

Organic Aggregation of Knowledge Objects in Educational Systems

by Gilbert Paquette and Ioan Rosca

Center for Inter-university Research on Telelearning Applications

CIRTA-LICEF, Télé-université, Université du Québec

4750 avenue Henri Julien, bur. 100, Montréal, Québec

Telephone: (514) 840-2747, ext. 2292

Email: gpaquett@licef.teluq.quebec.ca

irosca@licef.teluq.quebec.ca

Abstract

We propose an organic approach to an educational web-based system where learning objects, operations on these objects, and actors that perform them are aggregated in meaningful ways. The users of a learning system must be able to observe it globally, at different levels and from different viewpoints. They must be able to propose adaptations and improvements constantly using means of observation integrated with the means of action. For this, we need to provide inspectable and executable models of the learning system, to be used as prisms for understanding and control of operations. We propose reference these models with educational ontologies developed for instructional engineering. The implementation of these ideas in the Explor@-II LCMS provides examples. Conversely, the next implementation will benefit from the discussion presented here.

1. Introduction – An organic metaphor

Web-based distance education systems are complex. As mentioned by many authors [Harasim 1990, Paquette 1995, Rosca 1999], these systems integrate many interrelated processes, aggregate a large set of components and can be considered from a wide range of viewpoint, paradigms and disciplines.

We agree totally with those who seek to approach the learning object¹ referencing and aggregation problems from a pedagogical perspective [Koper 2001, Wiley 2002]. We believe that instructional engineering [Reigeluth 1993, Merrill 1994, Spector 1993] has much to offer on this question and our own R&D work on the MOT knowledge editor [Paquette 1996,1999], on the MISA instructional engineering method [Paquette et al 1999], and on its ADISA web-based support system [Paquette et al, 2001] has convinced us of the complexity of the problem and of the need to develop an optimal strategy for the aggregation or learning objects.

With [Wiley 2002], we disagree with the simplistic LEGO metaphor used by many specifications to represent the combination of learning. Wiley proposes an atom-molecule metaphor that suggest that learning objects cannot be assembled with any other learning objects and that they have, according to their internal structure, a certain limited potentiality to combine with others.

¹ In this article, we will use the terms learning objects, knowledge objects and resource as synonyms, but we prefer the term resource, or more precisely *learning system resource* because it embeds resources intended for designers, managers, trainers as well as learners, and also because the resource can be a knowledge object (embedding content) as well as a tool or an agent representing actors or categories of persons, and the operation or function they perform.

This metaphor is better but it is still insufficient. Learning object aggregation of two components do not result by mere reaction between them. To use a chemical reaction metaphor, we must consider not only the component objects, but the operation and the actors that produce the aggregation. Considering the anatomy of the aggregation system is not enough. We must also consider its physiology, its dynamicity.

For this, we need an organic metaphor where cells combine to form organisms, where the whole is greater than the parts and include a coalescent layer produced by an operation performed by an external agent, here a designer or a user.

Here is the purpose of this paper. How can we help a designer, including a learner acting as his own designer, to create a macro-organism from microorganisms? How can such a designer observe, represent and plan a dynamic process, a metabolism, at the same time he builds the underlying structure of learning objects?

2. Granularity and types of aggregation

At the heart of this general organic approach is the problem of knowledge object aggregation. This is an important educational goal. Small modular learning objects have nice software properties, but they tend to decompose knowledge into non-significant pieces in a Taylor-like fashion. Furthermore, the information resources must be related to the operations and the persons enacting them. Learning objects need to be integrated into larger wholes that make sense to their users.

What are the desirable properties of interoperable learning objects? They must sufficiently complex to be autonomous and useful, yet simple enough to easily integrate as a part. The ideal object behaves like a complete organism when alone and as a well-integrated being when aggregated as a part. It must have its own autonomy, the connectivity potential to combine physically or through communication, an encapsulation capability through an interface that concentrate its external relationships and some plasticity, that is the ability to adapt to the evolution of the aggregate.

To these intrinsic properties, we must add « economic » requirements such as the optimisation of the engineering process and the reproducibility of the learning objects. A good component can be reused easily, in many situations and with functionality gains. This is sometimes called « content repurposing ».

To satisfy all these requirements is not easy. A « stratification » strategy, organizing the aggregation of learning objects in layers can help reduce this inherent complexity. The analysis of aggregation strategies demands a sound conceptual basis, a specific terminology, the identification of primitives and some convention for the description of aggregation formulae.

We will discuss here different forms of aggregation we have built or prototyped while developing the Explor@-II system []. They represent a continuum of aggregation solutions that can be combined. We do not pretend that this is an exhaustive typology, but we hope it will illustrate the organic approach to the aggregation phenomena. It should also put forward the advantages of the types of aggregation already implemented within the system.

2.1 Fusion or juxtaposition

Dans un premier modèle d'agrégation, plusieurs ressources sont utilisées pour former un objet pédagogique unique. Des sections des documents (de divers types) sont combinées dans des documents de synthèse unimédia ou multimédia. Des sections des sources, des exécutable et des composantes informatisées sont utilisées pour produire une nouvelle application informatique. Les morceaux sont imbriqués sans modification (juxtaposition) ou sont modifiés (fusion) pour qu'ils participent à l'objet composé.

On doit gérer raisonnablement le problème de la réplication et de l'intégration car dans la fusion, certaines composantes peuvent être modifiées et ne plus être intégrables telles quelles dans leur milieu original. Il faudra aussi prévoir les modifications en parallèles de la composante et de l'agrégat lors des révisions ou des réingénieries ultérieures. Par exemple, dans Explor@, nous avons développé plusieurs outils pour les concepteurs ou les utilisateurs qui peuvent être assemblés dans l'environnement. Notamment, un outil par lequel les participants se présentent aux autres est utile dans la mesure où ceux-ci peuvent les voir dans un autre outil, le « profil de groupe », donnant accès aux présentations de tout le groupe. Il est clair que des modifications au premier outil entraîneront des modifications à l'outil « profil de groupe ».

2.2 Composition and referencing

Dans un autre modèle au contraire, les composantes ne souffrent pas de modifications, mais sont déposées telles quelles dans une collection, dans un regroupement qui un sens. On peut par exemple mettre ensemble tout les outils nécessaires pour une communauté comme dans le gestionnaire des ressources Explor@, ou seulement ceux nécessaires pour satisfaire un certain rôle dans le système dans les environnements d'acteurs (palettes) Explor@. Le caractère unitaire de l'ensemble peut être le résultat d'une simple convention d'utilisation, mais en général il est matérialisé par des catalogues, menus, palettes etc. qui s'ajoutent aux composantes comme couche de surface de l'agrégat qui donne accès aux composantes. On peut aussi faciliter la tâche de repérage d'un sous-ensemble de la collection (« recordSet ») correspondant à certaines critères à l'aide d'un moteur de recherche opérant sur une base de fiches signalétiques. The file can be built by simply using Learning Objects Models (LOM) specifications to retrieve and reference in the LOM the aggregated object and the component objects.

2.3 Control and filtering

Dans ce troisième modèle, l'agrégation comporte un objet A appelé maître (« master ») qui contrôle un ou plusieurs objets B appelés sujets (« slave »). Ceux-ci ne perdent pas leur intégrité mais sont « couverts » par A, qui agit comme un filtre interposé entre l'utilisateur et les composantes sujets « esclaves ». On arrive donc ici à une agrégation par contrôle de l'accès comme dans le contrôleur de ressources Explor@. Dans un cas simple, le contrôleur (« maître ») n'est qu'un levier pour préparer (paramétrer, adapter) la composante B avant de la lancer en utilisation. D'autres fois le rôle du contrôleur pendant l'utilisation est plus grand. L'objet maître peut intercepter et mémoriser des actions des composantes, insérer des ordres et des conseils préfabriqués ou construit dynamiquement, fournir une aide à la tâche etc.

Notre projet est de concevoir ici des objets contrôleurs pour certaines opération d'agrégation bien précises, par exemple lorsque les composantes concernent la communication par email ou des actions dans un fureteur. Mais on peut également concevoir des contrôleurs génériques capables de prendre en charge (d'agréger) une plus large gamme de ressources. C'est le cas notamment des « shells » pour les agents conseillers, les systèmes d'opération, les LMS et les LCMS). Dans ce sens, nous pouvons voir les système Explor@ lui-même, ainsi que ses principaux modules, comme des objets d'agregation des ressources.

2.4 Scripting

Un quatrième modèle d'agrégation requiert des opérations de scripting de la part d'un agent humain. Un concepteur planifie une série d'opérations à l'aide d'un éditeur qui décrit l'ordonnancement en format texte, hypertexte ou graphique. Le document plan, généralement en format XML, sert d'intrant à un objet agrégateur qui implante le plan. Ce plan des opérations, le script, contiendra généralement des liens facilitant le lancement des objets composant l'agrégat.

Plutôt que de simplement lancer les objets ou les outils nécessaires, on pourra le faire par l'intermédiaire d'un objet contrôleur, combinant ainsi le présent modèle avec le modèle précédent. Par exemple dans le système Explor@, un concepteur dispose d'un outil lui permettant de décrire un scénario d'activités d'apprentissage et de lier les activités à des ressources. Dans l'environnement apprenant correspondant, l'utilisateur peut lancer ces ressources, mais aussi répondre à des questions, recevoir des conseils, etc.

In the aggregate, we call the rote components “primary objects», the control component, “secondary object”, and the script or plan, “tertiary object”. Key to the learning objects’ repurposing issue, including multilingual support, is to develop adequate means for representing the objects at different levels of granularity and abstraction, and to support the sequencing, alternation and aggregation of learning objects into a meaningful instructional whole. Figure 1 illustrates the three levels of objects. Primary resources will be first analyzed by a programmer or a technician to produce secondary resources for a designer. The designer will script primary and secondary resource to create tertiary resources for an instructor. These three types of resources will be made available to different kind of users through a *function model*, the subject of the following section.

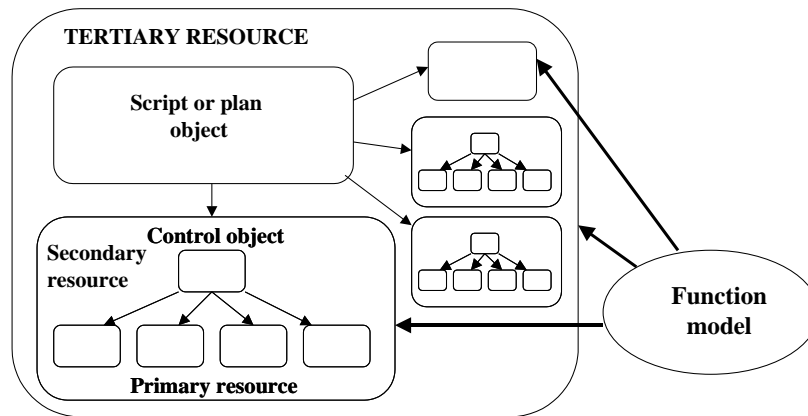


Figure 1 – Encapsulation of primary objects into secondary and tertiary objects

2.5 Coordination (emergent aggregation)

La planification de l'agrégation pédagogique n'est pas toujours possible ni toujours souhaitable. Les acteurs participant à un événement d'apprentissage peuvent interagir pour définir le métabolisme intégrateur de façon émergente. Le simple fait de faciliter la communication et le partage ne seront pas toujours suffisant pour que les participants arrivent aisément à une convergence et pour qu'ils la conservent.

Our aggregation proposal here is what we call a “function model”. Such an inspectable and executable model aggregates resources used or produced by users, with operations that these users perform and possibly other functionalities such as a data entry form, a communication link or some assistance services. A learning activity scenario, a competence evaluation scenario or a resource management scenario, are all examples of a coordination model. These models are dynamic interfaces where a person can use resources to enact an operation and produce new resources for him/herself or others. These coordination models can group operations according to a typical actor’s role such as a learner’s information consulting activities or a trainer’s evaluation or coaching activities. They can also group operations for multi-actor coordination such as an author building a test, a learner passing the test, a trainer evaluating the test, the learner again reorganizing his/her study plan.

3. Inspectable and executable function models

Une question fondamentale se pose : qui peut faire naître et vivre une macro- ressource pédagogique? Nous avons vu plus haut qu'elle peut être conçue par un auteur muni d'outils d'édition et mise en fonction par un utilisateur. Elle peut aussi résulter d'une émergence au sein d'une communauté munie des outils de communication, de négociation et de coordination.

Peut-on aussi réaliser les opérations essentielles d'agrégation de façon mécanique ou automatique, tel que proposé parfois par l'industrie de la formation informatisée? Pour le moment, tout en observant avec intérêt les efforts en intelligence artificielle et en les utilisant jusqu'à un certain point, nous partageons les réserves exprimées en plusieurs milieux. Le motif principal est que la couche qui enveloppe les objets composantes de la ressource globale doit matérialiser une pédagogie, donc avoir un caractère créé et non pas déduit automatiquement de spécifications à priori. L'approche que nous proposons est une symbiose entre les capacités complémentaires des agents humains et artificiels pour faciliter l'agrégation des ressources.

3.1 Coordination models and reality

Cette solution demande que les descriptions des formules d'agrégation des objets et des processus soient lisibles autant par les humains (critères sémiotiques et ergonomiques) que par les programmes informatiques (critères techniques). La recherche d'un « dénominateur commun » entre ces descriptions nous a amené à utiliser un système de représentation graphique comme MOT qui assurent une lisibilité duale. Les graphes représentant structure interne de l'agrégation (nœuds et liens) peuvent être traduits en format XML ou relationnel interprétable par la machine qui peut surveiller la manipulation des parties ou l'avancement dans la réalisation globale. La représentation graphique de la même structure, enrichie de commentaires textuels, offre aussi une interface à l'acteur humain. On arrive ainsi à une idée clef : *l'utilisation du modèle d'une agrégation comme support pour l'agrégation effective.*

Observons la paire formée par un phénomène réel de coordination dans un système d'apprentissage et sa description dans un modèle de coordination. Les composantes réelles sont reflétées par des composantes images dans le modèle, l'agrégat étant représenté par le modèle. Si on a réussi une bonne correspondance entre le réel et le modèle, un morphisme inspiré, il est possible que certaines phénomènes soient plus faciles à observer sur le plan de l'image que dans la réalité.

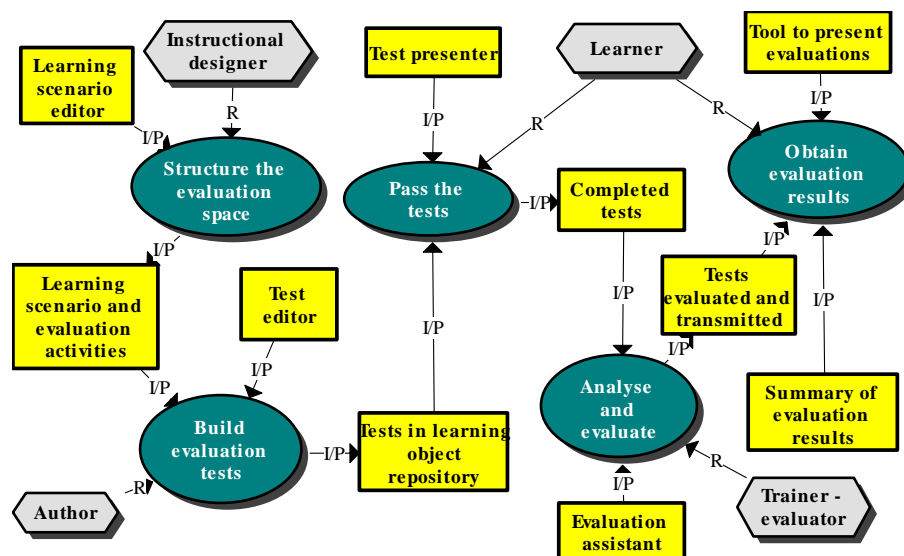


Figure 2 – An inspectable and executable function model for the evaluation process

Par exemple, un graphe tel que celui de la figure 2, représentant un processus composé de plusieurs procédures imbriquées, de leurs intrants et de leurs produits, facilite l'observation du processus, lequel, à cause de l'étalement, dans le temps, est difficilement analysable de façon directe. Si le modèle succède à la réalité (une description à posteriori de ce qui s'est passé) le gain peut être une meilleure compréhension de l'expérience passée, ce qui peut influencer l'action future. Si le modèle est préalable à l'action (un plan, des spécifications), le gain est la capacité d'orienter les opérations réelles des acteurs dans une direction favorable à une bonne gestion des connaissances. Si le modèle se construit dans l'action, de façon émergente, on retrouve, particulièrement pour la formation en milieu de travail ou l'apprentissage par projet, le dynamisme nécessaire aux communautés d'apprentissage. Par ailleurs, lors de l'utilisation du modèle une boucle cause- effet-cause peut se constituer, un acteur produisant une nouvelle ressource, parce que le modèle lui permet de situer le contexte de son action. Une agrégation globale modèle-réalité a eu lieu..

Si les acteurs peuvent communiquer, lancer des ressources, déclencher des opérations en agissant sur le modèle de l'agrégation- utilisé comme interface-, le modèle devient la couche qui matérialise, qui lie, qui définit la ressource composée. Une page qui décrit une série de documents reflète une collection mais si on lance les documents à partir d'elle, elle devient une couche d'agrégation effective. Un graphe MOT actif, avec des liens contrôlant les ressources et la communication, peut matérialiser une agrégation des structures et des processus, devenir la capsule qui les englobe. Un modèle de diffusion [Paquette et Rosca, 2002] est une agrégation. Nous le voyons comme un mini-LMS ou LCMS éditable, pouvant à son tour être agrégés avec d'autres LMS ou LCMS.

3.2 An aggregation facilitator

Le rôle d'un système comme Explor@ est de faciliter l'agrégation des objets, des opérations et des acteurs en utilisant les différentes formules d'agrégation présentées plus haut. Tel qu'illustré sur la figure 2, l'utilisation des modèles de fonction (ou de diffusion) comme interface d'agrégation n'est pas toujours nécessaire ou utile. D'autres outils de facilitation de l'agrégation comme un contrôleur de ressources, un éditeur de menus par rôles d'acteur et un moteur de recherche dans une base de fiches de métadonnées font aussi partie de l'arsenal d'agrégation. Le but de tous ces outils est d'aider les acteurs à repérer les composantes, à négocier leur utilisation, à les mettre en fonction dans un contexte technique et conceptuel adéquat.

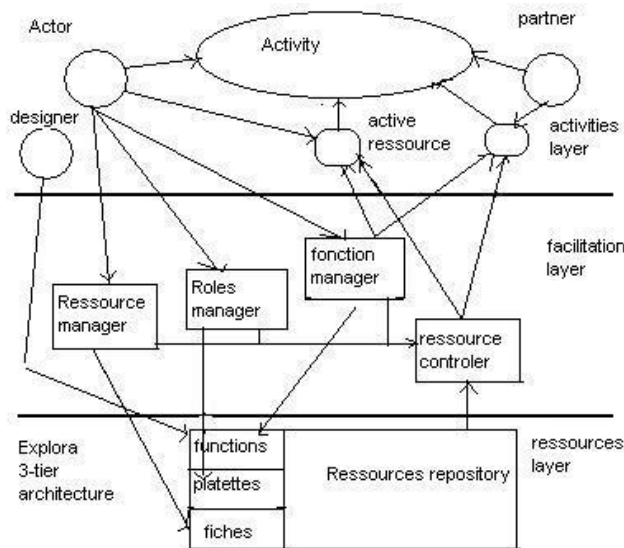


Figure 3 – The main modules of the Explor@ facilitation layer

Cette couche de facilitation de l'agrégation du système EXPLORA se situe entre la couche des utilisateurs en activité et leurs interfaces et la couche des ressources. Cette dernière contient les fichiers disponibles dans un ou plusieurs répertoires d'objets : documents, outils, menus ou palettes prédéfinis, modèles de fonction, ainsi que leurs fiches de métadonnées.

Un effort particulier a été consacré à la spécialisation de la communication suivant les grands axes des échanges dans un système d'apprentissage. Les différents acteurs, experts de contenu, formateurs, techniciens et gestionnaires utilisent des langages différents et interviennent dans des phases différentes de la vie des objets d'apprentissage. Selon les acteurs, le même objet peut être nommé information, leçon, fichier ou document. Il vaut la peine de chercher un langage et des interfaces spécialisés pour soutenir les interventions des divers types d'acteurs, tout en assurant leur traduction mutuelle pour préserver la cohérence générale.

C'est ainsi qu'a pris naissance l'idée d'envelopper les ressources ou objets primaires par une couche secondaire de contrôle qui assure une interprétation unitaire par la machine virtuelle Explora. A leur tour, les ressources secondaires sont enveloppées dans des couches de traduction tertiaires offrant un langage propre à diverses catégories d'utilisateurs. Le technicien se concentrera sur la programmation de l'objet primaire pour assurer la fonctionnalité définie pour l'objet secondaire de contrôle, offrant ainsi des primitives de scripting, tandis que le pédagogue composera une agrégation en partant d'une ressource abstraite (secondaire) et en scriptant des fonctionnalités des composantes exprimées dans le langage de son choix. Quant à l'utilisateur final, apprenant, formateur ou gestionnaire, il utilisera des cartes de fonction lui permettant de consulter des ressources primaires, secondaires ou tertiaires qui ont été associées aux nœuds.

4. Knowledge referencing of objects, operations and actors

Parmi les champs de la fiche signalétique regroupant utilisée par un gestionnaire des ressources pédagogiques, on retrouve des métadonnées qui caractérisent le contenu, la sémantique de l'objet. Si on ne se résume pas à une description du contenu en langage naturel, on doit permettre une description structurée, une indexation qui pointe vers un thésaurus, vers une ontologie de référence. De même façon, le gestionnaire des opérations et des fonction doit avoir des champs qui indexent le contenu des activités en fonction des connaissances qui y sont traitées. Il est naturel de penser à une ontologie de référence commune car les ressources et les activités sont liés comme éléments des cartes de fonction. Cette observation est valable aussi pour la description des acteurs : l'indexation de leurs compétences peut utiliser la même ontologie de référence que les ressources et les activités. Tels qu'indiqué sur la figure 4, nous proposons d'indexer les compétences des acteurs, les ressources et les activités avec la même ontologie.

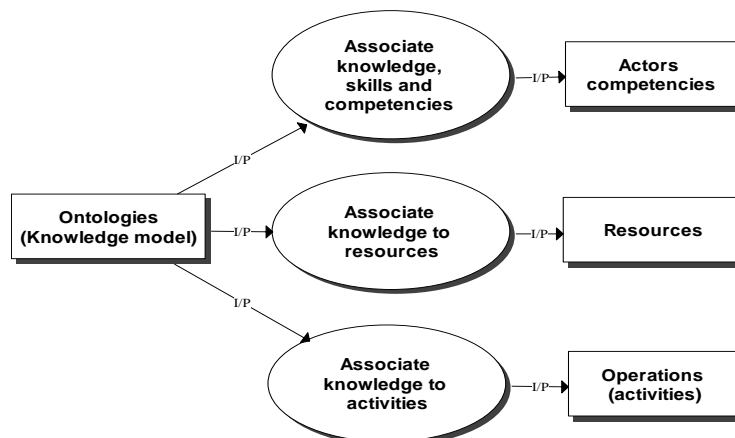


Figure 4 – Knowledge referencing of resources, operations and actors

Le recours à un même référentiel de connaissances facilite la communication entre les agents des acteurs, des ressources et des activités qui opéreront dans le cadre d'un modèle de fonction. Il permet la formation de « recordsets » qui réunissent les objets, les activités et les experts pertinents pour l'apprentissage d'un certain sujet. On pourra par exemple interroger la banque des ressources pour un certain sujet et obtenir trois objets d'apprentissage de différentes tailles à consulter, deux experts de contenu avec qui communiquer et quatre activités à faire pour apprendre sur le sujet. Cette indexation par un même référentiel de connaissances permet aussi une réaction régulatrice dans le corps d'expertise globale du système d'apprentissage; si l'utilisateur d'une ressource signale des lacunes dans l'ontologie décrivant les connaissances, ses observations pourront permettre de compléter les objets, les activités ou les personnes disponibles, de façon à compléter l'ontologie et les ressources correspondantes.

En observant le tissu créé par une référence sémantique commune entre les gestionnaires des objets, des activités et des experts on remarque une forme d'agrégation qui illustre la subtilité des échanges pédagogiques dans un système intégré. Cela met en évidence le caractère agrégateur d'un langage et d'interfaces partagés par une communauté de pratique, ainsi que l'importance de situer cette agrégation dans l'optique du Web sémantique [Berners-Lee et al, 2001].

Un tel référencement des diverses ressources d'un système d'apprentissage par un modèle des connaissances a été réalisé dans la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) et partiellement implanté dans le système d'ingénierie pédagogique ADISA [Paquette et al 2001]. Ce système permet d'associer explicitement des sous-modèles de connaissances sur les axes pédagogiques, médiatique et de diffusion, soit respectivement aux activités, aux objets d'apprentissage et aux rôles d'acteurs d'un système d'apprentissage en cours de planification.

5. Explor@ as a set of interoperables LMSs

Les composantes de la machine virtuelle Explor@ sont modulaires, pouvant être utilisées indépendamment l'une de l'autre. Elles sont aussi décomposables en modules qui peuvent être intégrées ou non dans une implantation particulière. Le but ici est de créer un ensemble de petits LMS pouvant s'interfacer, en tant que ressources agrégées, avec d'autres LMS, plutôt que d'ajouter une autre LMS à la quelque centaine qui existent actuellement dans le marché.

In fact, each function model or scenario is a specialized learning management system (LMS). We can group these LMSs into larger wholes to form a more or less complete LMS, if we see them also as learning objects that can be aggregated. This nice plastic property makes possible that a system like Explor@ can flexibly integrate part of its operating components with other LMSs or distance learning platforms.

On intègre ainsi les concepts de « Learning Objects Repository », « Learning Management system » et « Learning service provider ». Il peut être utilisé de façon autonome, pour satisfaire la clientèle distribuée d'un campus virtuel, d'une communauté de pratique etc. L'architecture ouverte met l'accent sur l'intégration dynamique et flexible des formes de composition et de support à l'agrégation. À cause de sa modularité, Explor@ peut aussi être utilisé comme système de support pour un LMS externe qui aurait besoin de certains de ses services. La combinaison entre Explor@ et le LSP qu'il renforce peut être réalisée par intégration des architectures ou par des liens dynamiques, à condition qu'un protocole d'échanges des données et des méthodes soit établi et respecté. Pour faciliter cette interopérabilité, Explor@ utilisera des formats de données exportables (XML), offrira des interfaces pour l'appel externe des services au moyen d'une couche de fonctionnalités abstraite dans les objets secondaires, couplable à des outils externes qui appelleront ces fonctionnalités.

L'architecture d'Explor@ sera donc basée sur un «BUS» de services interne qui lie les modules clients et les modules fournisseurs. Cela permettra à Explor@ de s'insérer naturellement dans un réseau de répertoire d'objets d'apprentissage et d'outils d'agrégation. Il offrira au réseau externe

des services de composition et de gestion de macro-ressources, utilisant de façon appropriée les autres fournisseurs de services accessibles.

C'est là une conséquence de notre approche organique. La décision de faire de Explor@ une cellule dans un vaste ensemble a généré une préoccupation pour des standards permettant la communication avec les autres parties du tissu qui l'englobera. Sans perdre sa capacité de travailler de façon autonome, Explora deviendra interopérable dans un réseau de Learning object repositories en utilisant pour la description des ressources des normes comme LMS, CANCORE, AICC etc. Pour l'interopérabilité avec les Learning Management Systems, Explora participera aux efforts pour normaliser les formules descriptives des agrégations et des métabolismes des macro-ressources.

A promising alternative to static aggregation is the Web services approach [Kreger 2001] that integrates objects through communication methods. This dynamic form of integration leaves the objects in their actual locations, while making use of some or all of their services whenever needed by other objects. This approach enables the objects to change dynamically their linkages while turning around the practical difficulties that arise when one starts using an object outside its original context. In line with the new heavy trends encouraged by major players like IBM and Microsoft, Web services use HTTP and XML standards as an exchange language between objects, the SOAP protocol for requests to services, WSDL for the declaration of services and the UDDI registration scheme to track down services on the network

Nous considérons que les nouvelles tendances dans le monde des infrastructures télé-informatiques, au-delà des détails techniques, émanent d'une conscientisation du caractère organique des systèmes. On recherche de plus en plus une agrégation des objets par des moyens souples et dynamiques. La communication à distance entre les composantes, élimine le besoin de fusion morphologique qui pose des redoutables problèmes techniques.

Conclusion

If learning objects are to be single-purposed, of use only in a single context, and only appropriate to a single level of granularity and abstraction, then the value of learning object repositories will be seriously impaired. The learning object is a raw material that can be used in different ways. It is the activities you do with it and their integration in meaningful scenarios or functions that count. For this, we need a very flexible educational operations system that goes beyond fixed distance education platforms and LMSs, and that can complement other platforms or LMS by providing new repurposing capabilities. The instructional operation system Explor@ allows this type of approach because of its flexibility. Analyzing a recent review of distance learning platforms [Harmbrech 2001], we have noticed that the current platforms are designed for predefined actors, usually providing a fixed set of tools and resources for an author, a learner, and sometimes, a trainer.

The open and versatile framework presented here allows for any set of actors without predefining the functions or roles. It allows the implementation of interactions between actors using resources dynamically related to the operations the actors perform in the system. Hence, within the same system, by aggregating resources and functions, it is possible to build quite very different distributed learning systems such as electronic performance support systems (EPSS) integrated in a workplace activity, communities of practice or, at the other end of the continuum, formal distributed classroom activities.

Un système de gestion cohérent des réseaux de répertoires des ressources/services pédagogiques réclame des solutions adéquates pour le problème de la composition des macro-ressources/services. L'intégration des structures ou des processus peut être faite par le partage des ontologies de référence, par la coordination de la communication entre les acteurs, par des infrastructures techniques interopérables, par des normes de représentation des formules d'agrégation, par

l'utilisation d'interfaces de facilitation des opérations d'agrégation Le système Explora base toutes ces stratégies sur une compréhension organique de l'agrégat éducationnel et sur une modélisation du processus d'agrégation utilisée comme interface active.

References

- [Berners-Lee et al, 2001]. Berners-Lee, T., Hendler J., Lassila.O *The Semantic Web*. Scientific American, May 2001, Feature article
- [Harasim 90]. Harasim, L. *Online Education: An Environment for Collaboration and Intellectual Amplification*. In L. Harasim (Ed.), *Online education: Perspectives on a new environment*. Praeger Publishers, New York, 1990.
- [Harmbrech 2001] *Corporate e-learning: Exploring new frontiers*. WR Harmbrech + Co. 91 pages, elearning @wrhambrecht.com, 2001.
- [Koper 2001] Koper R. Modeling units of study from a pedagogical perspective – The pedagogical metamodel behind EML, <http://www.eml.ou.nl/introduction/articles.htm>.
- [Kreger 2001] Kreger H. *Web services conceptual architecture (WSCA 1.0)*, IBM Software Group, May 2001.
- [Merrill 1994] Merrill M.D. *Principles of Instructional Design*. Educationnal Technology Publications, Englewood Cliffs, New Jersey, 465 pages, 1994
- [Paquette 1995] Paquette, G. *Modeling the Virtual Campus*. in “Innovating Adult Learning with Innovative Technologies (B. Collis and G. Davies Eds) Elsevier Science B.V., Amsterdam, 1995.
- [Paquette 1996] Paquette G. *La modélisation par objets typés: une méthode de représentation pour les systèmes d'apprentissage et d'aide à la tâche*. Sciences et techniques éducatives, pp. 9-42, avril 96
- [Paquette et al. 1999] Paquette G., Aubin C. and Crevier, F. *MISA, A Knowledge-based Method for the Engineering of Learning Systems*, *Journal of Courseware Engineering*, vol. 2, August 1999.
- [Paquette 1999] Paquette, G. *Meta-knowledge Representation for Learning Scenarios Engineering*. Proceedings of AI-Ed'99 in AI and Education, open learning environments, S. Lajoie et M. Vivet (Eds), IOS Press, 1999.
- [Paquette 2001] Paquette G. *TeleLearning Systems Engineering – Towards a new ISD model*, *Journal of Structural Learning* 14, pp. 1-35, 2001
- [Paquette et al 2001] Paquette,G., Rosca, I. , De la Teja, I., Léonard, M., and Lundgren-Cayrol, K. *Web-based Support for the Instructional Engineering of E-learning Systems*, WebNet'01 Conference, Orlando 2001.
- [Paquette and Rosca 2002] Paquette G. and Rosca I. *Modeling the Delivery Physiology of Distributed Learning Systems*. Paper submitted to Technology, instruction, cognition and Learning, April 2002.
- [Reigeluth, 1983] Reigeluth C. *Instructional Theories in Action: Lessons Illustrating Selected Theories and Models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum, 487pp,1983
- [Spector et al. 1993] Spector J.M., Polson M.C., Muraida D.J. (Eds) *Automating Instructional Design, Concepts and Issues*, Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, New Jersey, 364 pages, 1993
- [Rosca 1999]. Rosca, I. *Vers une vision systémique du processus de l'explication- Récit d'une recherche sur l'intégration de la pédagogie, de l'ingénierie et de la modélisation*. Thèse de Doctorat en technologie éducationnelle, Université de Montréal, 1999 (<http://www.iro.umontreal.ca/~rosca/index.htm>)
- [Wiley 2002] Wiley D.A. *Connecting learning objects to Instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy*. In Wiley (Ed) *The Instructional Use of Learning Objects*. Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications of Technology, Bloomington, Indiana, 2002, 281 pages.

