

Une approche orientée services Web pour l'intégration d'applications e-Learning et la réutilisation des objets pédagogiques XML

Ivan Madjarov¹, Abdelkader Betari²

¹ Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes
(LSIS) - UMR CNRS 6168, Université d'Aix-Marseille
Domaine Universitaire de Saint-Jérôme
Avenue Escadrille Normandie-Niemen
13397 Marseille Cedex 20, France
Téléphone: +33 4 91 17 79 17
Télécopie: +33 4 91 17 79 22
E-mail: ivan.madjarov@iut-gtr.univ-mrs.fr

² Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Marseille
(LIF) – UMR 6166 CNRS, Université de la Méditerranée
163 Avenue de Luminy case 920
13288 Marseille cedex 9, France
Téléphone: +33 4 91 17 79 20
Télécopie: +33 4 91 17 79 22
E-mail: abdelkader.betari@lif.univ-mrs.fr

Résumé: L'objectif principal du e-Learning est d'améliorer la qualité de l'enseignement en ligne en introduisant un mode collaboratif de création et de diffusion des savoirs entre enseignants et étudiants et non de se substituer aux modes traditionnels d'enseignement. Dans cet article nous traiterons de l'interopérabilité entre systèmes e-Learning basée sur les technologies innovantes des services Web, de la réutilisation des objets pédagogiques à travers des éditeurs sémantiques, bases de données XML natives, métadonnées et standards en vigueur. L'implantation discutée se base sur une architecture orientée services et l'utilisation de logiciels libres et *open source*.

Mots clefs: e-Learning, Services Web, XML, Interopérabilité des systèmes.

1. Introduction

L'enseignement en ligne (e-Learning) est un enseignement interactif suivi par télématique, c'est-à-dire par ordinateur et réseau informatisé. Le e-Learning combine les avantages de l'enseignement présentiel (interaction) et à distance (flexibilité) et évite leurs inconvénients [1].

L'objectif principal du e-Learning est d'améliorer la qualité de l'enseignement en ligne en introduisant un mode collaboratif de création et de diffusion des savoirs entre enseignants et étudiants et non de se substituer aux modes traditionnels d'enseignement. Les moyens pour atteindre cet objectif sont multiples, complémentaires et indépendants [5]. Un système e-Learning représente un ensemble cohérent de services, personnalisé et personnalisable, destiné aux activités des utilisateurs éducateurs. Un système de gestion de contenu pédagogique de type LCMS (*Learning Content Management System*) doit maîtriser une profusion de services (messagerie, agenda, cahier de textes, carnet de notes...), des ressources éparpillées (banque d'exercices, logiciels, outils pédagogiques, services documentaires...) et de nouveaux usages (partage de dossiers avec des collègues, documents de cours distants accessibles en présentiel et en distanciel, corrigés en ligne, organisation de la production numérique des apprenants, accès depuis le domicile...).

Nos études démontrent [6] qu'actuellement des centaines de plates-formes issues des milieux universitaires ou commerciaux sont présentées sur le marché du e-Learning. Ces systèmes sont

pour la plupart propriétaires et ne permettent donc pas de mettre en œuvre de façon automatisée une politique de partage et de réutilisation des composants pédagogiques (objets pédagogiques) ou des composants fonctionnels (applications). Les éléments pédagogiques sont souvent déposés dans des caches de serveurs basés Web, seul quelques systèmes disposent de "repository" de documents [7]. L'interopérabilité entre plates-formes s'avère actuellement très complexe, compte tenu de l'hétérogénéité des systèmes mis en œuvre.

Dans cet article nous traiterons de l'interopérabilité entre systèmes e-Learning basée sur les technologies innovantes des services Web, de la réutilisation des objets pédagogiques à travers des éditeurs sémantiques, bases de données XML natives, métadonnées et standards en vigueur. L'implantation discutée se base sur une architecture orientée services et l'utilisation de logiciels libres et *open source*.

2. Problématique et éléments de contexte du e-Learning

Les filières pédagogiques de toutes orientations sont confrontées aux difficultés de l'accès, le partage, la création et la diffusion de documents pédagogiques. Les besoins immédiats demandent l'application des standards en vigueur pour rendre les documents pédagogiques réutilisables en s'appuyant sur les technologies nouvelles de l'Internet pour assurer l'interopérabilité des systèmes e-Learning hétérogènes déjà en place.

Il existe aujourd'hui de nombreux projets dans le domaine du e-Learning. Les plates-formes existantes se ressemblent par leurs fonctionnalités et leurs multiples extensions. Cela est dû surtout au fait que les organismes de standardisation (LOM [2], IMS [3], SCORM [4]) concentrent leurs efforts sur la structuration et la réutilisation des documents pédagogiques en définissant un élément de base appelé objet pédagogique ou *Learning Object* (LO). Par contre, les problèmes du contenu de ces objets et la réutilisation des fonctionnalités des applications qui les animent ne sont pas traités.

Actuellement, les enseignants doivent gérer de nombreux documents pédagogiques, la plupart sous forme numérique. Ces documents, ayant souvent un contenu commun, possèdent des types et des formats différents (polycopiés, transparents, fichiers divers, documents en ligne, ...) et s'adressent à des publics variés (apprenants de différentes filières, stagiaires de formation continue, ...). La réutilisation des documents soulève parfois des difficultés à cause des outils incompatibles utilisés antérieurement. Le problème de la mise à jour cohérente de documents associés à un même contenu est encore plus difficile. De plus, l'échange, le partage ou l'élaboration en commun de documents pédagogiques (*objets pédagogiques*) entre enseignants ne sont pas aisés. La formation continue (fortement demandée), par exemple, nécessite de plus en plus la création de modules d'enseignement à la demande et sur mesure dont les contenus sont souvent éparpillés parmi des documents hétérogènes, donc difficiles à exploiter. Enfin, la formation tout au long de la vie impose de s'adapter au niveau et aux besoins de chacun [5].

Nos récents travaux répondent à un besoin existant de partage de compétences spécifiques et complémentaires pour promouvoir les progrès techniques (TICE) permettant, à présent, d'envisager des dispositifs d'apprentissage à distance sur Internet par le choix, la diffusion et le développement de logiciels libres pour la compilation d'une plate-forme e-Learning aisée à être diffusée, utilisée et administrée. Cela répond aussi à un besoin de faire promouvoir les concepts et les avantages d'un environnement e-Learning auprès des entreprises locales et de solliciter les organismes responsables pour les formations continues pour profiter d'une expérience acquise. Le partage des compétences complémentaires entre partenaires est une base de diffusion de connaissances dans des matières variées, ce qui facilite la création de bases de données distribuées de documents pédagogiques standardisés (LOM, SCORM) [8].

3. Les objectifs du projet Xesop-Jaxe

L'objectif principal dans notre projet, soutenu par AUF¹, est la réalisation d'un enseignement ouvert, collaboratif et à distance par l'implantation d'une plate-forme e-Learning basée sur des

¹ www.auf.org

logiciels libres en s'appuyant sur les technologies novatrices de l'Internet.

Cet objectif est assuré par la mise en place et le partage de contenus pédagogiques numériques pour l'enseignement supérieur dans les pays partenaires du Sud et de l'Est. Ce projet s'assortit d'un soutien à l'appropriation et à la transmission des compétences technologiques pour une meilleure intégration des TIC dans l'enseignement présentiel et la création de différents "*campus virtuels*" sur les sites des partenaires. En se basant sur les normes et les standards en vigueur dans le domaine du e-Learning (LOM, SCORM, IMS) et en s'appuyant sur des logiciels libres (*open source*), notre objectif de base est de mettre en ligne des dispositifs sémantiques de création et de gestion des ressources pédagogiques pour un enseignement ouvert et à distance avec un soutien de formation lié aux aspects d'administration des technologies. L'objectif de base comprend plusieurs objectifs spécifiques incluant ainsi le renforcement des compétences humaines, la promotion des contenus francophones, la diffusion des normes et des standards pour une meilleure gestion des processus d'enseignement en favorisant le choix et la diffusion des logiciels libres du domaine e-Learning.

L'objectif peut être atteint par la création d'objets pédagogiques interactifs dans un environnement de développement sémantique en s'appuyant sur les nouvelles technologies de l'Internet, à savoir les *Services Web XML* en considérant tout processus d'enseignement à distance comme un *e-Service*. Ce concept s'intègre facilement dans un système de gestion de contenu pédagogique (LCMS). Le choix dans l'espace des logiciels libres est abondant et pourrait s'effectuer suivant des critères préalablement élaborés par les partenaires. Ce choix contribue à la création des programmes d'autoformation, afin que les étudiants puissent réviser leurs cours ou approfondir leurs connaissances et que les enseignants les utilisent d'une façon complémentaire à leurs cours classiques. Par la suite progressivement se forme un niveau local des équipes de soutien aux enseignements, à l'administration des systèmes en favorisant leur travail collaboratif.

Notre plate-forme "*Xesop-Jaxe*" assure, par une structure sémantique conforme aux standards SCORM [4] et IMS [3], la création d'un contenu d'enseignement et la construction d'un parcours pour l'apprenant. Les éléments essentiels du projet consistent, d'une part, en des supports sémantiques pour la création, la présentation et le stockage des objets pédagogiques basés sur des technologies XML et, d'autre part, en des moyens pour la gestion du parcours de l'étudiant et l'exécution d'exercices à distance basés sur les Services Web. Notre *approche orientée services* pourrait fournir des avantages pour un grand nombre d'étudiants et de formations. En effet, de nos jours, les besoins de formation sont nécessaires tout au long de la vie professionnelle, à cause de l'évolution et des mutations technologiques.

Basés sur la conception des services Web, des moyens complémentaires de développement et de création de différents éléments multimédias de contenu de cours pourront être associés au système, suivant le choix et les préférences individuelles des partenaires. L'espace des logiciels libres propose un choix abondant et de qualité pour le traitement et la création du graphisme bitmap, du son, de la simulation, de tests et d'examens.

En fin, l'objectif de notre projet est de satisfaire les besoins de ce public en matière d'outils, de technologie, de stratégie pédagogique et de formation. La réussite de l'intégration des différents composants sous la forme d'*e-Services* passe par l'analyse des besoins généraux et spécifiques des différents acteurs.

Les besoins de l'enseignant consistent en : la création d'un contenu pédagogique multimédia, la création des parcours pédagogiques types ou individualisés et, finalement des moyens de suivi des activités des étudiants. Les enseignants intervenant dans une matière ont besoin d'échanger des objets pédagogiques pour la création, en collaboration, d'un contenu mieux adapté aux besoins d'un certain public ou d'une formation particulière.

L'étudiant de son côté a besoin de consulter en ligne ou de télécharger les contenus pédagogiques qui lui sont recommandés, d'effectuer les exercices qui lui sont soumis, de répondre à des questionnaires proposés et d'obtenir une évaluation de son parcours individualisé.

Les enseignants et les étudiants ont des besoins communs de communication mutuelle ou en groupe sous forme de thèmes de discussion et de collaboration sur des documents communs.

L'administrateur d'un système e-Learning installe et assure la maintenance de la plate-forme, gère les accès et les droits des uns et des autres, crée des liens avec les systèmes d'information externes (scolarité, catalogues, ressources pédagogiques, etc.).

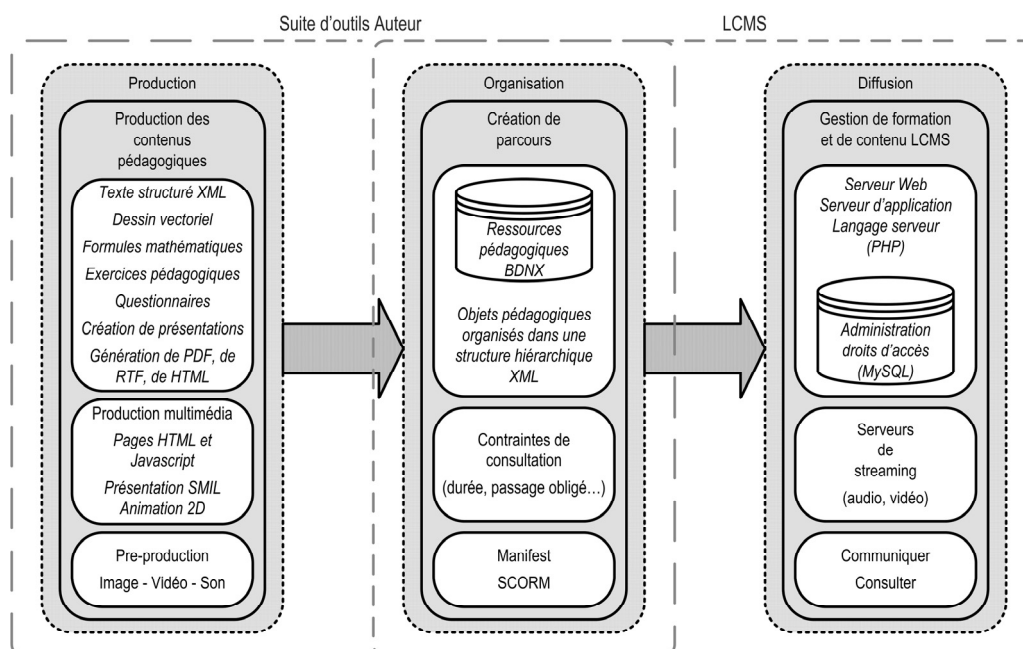


Figure 1 : Concept fonctionnel d'un système e-Learning

Une plate-forme e-Learning regroupe des outils (Figure 1) nécessaires aux principaux utilisateurs, à savoir l'enseignant (formateur), l'étudiant et l'administrateur (décideur). Ces dispositifs assurent la consultation à distance de contenus pédagogiques, l'individualisation et le suivi de l'apprentissage, et les interactions entre les trois types d'utilisateurs. Ainsi nous avons, d'une part, le système de gestion des contenus pédagogiques (LCMS) avec les outils de création et de stockage des documents pédagogiques et, d'autre part, le système de diffusion et l'environnement collaboratif de travail (LMS) manipulant les supports pédagogiques mis en ligne en accord avec la stratégie pédagogique adoptée et effectuant les interactions avec les étudiants. Dans notre conception ces deux systèmes peuvent être intégrés à la base des *métadonnées XML* et les technologies basées *Services Web*.

4. Architecture du système

L'architecture de notre système se base sur trois éléments essentiels: (1) un environnement sémantique de création de cours (voir Figure 2) issue du projet XESOP (*open source*); (2) un environnement LCMS (*open source*) permettant aux créateurs de cours de créer, stocker, réutiliser, gérer et distribuer des contenus pédagogiques pour les associer, les ordonner afin de construire un cours cohérent. Cette solution se base sur le choix d'un logiciel libre (Dokeos²) qui est conforme aux postulats des CMS: stockage des contenus dans un référentiel unique, séparation du contenu de sa présentation, interface d'administration, gestion des profils et des droits des utilisateurs, (3) l'élément technologique de cette solution est implanté par les nouvelles composantes des services Web pour assurer les interactions du modèle distribué de création et de stockage des ressources pédagogiques, le mode collaboratif de travail et l'interopérabilité avec l'architecture des systèmes existants (voir Figure 1). Notre conception peut être présentée fonctionnellement par le scénario suivant : L'auteur de cours crée ses objets pédagogiques à l'aide d'outils sémantiques, à savoir textes, équations mathématiques, graphiques vectoriels, questionnaires, exercices, etc. Le stockage de ces objets est possible dans

² www.dokeos.com

un format XML conforme à une structure de métadonnées préalablement définie par un *XML Schema*³ et en accord avec les standards e-Learning en vigueur. Cette grammaire atteste par la suite la conformité des documents pédagogiques créés et enregistrés dans une base de données XML native, ou bien sert à la "bonne formation" des différentes sorties générées à la demande dans des formats standardisés dans l'espace Web (XHTML, PDF, JPEG, ...). La réutilisation de ces documents dans un espace coopératif entre auteurs est assurée par le format natif (XML) de leur création et leur accessibilité par l'appel d'un service Web. Ainsi l'auteur d'un cours peut facilement intégrer des composants propres avec des composants disponibles dans la base d'objets pédagogiques initialement appartenant à un autre cours et créés par un autre auteur dans un autre environnement. L'intégration des données par les moyens des services Web apporte un potentiel reconnu. Ainsi, l'intégration de données pédagogiques avec des sources externes est facilement réalisable par les services Web à travers des *wrappers* appropriés.

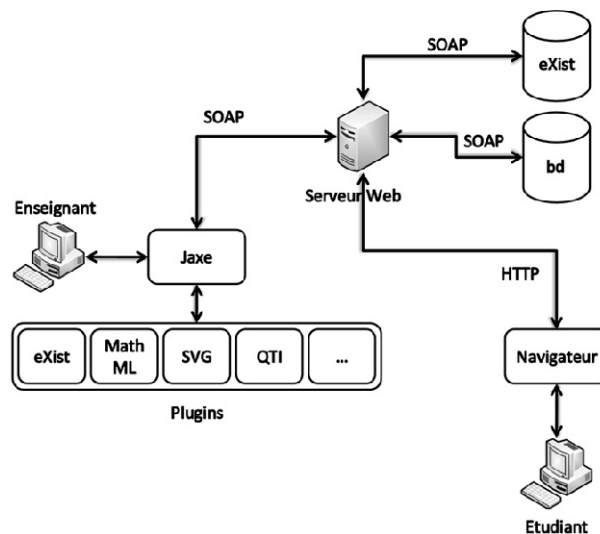


Figure 2. Architecture de base du système Xesop-Jaxe

L'apprenant, de son côté, après s'être identifié dans le système de gestion d'une formation choisi et avoir poursuivi un cours à travers des textes, questionnaires et exercices. S'il a besoin d'informations complémentaires il peut adresser une requête au système de gestion des services Web (SGSW). Ce système joue le rôle de médiateur entre les parties : auteur, formation et bases de données d'objets pédagogiques (BDOP). Le service approprié va rechercher les informations dans les bases de données connues et accessibles (*Interactions : SOAP - Serveur UDDI - WSDL - Service Web - Poste client*). Le résultat retourné est présenté côté apprenant dans un format approprié aux navigateurs Web (XML, HTML, PDF). Dans ce cas nous avons une intégration de données avec transformations de formats à partir de sources hétérogènes assurée par les technologies des services Web (Figure 2).

La plate-forme e-Learning proposée est adaptée par ses caractéristiques aux systèmes d'exploitation Windows et Linux. Les outils sémantiques sont développés en langage Java (Figure 3) en associant à une application autonome plusieurs plug-ins suivant les besoins des utilisateurs (Figure 2). Ces outils font partie des logiciels libres que nous proposons dans le projet XESOP. L'accès aux cours créés est assuré par une base de données XML native *eXist*⁴ qui est un projet *open source* et qui est déployée sous un serveur d'application *open source* *Apache Tomcat*⁵. Le système LMS *Dokeos* est distribué comme un logiciel libre et est un des meilleurs dans le domaine des CMS pour le e-Learning. Son fonctionnement se base sur un serveur Web (*IIS ou Apache*), base de données *MySQL*⁶ et interface utilisateur programmée en

³ xmlfr.org/w3c/TR/xmlschema-0/

⁴ exist.sourceforge.net

⁵ tomcat.apache.org

⁶ www.mysql.com

PHP. Les récentes versions du PHP proposent des fonctionnalités pour l'échange de messages SOAP.

4.1. Création de documents pédagogiques

L'analyse des besoins des principaux acteurs dans un environnement e-Learning nous a amené à la conclusion suivante : les enseignants ont besoin d'un environnement générique et standardisé, lié à des technologies nouvelles favorisant les échanges. La conception d'un tel environnement s'appuie sur l'existence de standards qui traitent la structure d'un document pédagogique (SCORM, IMS, LOM).

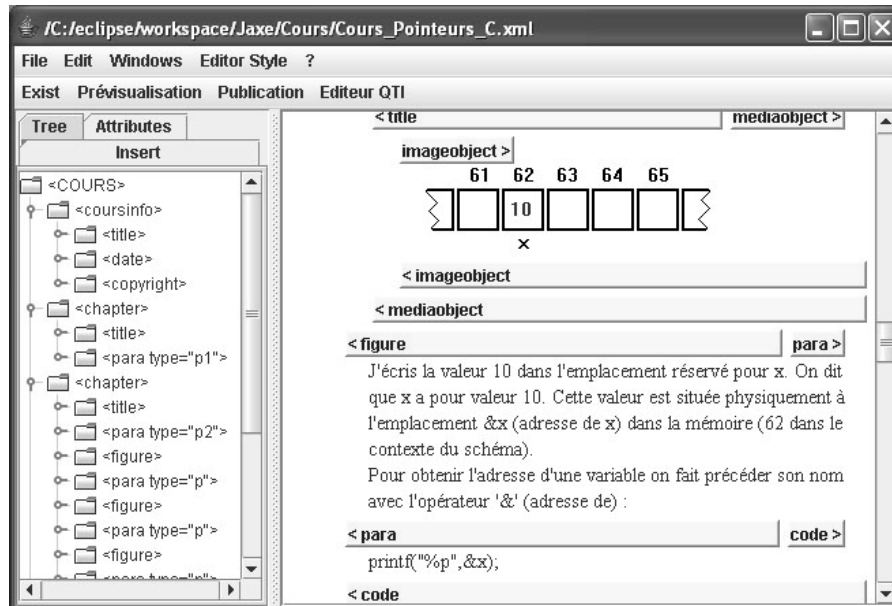


Figure 3 : Editeur sémantique XML de contenu pédagogique structuré

Il est rare qu'un document pédagogique soit constitué uniquement de texte brut fourni par un éditeur sémantique XML (Figure 3). Suivant les matières, des schémas, des formules mathématiques ou des informations sous forme de tableaux sont très souvent présentées. Les exercices et l'évaluation des connaissances des étudiants constituent un autre élément important qui fait partie d'une formation et impose aussi certains besoins. Pour satisfaire les divers besoins nous proposons des outils basés sur des métalangages XML très pratiques pour la conception d'un éditeur d'expressions mathématiques (*MathML*) et pour la création d'un éditeur de graphisme vectoriel (SVG) et un schéma pour la réalisation des tableaux. Plusieurs exercices peuvent être réalisés par des questionnaires de type QCM. Pour cela nous avons créé un plug-in pour la conception de questionnaires qui se base sur la norme IMS-QTI [9]. La création de graphiques de type diagramme est confiée à un plug-in de "*chart*". Le fonctionnement de ces plug-ins est rattaché à l'éditeur sémantique XML de base (Jaxe). Ainsi, les composants additionnels créent des objets pédagogiques XML qui sont directement insérés dans le document XML du cours. Ce document est enregistré localement ou forme l'arborescence d'une collection dans une base de données XML native.

4.2. Stockage des objets pédagogiques

Un cours est une collection arborescente d'objets pédagogiques créés au moyen des éditeurs sémantiques en format XML ou importés à partir d'autres systèmes conformes au SCORM. Dans notre conception, cela implique la création d'un entrepôt de cours pouvant être partagés et recherchés par plusieurs entités d'enseignement. Selon l'évolution de la matière, les enseignants peuvent éprouver le besoin de modifier le contenu d'un ou plusieurs cours d'un enseignement. Ainsi, le bon fonctionnement du système collaboratif nécessite le stockage des documents pédagogiques dans une structure commune et sémantiquement définie. L'utilisation d'une base de données contribue à une meilleure réutilisation et diffusion de ces documents. Le choix d'une base de données adaptée s'impose donc : nous avons opté pour une base de données XML native qui permet le stockage de documents XML dans leur format d'origine, sans

transformations (*mappings*). Notre choix, par opposition à celui d'une base de données relationnelle, s'explique par la nature même des documents pédagogiques qui sont en général de types narratifs c'est-à-dire orientés documents (*document-centric*) et non pas données (*data-centric*). Les systèmes LCMS existants stockent l'ensemble des objets pédagogiques d'un cours sous forme de répertoires et pages Web accessibles par un serveur Web et répertorient ces collections dans une base de données relationnelle. Cette technique ne facilite donc pas le travail collaboratif de l'équipe pédagogique dans le cas de partage et réutilisation de ces objets. Une procédure d'intégration des objets pédagogiques provenant de bases de données hétérogènes est mise en place. L'intégration est facilitée par le potentiel des services Web en tant qu'applications indépendantes et transparentes par rapport aux protocoles de transport et aux utilisateurs. Un service est engagé de traiter les requêtes *XQuery*⁷ et de transformer le résultat dans le format approprié du LCMS. Ainsi les apprenants reçoivent sur leurs postes de travail des séquences de pages composées à la demande ou en fonction de leur avancement et la stratégie pédagogique adoptée. Par contre l'inscription des apprenants, le suivi de leur avancement, leurs résultats et parcours individualisés qui forment le profil individuel sont traités dans une base de données relationnelle (MySQL).

4.3. Accès collaboratif basé services Web

L'accès collaboratif aux ressources pédagogiques distribuées est assuré par les technologies des services Web à travers un service d'annuaire UDDI (*Apache Axis*⁸). L'accès et l'exécution des exercices s'effectuent à travers des services Web par un simple navigateur sur le poste de l'étudiant.

Notre perception d'un système e-Learning est que cela représente une collection d'activités ou de processus qui agissent sur les étudiants et les objets pédagogiques définis par l'auteur du cours à travers une stratégie pédagogique. Ces processus peuvent être décomposés d'abord en éléments autonomes et par la suite réalisés et proposés sous forme d'*e-Services*.

La décentralisation des fonctionnalités d'un système e-Learning classique passe par la conception des composants de services Web. En effet, dans un système distribué les objets pédagogiques ne peuvent pas être simplement importés dans un système de gestion d'enseignement (LMS – *Learning Management System*). Ils doivent être importés à la demande. Une telle vision des choses demande de combiner les aspects techniques avec les efforts récents de standardisation dans le domaine de gestion du contenu d'apprentissage visant à l'échange de contenu et à sa réutilisation efficace (*IMS Content Packaging* [3]). La publication et la recherche des objets pédagogiques peuvent se faire dans un cadre UDDI. Ses caractéristiques assurent le stockage de données concernant la description des objets pédagogiques, c'est-à-dire, des *métas-informations*, alors que le contenu réel de ces mêmes objets pédagogiques est gardé dans des sites distribués des auteurs de cours ou des intervenants d'enseignement. En utilisant un tel schéma fonctionnel, le contenu pédagogique serait publié et organisé pour être échangé, et serait accessible dans un environnement basé sur des services Web.

Dans un système e-Learning la variété des dispositifs et des composants peut être perçue comme une variété de processus, et par conséquent, réalisée en tant que services Web atomiques ou composés. Notre conception se base sur une liste non exhaustive des différents composants d'un système e-Learning : conception d'un contenu pédagogique ; publication d'un cours à partir d'un contenu choisi ; gestion des objets pédagogiques ; mise à jour d'un contenu pédagogique ; adaptation d'un contenu sur demande ; recherche et présentation d'un contenu pédagogique ; inscription d'un étudiant et gestion de son compte et de son profil ; évaluation des connaissances acquises, mise en place et gestion d'une classe virtuelle ; gestion d'un système de communication synchronisé de type *chat*. Ainsi, son fonctionnement est décomposé en différentes activités ou groupes d'activités qui peuvent être mises en application de façon indépendante sous la forme de services. Le fonctionnement intégral d'un système peut être reconstitué par une composition appropriée des services définis et choisis. Notre conception dégage une activité (tâche) centrale. D'une part cette activité assure la création d'un contenu d'enseignement et d'autre part la construction d'un parcours pour l'apprenant. Le parcours définit

⁷ www.w3.org/TR/xquery/

⁸ ws.apache.org/axis/

un cadre temporel et une organisation pour les activités d'apprentissage des étudiants. A cette activité principale nous pouvons ajouter la construction de liens entre les parcours et des documents externes, la création de tests (questionnaires) et d'exercices, des moyens de communication synchrones ou asynchrones. Les plates-formes en général n'autorisent l'intervention que d'un seul créateur de cours, ou alors elles autorisent plusieurs créateurs, mais sans gestion du partage dans ce cas. Cela veut dire que le mode collaboratif de création des cours est rarement disponible : cela est dû, à notre avis, surtout aux technologies informatiques utilisées dans ces plates-formes. L'administration des documents pédagogiques est une fonction distincte de leur création et concerne les procédures de stockage, de recherche, de partage et d'importation des documents pédagogiques. La gestion des évaluations assure des fonctionnalités permettant de procéder à des évaluations et d'administrer les résultats de ces évaluations. La gestion d'un parcours SCORM est présente sur la plupart des plates-formes : des ressources pédagogiques organisées de manière hiérarchique, avec (éventuellement) des contraintes de consultation (durée, passage obligé...); packager sous forme d'archive comprenant les ressources pédagogiques et un fichier XML (*Manifest*) décrivant l'organisation du parcours

5. Conclusion

Les systèmes de gestion de contenus pédagogiques (LCMS) dans leur ensemble sont orientés vers l'application d'un modèle centralisé de client-serveur par le biais des portails d'accès suivant les privilèges des auteurs, enseignants (formateurs), étudiants et administrateurs. Nous développons ce modèle en introduisant un concept distribué d'accès aux ressources pédagogiques par les moyens des services Web (SOAP, WSDL, UDDI).

En général, la faiblesse des plates-formes e-Learning provient du manque ou de l'insuffisance d'outils pour la création de documents structurés et sémantiques dans l'enceinte même du système en utilisant des transformateurs d'importation de formats externes (document Word, présentation Power Point, fichiers HTML, etc.). Nous proposons des outils sémantiques pour la création et le stockage des objets pédagogiques dans leur format d'origine (XML).

Les quelques projets en cours utilisant le modèle distribué des services Web emploient les "gros moyens" des systèmes d'entreprises dont le coût d'installation, d'administration, de maintenance et de formation reste élevé et long à appliquer dans le temps. Ces projets se basent sur des solutions industrielles et commerciales. Par contre, notre proposition reste centrée sur le modèle distribué des services Web par l'implantation de solutions libres et standardisées par des logiciels *open source* tout en restant ouvert en préservant la possibilité de futures extensions et modifications suivant l'usage spécifique.

Références

1. CNDP-CRDP, Des ressources pour enseigner, <http://www.cndp.fr>.
2. IEEE LOM, Draft Standard for Learning Object Metadata, IEEE 1484.12.1-2002.
3. IMS, "IMS Content Packaging Best Practice Guide", IMS Global Learning Consortium, Inc., Version 1.1.3, June 2003.
4. ADL Sharable Content Object Reference Model (SCORM) 2004, <http://www.adlnet.org/>.
5. Ivan Madjarov. "Des services web pour le e-Learning", e-TI, Premier Numéro, 28 octobre 2005, <http://www.revue-eti.net/document.php?id=354>.
6. Ivan Madjarov, Bogdan Shishedjiev, *A Collaborative and Adaptive Authoring Environment for an e-Learning System*, in : Second International Scientific Conference "Computer Science", TUS, Vol. II, pp. 117-122, 30th September – 2nd October 2005, Chalkidiki, Greece.
7. A. Alibert, Ph. Vidal, Ph. Baque, D. Marquie, *Vers l'interopérabilité de plates-formes de FOAD : une solution d'ouverture*, Institut de Recherche en Informatique de Toulouse et Centre Inter Universitaire de Calcul de Toulouse, 2003.
8. Ivan Madjarov, Abdelkader Betari, Zohra Bakkoury. "Web Service Based Remote Development Environment for an e-Learning System". ICHSL5/CAPS5 Fifth International Conference on Human System Learning, Marrakech, Morocco, 22-25 November 2005, Vol. Human System Learning Who is in control, edited by: Khaldoun Zreik et al., Europia, Paris, pp 79-95, November 2005.
9. IMS Global Learning Consortium: IMS Question & Test, <http://www.imsproject.org/question/>.