning: An Approach to Medical Education*. New York: Springer, 1980.
- D. Berret, "Lectures still dominate science and math teaching," in *The chronicle of Higher Education*, Oct. 25<sup>th</sup> 2012. Available: <http://chronicle.com/article/article-content/135402/>.
- B. J. Biddle, "Recent development in role theory", *Annual Review of Sociology*, vol. 12, pp. 67–92, 1986.
- B. Bloom, M. Englehart, E. Furst, W. Hill, and D. Krathwohl, *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. New York, Toronto: Longman, Green, 1956.
- C. H. Chen, Y. C. Hong, and P. E. Chen, 2014. "Effects of the meetings-flow approach on quality teamwork in the training of software capstone projects," *IEEE Trans. Educ.* in press, DOI 10.1109/TE.2014.2305918
- M. Cole, "Using Wiki technology to support student engagement: Lessons from the trenches," *Comput. & Educ.*, vol. 52, no 1, pp 141–146, Jan. 2010.
- T. J. Cutright, E. Evans, and J. S. Brantnet. "Building an Undergraduate STEM Team Using Team-Based Learning Leading to the Production of a Storyboard Appropriate for Elementary Students," *J Sci Educ Technol*, vol. 23, no. 3, pp. 344–354. June 2014.
- DUO/ICTO, "Guided independent learning—A brochure for instructors," 2005.
- ECTS, *ECTS Users' Guide*, Eds Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, Jan. 2009, doi: 10.2766/88064.
- T. Escobar-Rodriguez, P. Monge-Lozano, "The acceptance of Moodle technology by business administration students," *Comput. & Educ.*, vol. 58, no. 4, pp. 1085–1093, May 2012.
- J. J. Farrell, R. S. Moog, N. Spencer, "A guided inquiry general chemistry course", *Journal of Chemical Education*, vol. 76, no 4, pp 570–574, April 1999.
- R. Hanney and M. Savin-Baden, "The problem of projects: understanding the theoretical underpinnings of project-led PBL," *London Review of Education*, vol. 11, no. 1, pp. 7–19, Feb. 2013.
- D. Hanson, T. Wolfskill, "Process workshops-A new model for instruction", *Journal of Chemical Education*, vol. 77, no 1, pp 120–130, Jan. 2000
- S. Hassan, "The importance of role clarification in workgroups: effects on perceived role clarity, work satisfaction, and turnover rates", *Public Administration Review*, vol. 73, no 5, pp. 716–725, 2013.
- I. Jacobson, P. W. NG, P. E. McMahon, I. Spence, and S. Lidman, "The Essence of software engineering: the SEMAT," *Commun. of the ACM*, vol. 55, no. 12, pp. 42–49, Dec. 2012.
- D. W. Johnson, and R. T. Johnson, R. T. "Integrating handicapped students into mainstream," *Exceptional children*, vol. 47, no. 2, pp. 90–98, Oct. 1980.
- W. L. Kilpatrick, "The project method: the use of the purpose full act in the educative process," *Teachers College Record*, vol. 19, no. 2, pp. 319–335, 1918.
- W. H. Kilpatrick, *Foundations of method: Informal talks on teaching*. New York: Macmillan, 1925.
- J. Larmer, Dec. 2013, *Project Based Learning vs. Problem Based Learning versus X Based Learning*, Buck Institute for Education. Available: <http://biepbl.blogspot.fr/2013/11/problem-based-vs-project-based-learning.html>
- R. M. K. W. Lee, C. Y. Kwan, "The use of problem-based learning in medical medical education," *J Med Education*, vol. 1, no. 2, pp. 149–157, 1997.
- S. M. Loyens and R. M. J. P. Rikers, "Instruction based on inquiry," in *Handbook of research on learning and instruction*, 2011, pp. 361–381.
- F. Martínez, L. C. Herrero, and Santiago de Pablo, "Project-Based Learning and Rubrics in the Teaching of Power Supplies and Photovoltaic Electricity," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 54, no. 1, pp. 87–96, Feb. 2011.
- J. McLurkin, J. Rykowski, M. John, Q. Kaseman, and A. J. Lynch, "Using multi-robot systems for engineering education: teaching and outreach with large numbers of an advanced low-cost robot," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 56, no. 1, pp. 24–33, Feb. 2013.
- Mepulco ([http](http://mepulco.net)), Mepulco Web site. Available: <http://mepulco.net>.
- A. J. Neville, "Problem-based learning and medical education forty years on," *Med Princ Pract*, vol. 18, pp. 1–9, 2009.
- OCDE, "The definition of the keys competencies, executive summary, 2005," Available: <http://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf>
- PMBOK, *A guide to the project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, Project Management Institute, 1996.
- Polytech Lille ([http](http://www.polytech-lille.fr)). Available: <http://www.polytech-lille.fr>.
- P. Roques and F. Vallée, *UML 2 en action – De l'analyse des besoins à la conception*, Ed. Paris, France, Eyrolles, pp 381, 2007.
- B. Talon, C. Toffolon, and B. Warin, "Projet en milieu universitaire : vers une gestion collaborative assistée par le Web," *International Journal of Technologies in Higher Education*, vol. 2, no. 2, pp. 28–33, 2005.
- B. Talon, M., Sagar, M., and C. Kolski, "Developing Competence in Interactive Systems: The GRASP tool for the design or redesign of

- pedagogical ICT devices,” *ACM Trans. Comput. Educ.*, vol. 12, no. 3, Article 9, pp. 1–43, July 2012.
35. B. Warin, C. Kolski, and M. Sagar, “Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies: principles and case studies,” *Comput. & Educ.*, vol. 57, no. 2, pp. 1595–1614, Sep. 2011.
  36. B. Warin, (2012a), “Description of the Multi-Role Project method (International version),” Internal publication of the University of Littoral Côte d’Opale, France. Available: <http://mepulco.net>.
  37. B. Warin, (2012b). “Multi-Role Project methodology - Educational Progress,” Internal publication of the University of Littoral Côte d’Opale, France. Available: <http://mepulco.net>.
  38. H. B. White, “Dan Tries Problem-Based Learning: A Case Study. To Improve the Academy,” Paper 370. Available: <http://digitalcommons.unl.edu/podimproveacad/370>.