

Production et apprentissage : les deux faces d'un référentiel d'ingénierie du logiciel par immersion

Philippe Saliou, Vincent Ribaud

► **To cite this version:**

Philippe Saliou, Vincent Ribaud. Production et apprentissage : les deux faces d'un référentiel d'ingénierie du logiciel par immersion. 18e colloque de l'ADMEE Europe - Comment évaluer ? Outils, dispositifs et acteurs, Oct 2005, Reims, France. 2005. <hal-01448449>

HAL Id: hal-01448449

<http://hal.univ-brest.fr/hal-01448449>

Submitted on 27 Jan 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Production et apprentissage : les deux faces d'un référentiel d'ingénierie du logiciel par immersion

SALIOU Philippe et RIBAUD Vincent, Maîtres de conférences, EA3883-LISyC, Université de Bretagne Occidentale, Brest, France, {Philippe.Saliou, Vincent.Ribaud } @univ-brest.fr

Mots-clés : Apprentissage par immersion, évaluation authentique, ingénierie du logiciel, référentiel d'apprentissage et de production

Résumé

L'ingénierie du logiciel traite de toutes les phases de la vie d'un logiciel : étude, fabrication, exploitation, maintenance, remplacement. La production du logiciel est généralement soutenue par un référentiel d'ingénierie, un ensemble de règles et une capitalisation du savoir-faire. La maîtrise et l'application d'un référentiel sont essentiels pour un ingénieur.

La formation des ingénieurs du logiciel doit préparer à la complexité de la discipline. Depuis Septembre 2002, l'Université de Bretagne Occidentale propose une cinquième année d'Ingénierie du Logiciel par Immersion. Le dispositif pédagogique de cette formation reproduit les réalités professionnelles afin que l'apprentissage du monde du travail soit importé dans les murs de l'université. Le plan de formation est construit sur un projet de 6 mois en équipe, dans une salle simulant l'environnement standard des entreprises de développement logiciel, soutenu par un référentiel d'apprentissage spécifique, piloté et tutoré par un enseignant-chercheur issu du monde professionnel. Le processus d'apprentissage s'appuie sur les processus de production réellement mis en œuvre dans l'industrie. En dehors des cours de langues et de communication, aucun cours traditionnel n'est dispensé.

Le dispositif d'évaluation appartient au courant dit authentique où l'évaluation est enchâssée dans l'apprentissage. Les tuteurs pratiquent différentes sortes d'évaluation qui sont toutes destinées à soutenir le processus de construction du savoir. Le cycle tuteur/auteur, le suivi d'avancement et les revues de pair « transfert de compétences » sont des activités continues où l'accent est mis sur la régulation des apprentissages. Les revues de fin de phase et la qualification du produit logiciel sont des activités programmées lors de jalons dont l'objectif est la vérification et la validation des résultats produits. Même si la deuxième catégorie simule plus fidèlement un processus industriel, toutes les procédures d'évaluation soutiennent le dispositif d'ingénierie du logiciel par immersion et facilitent le passage de l'apprentissage à la production.

1 Problématique

L'ingénierie est une profession qui cherche à créer ou à améliorer des systèmes, des procédés et des produits pour servir les besoins des entreprises et des particuliers. A la différence de presque toutes les autres disciplines d'ingénierie essentiellement concernées par le design¹, l'ingénierie du logiciel traite de toutes les phases de la vie d'un système ou d'un produit : étude, fabrication, exploitation, maintenance, remplacement. La production du logiciel dans une entreprise est généralement soutenue par un système de management de la qualité, associé à un référentiel d'ingénierie. Ce référentiel est à la fois un ensemble de règles sur lesquelles se fondent les activités de la société et aussi la définition de procédures capitalisant son savoir-faire. Dans le cas d'une entreprise visant une accréditation à une norme internationale (ISO 9001, CMMI, ...), la maîtrise et l'application d'un référentiel sont essentiels pour l'obtention et le maintien de la certification.

La formation en ingénierie doit préparer à la complexité de la discipline. A titre d'exemple, un rapport de l'Académie Canadienne de Génie stipule que les Ordres d'Ingénieurs « réexaminent leur conditions d'admission à la profession pour les jeunes ingénieurs afin d'inclure une formation continue, un apprentissage autonome, un programme de mentorat et un contrôle plus étroit de l'expérience » (L'Académie canadienne du génie, 1999). L'Université de Brest délivre une spécialité de Master Professionnel en Ingénierie du Logiciel. Le dispositif pédagogique de la dernière année repose sur un paradigme d'immersion. L'apprentissage du monde professionnel est importé dans les murs de l'université par reproduction de ses conditions de travail : un projet de 6 mois en équipe dans un

¹ dans ces disciplines, le design s'étend des spécifications du produit jusqu'à la réalisation du prototype initial

environnement simulant les processus d'ingénierie du logiciel. Un véritable référentiel a été adapté afin de soutenir l'apprentissage des activités d'ingénierie ainsi que la production des produits de sortie attendus. Le référentiel obtenu est assimilable à un guide de « bonnes pratiques » et soutient l'évaluation des activités d'ingénierie et de qualité du logiciel. Les principes de l'immersion et la structure du référentiel sont présentés dans la section 2 de cet article.

Le domaine de l'ingénierie du logiciel peut être examiné à deux niveaux. Le premier niveau englobe les activités techniques et de management qui sont réalisées pendant l'acquisition, le développement, la maintenance et le remplacement du logiciel, on parle généralement de processus d'ingénierie du logiciel. Le deuxième niveau est un méta-niveau, qui est concerné par la définition, la mise en œuvre, la mesure, le management, le changement et l'amélioration des processus d'ingénierie du logiciel eux-mêmes, on parle alors d'ingénierie des processus logiciels. Le dispositif d'apprentissage par immersion opère essentiellement au premier niveau. De part la filiation constructiviste de ce dispositif, l'évaluation prend place dans un contexte pédagogique qualifié d'authentique ou alternatif. Dans ce contexte, l'évaluation est enchâssée dans les environnements pédagogiques, dans les situations d'apprentissage. Il n'y a pas de divorce, ni de séparation entre les temps dévolus à l'apprentissage et ceux dévolus à l'évaluation (Tardif, 1998). La section 3 de cet article s'intéresse à l'évaluation des apprentissages et à la place du référentiel dans cette évaluation. L'évaluation des tâches complexes d'ingénierie est effectuée tout au long de la formation. L'apprentissage de certaines activités nécessite quelques aspects méta-cognitifs ce qui peut sensibiliser les étudiant(e)s à des pratiques du deuxième niveau.

La section 4 conclut et énonce quelques résultats.

2 Corpus

2.1 Présentation de la formation

Les principaux objectifs du Master Professionnel 2^{ème} année « Ingénierie du Logiciel par Immersion » de l'U.B.O. sont la maîtrise des activités d'ingénierie du logiciel, le travail coopératif en équipe, l'adaptation aux changements et la capacité à apprécier une perspective dans son ensemble. L'apprentissage du monde professionnel est importé dans les murs de l'université par reproduction de ses conditions de travail : un environnement dédié, la relation client-fournisseur, le respect d'un référentiel de développement, l'emploi de méthodes et des outils associés, la coopération entre membres d'une équipe, etc. En dehors des cours de langues et de communication, aucun cours traditionnel n'est dispensé. Le plan de formation est construit sur un projet de 6 mois en équipe, piloté et tutoré par un professionnel expérimenté en ingénierie du logiciel. L'année de formation est structurée en trois périodes appelées itérations : une période d'apprentissage tutoré de 4 mois, une période de mise en pratique accompagnée de 2 mois, une période de stage en entreprise de 4 à 6 mois. Les apprentissages d'ingénierie du logiciel portent sur l'ensemble des connaissances, des procédés et des acquis scientifiques et techniques pour la conception et la fabrication d'un Système d'Information de sa commande jusqu'à sa mise en exploitation.

Pendant les deux premières périodes (6 mois), les étudiant(e)s sont immergé(e)s dans un véritable projet qui se déroule exactement comme en entreprise, avec les spécificités suivantes :

- Les étudiant(e)s sont réparti(e)s en équipe de 5 appelée compagnie. Les compagnies sont indépendantes et les étudiant(e)s doivent jouer plusieurs rôles (organisationnel, qualité, technique, soutien, etc.) dans le contexte de collaboration et de coopération lié au travail en équipe.
- Le projet se déroule au sein de l'université, dans des salles spécialement réaménagées, simulant l'environnement standard des entreprises de développement logiciel. Chaque compagnie dispose d'un bureau « paysagé », d'une salle de réunion et partage une salle « machine » commune. Chaque étudiant(e) a un poste de travail personnel.
- Le chef de projet qui pilote et tutore le projet est un enseignant-chercheur issu du monde professionnel, appelé tuteur de compagnie. Il s'appuie pour cela sur un référentiel

d'apprentissage spécifique, construit en partie à partir du référentiel « métier » de la filiale informatique du groupe Thales, Thales Information Systems.

- Une plate-forme technologique professionnelle (Oracle, IBM-Rational, Open Source) est mise à disposition de chaque compagnie, du fait de l'importance capitale que revêt l'architecture technique dans la construction des systèmes informatiques actuels.
- Un processus d'apprentissage est intégré dans l'ensemble des processus de production sur lesquels s'appuie la fabrication d'un logiciel : Gestion de Projet, Ingénierie de Développement Logiciel et Soutien au Développement.
- Chaque compagnie construit un Système d'Information différent à partir d'un cahier des charges, avec des processus similaires mais en utilisant des méthodes, des technologies et des outils différents.

La troisième période est un stage de pré-embauche (4 à 6 mois). Il s'agit d'un stage de production dont l'objectif est la mise en application des compétences d'ingénierie du logiciel en entreprise.

2.2 Le référentiel

2.2.1 Structure d'un référentiel ISO 9001 d'ingénierie du logiciel

Dans l'industrie, en simplifiant à l'extrême, un système de management de la qualité de type ISO 9001:2000 pourrait se définir comme un ensemble de processus, un processus étant défini comme un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie. Pour une société de services et d'ingénierie en informatique (qui est le type d'employeur de nos diplômés), ses métiers sont de concevoir et de vendre ; de développer ; de maintenir des logiciels. On trouvera donc dans le référentiel d'ingénierie d'une SSII la cartographie et la définition des processus, la description des activités et des interactions entre processus.

« TEMPO est le référentiel de la société Thales Information Systems, base d'une culture partagée et moyen de capitalisation des bonnes pratiques. C'est un ensemble de procédures, guides et notes définissant l'organisation et les activités régissant le fonctionnement de la société, la conduite d'affaire, le développement logiciel et l'intégration de système. » (Thales Information System, 2002). Les procédures sont la base de la description d'un processus et des activités associées. Afin d'avoir la plus grande stabilité possible, elles abordent le *quoi*, fait *quand* et par *qui*. Les guides sont des recommandations de mise en œuvre qui traitent du *comment* et du *avec quoi*.

2.2.2 Le référentiel d'apprentissage d'ingénierie du logiciel par immersion

Durant les 2 premières années où la formation était expérimentale, nous avons élaboré une première version d'un référentiel d'apprentissage du métier d'ingénieur logiciel en nous appuyant sur 3 choix pédagogiques essentiels :

- L'emploi de procédés recouvrant tous les aspects de production d'un logiciel (Jacobson & Booch & Rumbaugh, 1999).
- L'utilisation du référentiel² ISO 9001 de la filiale informatique du groupe Thales (Thales Information System, 2002).
- Une évaluation enchâssée dans l'apprentissage (Tardif, 1993).

A l'issue de cette troisième année, nous disposons d'un référentiel qualifié d'apprentissage-production. Ce référentiel soutient le processus d'apprentissage et de production mis en œuvre lors des deux premières itérations.

Le référentiel comprend à ce jour :

² Grâce à un accord passé avec le groupe Thales, nous disposons à des fins pédagogiques d'une partie du référentiel TEMPO et notamment des procédures et des guides relatifs à l'ingénierie du logiciel.

- Un référentiel métier TEMPO-ILI comprenant :
 - les éléments issus de l'ajustement du référentiel Thales-IS,
 - des références à d'autres référentiels de type ISO 9001,
 - des exemples de documents produits sur des projets réels.
- Des supports d'utilisation des plates-formes techniques :
 - guides d'installation et d'utilisation,
 - white papers et red books.
- Des ouvrages ainsi que des supports d'auto-formation.
- La description du dispositif d'apprentissage constitué principalement :
 - des fiches d'apprentissage définissant étape par étape le travail à réaliser.
 - des fournitures pédagogiques mises à disposition au fur et à mesure du projet.
 - des procédures d'évaluation des apprentissages.

2.2.3 La fiche d'apprentissage

Chaque activité d'ingénierie se décompose en tâches. L'apprentissage d'une tâche est décrit dans une fiche d'apprentissage. La fiche d'apprentissage est le support principal dans la relation Tuteur-Etudiant(e). Elle décrit le travail à réaliser, les différentes fournitures pédagogiques sur lesquelles doit appuyer l'apprentissage ainsi que les produits attendus. Sa structure est standardisée. Les éléments principaux sont :

- la tâche (ex. : le recueil des exigences) relative à l'activité,
- le rôle à jouer (ex. : analyste) avec le noms des élèves concernés,
- la description du travail,
- les fournitures pédagogiques (ex. : un guide de rédaction et des exemples réels),
- les produits de sortie à réaliser (ex. : une Spécification des Exigences du Logiciel),
- des éléments de charge et de planning .

L'élève perçoit la fiche d'apprentissage comme un élément essentiel d'organisation de ses compétences. Pour chaque tâche, l'élève peut associer les produits amonts issus d'activités précédentes, les guides de bonnes pratiques ayant soutenu la tâche, sa place dans le processus de production, les produits de sortie de la tâche, etc.

Lors de la deuxième itération, les étudiant(e)s partent du référentiel d'apprentissage de la première itération. Ce référentiel d'apprentissage est utilisé comme un référentiel de production du logiciel. Les étudiant(e)s vont s'appuyer sur les fiches d'apprentissage de la 1^{ère} période pour mettre en œuvre (de manière autonome) un processus de développement logiciel en phase avec les choix d'architecture technique, les méthodes et outils de développements utilisés ainsi que les contraintes de délais imposés par le client.

3 Méthodologie d'évaluation

3.1 Evaluation des processus de production dans l'industrie

L'approche processus permet de décrire l'organisation d'une entreprise dans son aptitude à produire des résultats définis. Les processus les plus évidents sont ceux mis en œuvre pour réaliser les produits et services fournis par l'organisme, qu'on appelle souvent les processus opérationnels. Dans le domaine du logiciel, la chaîne des activités de production fournit à chaque étape intermédiaire des produits de sortie qui sont le plus souvent des documents. La description des activités comme la rédaction générique des résultats documentaires issus des activités forme une partie du référentiel du système de management de la qualité.

L'application du système de management de la qualité doit :

- garantir la conformité au référentiel d'action (approche centrée sur les activités et les procédures),
- mettre l'accent sur les résultats à atteindre et la satisfaction du client (approche centrée sur le produit).

Ces deux approches ne sont pas exclusives car elles concourent au même but. Elles sont toutes deux soutenues par deux catégories d'évaluations : celles inspectant les produits en cours d'élaboration et celles vérifiant et validant les exigences.

3.1.1 Activités d'inspection

On peut trouver plusieurs types d'activités d'inspection des produits en cours d'élaboration : lecture croisée, revue de pair, contrôle de processus.

3.1.1.1 Lecture croisée

La lecture croisée est un cycle auteur/lecteur sur un produit documentaire, avant son édition officielle. La lecture croisée se rapporte à la forme du produit, ainsi qu'à la traçabilité éventuelle par rapport aux produits amonts concernés, à la rédaction (cohérence et complétude du document) et au respect du plan documentaire proposé.

3.1.1.2 Revue de pair

La revue de pair a pour but d'effectuer un examen technique d'un produit par des pairs, pour détecter les défauts. La revue de pair, à laquelle le réalisateur participe, permet l'obtention d'un consensus sur les différentes évaluations opérées par les pairs sur :

- les défauts détectés sur le produit,
- la qualification des types d'erreurs pour envisager leur prévention et renforcer l'efficacité de leur détection.

3.1.1.3 Contrôle de processus

Le contrôle de processus est une vérification ponctuelle (planifiée ou événementielle) de la conformité de déroulement d'une activité par rapport aux dispositions établies au démarrage du projet. Un contrôle de processus est une forme très allégée d'audit. Les vérifications de processus permettent de mettre en évidence les écarts entre les règles applicables et les pratiques constatées et de les traiter.

3.1.2 Activités de vérification et validation

Le cycle d'ingénierie du logiciel part de la commande du client jusqu'à la mise en service par le fournisseur. Le cahier des charges (ou la première phase du projet) doit établir un ensemble d'exigences fonctionnelles (qui décrivent des services du produit) et exigences techniques (qui énoncent des contraintes). Les exigences établissent un contrat entre le client et le fournisseur.

Une exigence peut d'abord être définie d'après le Larousse « Ce qui est commandé par quelque chose ou quelqu'un ; nécessité, obligation », puis d'après la norme IEEE 729-1983 « Condition ou capacité que doit présenter un système pour satisfaire un contrat, un standard, une spécification ou tout autre document formel imposé ».

Lorsqu'on évalue le respect des exigences, on peut distinguer vérification et validation. La vérification permet de déterminer si les produits de sortie d'une phase satisfont aux exigences établies pendant les phases précédentes. La validation évalue le produit lorsqu'il est fini pour s'assurer de sa conformité avec les exigences.

3.1.2.1 Revue de fin de phase

Une revue de fin de phase est une activité de vérification, explicitement prévue, qui se déroule éventuellement avec la participation du client. Une revue de fin de phase permet d'évaluer les risques liés à la poursuite du projet compte tenu de l'avancement et de l'état technique en regard des exigences techniques et contractuelles.

3.1.2.2 Qualification du produit

La qualification est une activité de validation qui sert à démontrer que le produit fournit les services pour lesquels il a été conçu. Par l'acceptation du produit, le client reconnaît qu'il remplit ses missions. L'acceptation du produit et de sa mise en service par le client est établie lors des tests de qualification. Ces tests permettent au client de vérifier la conformité du produit par rapport aux exigences.

3.2 Caractéristiques de l'évaluation des apprentissages

3.2.1 Cadre théorique

L'apprentissage par immersion se réclame du paradigme constructiviste. Une approximation du constructivisme peut être donnée à l'aide de deux énoncés fondamentaux (Duffy & Cunningham, 1996) :

- l'apprentissage est un processus actif et constructif plutôt qu'un processus d'acquisition de connaissances ;
- l'enseignement est essentiellement destiné à aider les élèves dans ce processus plutôt qu'à transmettre des connaissances.

Jacques Tardif écrit que les retombées du paradigme constructiviste sur les pratiques évaluatives sont nombreuses et diversifiées. [...] En conformité avec les pratiques d'enseignement, les évaluations reposent nécessairement sur des tâches complètes, complexes et signifiantes. [...] Les stratégies cognitives et méta-cognitives de l'élève doivent être prises en compte directement et explicitement. [...] Le contenu retenu lors des démarches d'évaluation doit être assez familier pour l'élève, de sorte que ce dernier puisse établir des liens entre ce contenu et ses connaissances antérieures. [...] Les évaluations doivent systématiquement rendre compte de l'état de l'organisation et de la hiérarchisation des connaissances par l'élève. (Tardif, 1993).

3.2.2 Des processus aux produits

Afin de respecter les caractéristiques énoncées dans le paragraphe précédent, l'évaluation ne peut porter que sur la mise en œuvre des tâches complexes d'ingénierie du logiciel. Une hypothèse importante est que l'évaluation de ces tâches complexes est remplacée par une évaluation continue des éléments de sortie attendus.

Cette substitution d'évaluation n'est cependant pas possible lorsque la tâche évaluée est trop nouvelle ou trop complexe pour l'élève. Dans ce type d'apprentissage, les erreurs sont nécessaires et les stratégies méta-cognitives sont cruciales puisqu'elles sont indispensables à la réussite.

Une dimension variable d'ajustement

Il existe donc une certaine catégorie d'apprentissages qui nécessitent d'être adaptés à la difficulté, aux connaissances antérieures, au processus de construction de connaissances de l'élève, ... Ceci introduit une dimension supplémentaire dans les interactions entre processus que nous avons qualifié d'ajustement d'activité. L'ajustement d'activité est un travail de réflexion et de proposition sur la manière de réaliser une activité. Tout ajustement se solde par la production d'un guide d'usage ou de mise en œuvre de l'activité concernée. Le guide (qui correspond le plus souvent à une production méta-cognitive) est évalué. L'activité complexe qui en résulte peut alors avoir lieu et être évaluée sur ses productions de sortie.

3.2.3 L'enchâssement de l'évaluation dans l'apprentissage

Dans le cadre du paradigme énoncé au §3.2.1, l'évaluation est enchâssée dans les situations d'apprentissage et fait partie de l'environnement pédagogique par immersion. Il n'y a pas de séparation entre l'apprentissage et l'évaluation. Les étudiant(e)s sont constamment en train de construire des connaissances et de développer des compétences. Le déroulement de ces constructions et de ces développements est observé très régulièrement par les tuteurs pour établir la base des rétroactions et des évaluations.

L'évaluation est intégrée à la démarche de soutien des apprentissages et toutes les informations résultant de l'évaluation renseignent les étudiant(e)s sur l'évolution de leurs apprentissages et l'état de leurs connaissances. La distinction entre évaluation formative et évaluation sommative ne s'applique pas mais on établit deux types d'évaluation. Le premier type comprend le cycle tuteur/auteur, le suivi d'avancement, la revue de pair « transfert de compétences ». Ce type d'activité soutient directement la construction de savoir car il fournit une rétroaction continue aux apprenants. Il est appelé évaluation de régulation en référence à De Ketele : « processus ouvert dont la fonction prioritaire est d'améliorer le fonctionnement [...] d'une partie ou de l'ensemble du système. » (De Ketele, 1993). Le deuxième type,

est composé de la revue de séquences d'apprentissage et de la qualification des produits logiciels. Il s'agit d'activités de vérification et de validation réalisées lors de jalons programmés.

3.3 Description des activités d'évaluation

3.3.1 Evaluations de régulation

Le dispositif par immersion cherchant à reproduire les processus de l'industrie, des éléments de forme de ces évaluations sont inspirés des activités d'inspection du §3.1.1. L'objectif étant l'apprentissage de ces processus, l'esprit est totalement différent : ces évaluations de régulation sont destinées à soutenir les apprentissages et principalement axées sur l'étayage et le désétayage (Tardif, 1998). En situation d'étayage, les rétroactions du tuteur visent à faire émerger les questions et/ou à fournir des indications et des suggestions permettant de construire le savoir manquant. En cas de difficulté, le tuteur consolide : il ré-explique, suggère une entraide, modifie la planification. Lorsque les élèves sont en mesure de réutiliser des connaissances et des compétences, le tuteur réduit le soutien et ses rétroactions visent essentiellement à l'amélioration des résultats ; à l'occasion il devient un apprenant (néanmoins en position de constructeur de savoir).

3.3.1.1 Cycle tuteur/auteur

Chaque fiche d'apprentissage donne lieu à une ou plusieurs fournitures³. Chaque fourniture est soigneusement examinée et annotée par un tuteur, puis un «feedback» est restitué aux auteurs de la fourniture assorti de questions et d'améliorations à apporter. Les auteurs doivent alors mettre à jour (et même parfois refondre entièrement) leur production. Ce processus est réitéré (au moins 2 fois) jusqu'à ce que la fourniture soit jugée suffisamment satisfaisante pour pouvoir être exploitée par la suite (même si dans la réalité de l'entreprise, il resterait encore du travail à effectuer).

3.3.1.2 Suivi d'avancement

Une itération décrit un cycle complet des phases de production du logiciel. La première itération est découpée en séquences d'apprentissage. Chaque séquence d'apprentissage appartient à une phase de production. A chaque séquence correspond un certain nombre d'activités décrites par des fiches d'apprentissage. La rédaction, la planification et l'affectation des fiches d'apprentissage est une activité fondamentale du tuteur pour piloter les apprentissages.

Les réunions hebdomadaires d'avancement sont l'instrument principal de suivi du projet et des fiches d'apprentissage. L'avancement des tâches est contrôlé et la planification est mise à jour. Les problèmes et les difficultés rencontrés sont évoqués et des stratégies de résolution mises en place.

3.3.1.3 Revue de pairs « transfert de compétences »

Une description détaillée de cette expérience est donnée dans (Saliou & Ribaud, 2005). Il s'avère parfois difficile de s'appropriier les productions des autres membres de l'équipe et par conséquent de bénéficier d'une partie de leurs apprentissages. Habituellement, les informations collectées lors d'une revue de pairs portent essentiellement sur les défauts détectés. Dans notre système, ces informations sont étendues aux suggestions, propositions d'amélioration et surtout aux interrogations ou compléments d'apprentissage que les étudiant(e)s « pairs » souhaiteraient avoir face aux productions de leurs camarades. Ceci fournit un contexte authentique favorable aux transferts de compétences entre étudiant(e)s.

3.3.2 Evaluations de vérification et de validation

Ces évaluations s'inspirent des activités de vérification et de validation du §3.1.2. Elles contribuent au jeu de rôles qui est une des composantes de l'immersion : la simulation des jalons industriels de contrôle, tout en gardant l'aspect formatif de l'expérience car le tuteur donne des rétroactions pendant et après l'action.

³ produit de sortie (« *deliverable* ») dans la terminologie d'ingénierie du logiciel

3.3.2.1 Revues de séquences d'apprentissage

Chaque point critique du cycle d'ingénierie est identifié par un jalon auquel est associé une revue des résultats produits ayant pour but de conclure un ensemble d'activités réalisées. Ces activités appartiennent à différentes séquences d'apprentissage mais concourent aux mêmes objectifs, généralement la maîtrise d'une tâche complexe d'ingénierie : définition de besoin, étude préalable, étude détaillée, ...). Cette revue de séquences d'apprentissage est une revue interne au projet et permet de s'assurer à des moments précis que :

- les activités prévues ont bien été effectuées,
- les produits prévus ont bien été réalisés et ont été évalués,
- les solutions proposées permettent de passer à l'étape suivante.

3.3.2.2 Qualification du produit logiciel

Chaque itération doit se solder par la mise en exploitation du système qualifié conformément à un protocole élaboré par l'équipe projet, vérifié et approuvé par le tuteur.

La validation est divisée en différentes opérations, consistant à vérifier un ensemble de fonctionnalités, de services, de documentation ou de contraintes du système. Au niveau le plus fin, le protocole décrit des essais qui permettent de vérifier la conformité des résultats avec les exigences.

4 Résultats

Le dispositif recueille un grand enthousiasme auprès des élèves et des employeurs. Toutes les procédures d'évaluation soutiennent le dispositif d'ingénierie du logiciel par immersion et facilitent le passage de l'apprentissage à la production. Les produits évalués proviennent de situations d'apprentissage authentiques, coopératives et transdisciplinaires. De plus, les connaissances et compétences sont régulées de manière récurrente et continue, et vérifiées à des moments-clés des apprentissages.

Pour les enseignants-tuteurs, l'enchâssement de l'évaluation dans les apprentissages rend les pratiques d'évaluation attrayantes, naturelles et efficaces car elles contribuent directement à la construction des savoirs. Pour les étudiant(e)s, l'évaluation devient utile et productrice de connaissances et de compétences. Non seulement, elle n'est plus vécue comme une sanction mais elle est un outil intégré dans le développement professionnel. Pour la branche professionnelle, la référence aux pratiques industrielles, la multiplicité et la richesse de l'évaluation garantit la compétence et les savoir-faire des jeunes diplômés.

5 Bibliographie

L'Académie canadienne du génie, (1999), *L'évolution de l'éducation en ingénierie au Canada*, Ottawa, www.acad-eng-gen.ca/publis/Evolution_f.html

DE KETELE J.M. & ROEGIERS X. (1993), *Méthodologie du recueil d'informations*, Bruxelles, De Boeck

DUFFY T. M. & CUNINGHAM D. J., (1996), "Constructivism : Implications for the design and delivery of instruction" in *Handbook of Research for Educational Communications and Technology*, Basingstoke Hampshire, MacMillan

JACOBSON I.& BOOCH G. & RUMBAUGH J., (1999), *The Unified Software Development Process*, Boston, Addison-Wesley

SALIOU P. & RIBAUD V., (2005), "La revue de pairs, un support au transfert de compétences inter-étudiants dans un paradigme d'apprentissage par projet" in *Questions de pédagogie dans le supérieur*, Lille, Ecole Centrale de Lille.

TARDIF J., (1993), "L'évaluation dans le paradigme constructiviste" in *L'évaluation des apprentissages. Réflexions, nouvelles tendances et formation*, Sherbrooke, Université de Sherbrooke

TARDIF J., (1998), *Intégrer les nouvelles technologies de l'information*, Paris, ESF

Thales Information System, (2002), *TEMPO, la maîtrise du développement de systèmes informatiques*