

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LES SERVICES DE COLLABORATION À TRAVERS LA GRILLE D'APPRENTISSAGE

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN INFORMATIQUE

PAR
MIREILLE AUDET

JUIN 2007

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je voudrais remercier M. Roger Nkambou, directeur de recherche à l'Université du Québec à Montréal, qui m'a grandement aidé à orienter la portée de mon travail de recherche. Il a alimenté de nombreuses discussions techniques sur le sujet tout au long de mon cheminement académique. Également, j'aimerais remercier ma famille, mes amis et plus particulièrement Benoit Barrette qui m'ont encouragée pendant ces quatre dernières années dans la réalisation de ce projet de maîtrise.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	II
TABLE DES MATIÈRES.....	III
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES TABLEAUX	VIII
RÉSUMÉ.....	IX
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I	4
1.1 La grille informatique	4
1.1.1 Définition	4
1.1.2 Classification des grilles informatiques	5
1.1.3 Les caractéristiques des grilles informatiques	6
1.1.4 Architecture des grilles informatiques	8
1.1.5 Standardisation.....	17
1.2 La grille d'apprentissage	18
1.2.1 Les impacts de la grille d'apprentissage sur le e-learning	19
CHAPITRE II.....	21
2.1 Objet d'apprentissage.....	22
2.1.1 Définition	22
2.1.2 Les caractéristiques.....	22
2.1.3 Les normes et les standards.....	23
2.2 Les approches de distribution traditionnelles.....	27
2.2.1 Learning Management System.....	28
2.2.2 Content Management System	29
2.2.3 Learning Content Management System.....	30
2.2.4 Learning Object Repositories.....	31
2.3 Les approches de distribution via la grille d'apprentissage	33
2.3.1 Architecture de base de la grille d'apprentissage.....	33

2.3.2	Architecture de collaboration via la grille d'apprentissage.....	42
2.4	Comparaison des approches de distribution via la grille d'apprentissage.....	48
2.5	Services attendus du e-learning.....	51
CHAPITRE III		53
3.1	Grid Learning Service.....	53
3.1.1	Définition	53
3.1.2	Intégration du GLS dans l'OGSA.....	54
3.1.3	Les services offerts	55
3.2	Les services de la collaboration	57
3.2.1	Organisation virtuelle et communauté virtuelle.....	58
3.2.2	Les approches actuelles de mise en œuvre de la collaboration.....	59
3.2.3	Les services de collaboration proposés par le GLS	63
CHAPITRE IV		65
4.1	La plate-forme d'apprentissage basée sur le GLS.....	66
4.1.1	Objectifs.....	66
4.1.3	Les services.....	69
4.2	Les services du DyCoLo.....	71
4.3	Les services de collaboration du GLS.....	73
4.4	Scénarios de collaboration	75
4.4.1	L'utilisateur se joint à une communauté virtuelle.....	75
4.4.2	L'utilisateur recherche un objet d'apprentissage par des requêtes.....	77
4.4.3	L'utilisateur interagit avec la messagerie instantanée.....	80
CHAPITRE V.....		83
5.1	Choix technologiques.....	83
5.1.1	Architecture SOA.....	83
5.1.2	Base de données.....	87
5.2	Services principaux fournis par Globus Toolkit	87
5.2.1	Services de gestion des ressources.....	87
5.2.2	Services de logging.....	88
5.2.3	Services d'information.....	88
5.2.4	Services de notification.....	88
5.2.5	Service d'authentification	89

5.2.6	Service de transfert de fichiers.....	89
5.3	Services du GLS revisités	89
5.3.1	Service de forum de discussion.....	89
5.3.2	Service de messagerie instantanée	90
5.4	Implémentation de DyCoLO.....	90
5.4.1	Description.....	90
5.4.2	Spécifications.....	91
5.4.3	Interfaces graphiques	92
CONCLUSION		99
BIBLIOGRAPHIE		101

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
Figure 1.1	Les grilles de calculs distribués. 6
Figure 1.2	Couche d'interlogiciels de la grille informatique.....8
Figure 1.3	La base de l'architecture de la grille (le meilleur des deux mondes)..... 13
Figure 1.4	Représentation d'un environnement distribué (gauche) et d'un environnement basé sur les grilles informatiques(droite). 14
Figure 1.5	Fonctionnement général de la grille informatique. 16
Figure 2.1	Vue d'ensemble du LMS. 29
Figure 2.2	Vue d'ensemble du CMS 30
Figure 2.3	Vue d'ensemble du LCMS.....31
Figure 2.4	Architecture de base de la grille d'apprentissage.....34
Figure 2.5	La structure Grid Learning Object (GLOB).....37
Figure 2.6	Une représentation hiérarchique des objets d'apprentissage.....38
Figure 2.7	Approche Adaptive Learning Designs (ALD). 41
Figure 2.8	Exemple de la stratégie de représentation ALD.....42
Figure 2.9	Architecture initiale de collaboration.....43

Figure 2.10	Architecture système de P-Learning Grid.....	46
Figure 2.11	Le flux de travail entre la composition des 4 objets d'apprentissage.....	47
Figure 3.1	Architecture GLS (adapté de (<i>Baker et al.</i> , 2005)).	54
Figure 3.2	Les entreprises du marché.....	60
Figure 4.1	Fonctionnement général de la plate-forme d'apprentissage utilisée par le GLS	68
Figure 4.2	Interactions entre les services de DyCoLo et de collaboration du GLS.	70
Figure 4.3	L'utilisateur se joint à une communauté virtuelle.....	76
Figure 4.4	L'utilisateur recherche un objet d'apprentissage par des requêtes.....	78
Figure 4.5	l'utilisateur interagit avec la messagerie instantanée.	80
Figure 5.1	Dialogue de login.....	92
Figure 5.2	Interface générale de DyCoLo (onglet e-Portfolio)	93
Figure 5.3	Représentation de la liste des objets d'apprentissage d'un utilisateur. ..	94
Figure 5.4	Visualisation de l'historique.	95
Figure 5.5	Dialogue de recherche d'objets d'apprentissage.....	96
Figure 5.6	Dialogue résultant de la recherche d'objets d'apprentissage.	96
Figure 5.7	Dialogue utilisé pour se joindre à une communauté virtuelle.....	97
Figure 5.8	Dialogue de messagerie instantanée.	97
Figure 5.9	Dialogue de discussion de la messagerie instantanée.	98

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
Tableau 1.1	Comparaison entre un environnement conventionnel distribué et les grilles informatiques 15
Tableau 2.1	Tableau récapitulatif des différentes approches de distribution.....50
Tableau 4.1	Cas d'utilisation des services du DyCoLo 71
Tableau 4.2	Cas d'utilisation des services de collaboration fournis par le GLS..... 74
Tableau 5.1	Comparaison des différentes architectures.....86

RÉSUMÉ

L'évolution du e-learning (ou apprentissage en ligne) a créé un besoin éminent dans la distribution à grande échelle d'applications et de médias électroniques. La grille informatique, connue pour sa capacité à coordonner le partage de ressources, est actuellement la technologie la plus prometteuse pour répondre à cette demande grandissante. Dans les méthodes d'enseignement traditionnelles la collaboration joue un rôle capital entre les différents acteurs (apprenants, enseignants, designers pédagogiques...). Elle favorise l'entraide et crée une véritable synergie entre les individus d'un groupe, partageant les mêmes intérêts. Les services de collaboration fournis par le Grid Learning Service (GLS) définissent une nouvelle architecture de distribution de ressources d'apprentissage, qui bénéficie de l'aspect collaboratif des méthodes traditionnelles, tout en étendant le contenu d'apprentissage dans un réseau largement distribué. Ce mémoire explore le potentiel de l'usage de la grille informatique dans ce contexte et propose une implémentation des services de collaboration du GLS au dessous d'une plateforme standard. Il inclut une preuve de concept, basée sur l'intégration des services de collaboration dans une application favorisant le partage d'objets d'apprentissage.

MOTS-CLÉS : Collaboration, e-learning, grille informatique, Grid Learning Service, SOA.

INTRODUCTION

Depuis quelques années, les techniques d'enseignement ont évoluées pour donner naissance à des approches axées sur l'accès à l'information via Internet. Parmi ses approches, on dénote une croissance considérable dans les services reliés au e-learning (ou apprentissage en ligne).

Le succès du e-learning est directement attribué à l'accessibilité et à la qualité du contenu des ressources d'apprentissage mises à la disposition des apprenants. Cependant, la surabondance d'information entraîne certaines contraintes reliées à l'accessibilité aux ressources d'apprentissage, ce qui remet en cause les approches actuelles de distribution des ressources d'apprentissage qui s'appuient essentiellement sur une approche client-serveur.

Le travail qui suit a comme principal objectif de répondre à cette problématique en définissant une nouvelle approche de distribution via la grille informatique. Cette approche vise à :

- Fournir un environnement adéquat pour partager un grand nombre de ressources d'apprentissage qui sont géographiquement dispersées.
- Regrouper les apprenants et les experts du domaine en communautés virtuelles afin de favoriser la collaboration entre apprenants ainsi qu'entre experts du domaine;
- Fournir un éventail de services de collaboration permettant d'améliorer les communications et les interactions entre les membres de la communauté.

Mentionnons également que les approches de distribution via la grille informatique sont essentiellement basées sur une série de standards et de protocoles, qui ont été définis dans le but de favoriser l'interopérabilité des grilles informatiques et la formation des grilles interentreprises. Dans le cadre de ce projet, le standard qui a été choisi pour le développement

des grilles informatiques est l'Open Grid Service Architecture (OGSA). Il représente une véritable plate-forme de développement pour les grilles informatiques. L'OGSA est actuellement le standard le plus reconnu dans le développement des applications distribuées via la grille informatique.

Le premier chapitre de ce travail vise à comprendre davantage la nécessité d'utiliser la grille informatique dans un contexte d'apprentissage, afin de favoriser la coopération et la collaboration, entre individus appartenant à la même communauté. Au chapitre suivant, on met en perspective les bénéfices des méthodes de distribution d'objets d'apprentissage via la grille informatique face à celles des méthodes traditionnelles de distribution.

Par la suite, on propose une nouvelle infrastructure, responsable de faciliter le partage et les échanges des objets d'apprentissage (LO) via une grille de distribution d'apprentissage. Cette infrastructure définit entre autre un ensemble de services appelé Grid Learning Services (GLS), basé sur l'OGSA, qui est constitué de services essentiels dans le domaine de l'éducation, tels que les services de e-Qualification, de collaboration et de communication. Les services de collaboration jouent un rôle prééminent dans l'apprentissage en ligne. Ils sont responsables de faciliter l'interaction entre les membres de la communauté virtuelle. Ils permettent également à chaque individu appartenant à une communauté virtuelle, de rendre leurs compétences et leurs qualifications à la disposition des autres membres de la communauté. Parmi ces services on dénote les forums de discussion, les sessions de clavardage ainsi que la messagerie instantanée.

Le chapitre quatre décrit une application Web appelée Dynamic Collaboration Learning Object (DyCoLo), qui est complètement vouée à la collaboration entre les membres de la communauté. Elle a été développée afin de permettre aux étudiants et aux enseignants d'accéder à un environnement collaboratif, via des services de collaboration, pour créer et distribuer des objets d'apprentissage.

Finalement, le dernier chapitre sera destiné à l'analyse et à l'implémentation de l'ensemble du système. Cette étape justifie les choix technologiques et techniques qui ont été faits, tout en tenant compte des différentes contraintes liées à l'exploitation.

CHAPITRE I

LA GRILLE INFORMATIQUE ET SON POTENTIEL DANS LE E-LEARNING

1.1 La grille informatique

1.1.1 Définition

Tout d'abord, les grilles font actuellement l'objet de nombreux projets, provenant de différentes architectures. Présentement, il n'existe pas de définition des grilles informatiques, unique et unanimement reconnue.

Dans la littérature, une grille est fréquemment décrite de manière informelle en la comparant au réseau électrique (d'où le nom grid pour les anglophones, qui provient de power grid). Par analogie, les ressources informatiques sont aussi facilement accessibles, que les ressources électriques le sont, avec le réseau électrique (Colombier, 2004).

Une grille informatique est un environnement de systèmes d'exploitation et d'architectures hétérogènes dont l'accès est fourni à l'utilisateur sous une forme unifiée, par un logiciel appelé intergiciel (middleware) (Foster et al., 2002).

Ian Baird, architecte en chef, chargé des ventes et du marketing chez Platform Computing, définit pour sa part la grille comme « des clusters par-dessus des clusters ». Selon lui, la différence majeure entre une grappe de serveurs et la grille, est que cette dernière peut connecter toutes sortes de clusters de serveurs Linux, NT, Unix et même des PC. Cette association est dynamique; chaque noeud de la grille peut entrer ou sortir à n'importe quel moment, en fonction de la demande, même sur des sites qui sont géographiquement dispersés.

Plus formellement, une grille doit être flexible, sécurisée, coordonner le partage des ressources à travers une collection d'individus, d'institutions et de ressources, à l'intérieur d'une organisation virtuelle. Dans certains cas, en plus de gérer tous les problèmes à l'intérieur de l'organisation, la grille doit fournir une authentification unique, une autorisation et un accès aux ressources. (Foster, Kesselman et Tucke, 2001)

1.1.2 Classification des grilles informatiques

Actuellement, on classifie les grilles informatiques en trois catégories (Ministère de l'économie des finances et de l'industrie, 2003):

- les grilles d'information;
- les grilles de données;
- les grilles de calculs.

1.1.2.1 Les grilles d'information

Les grilles d'information accentuent le partage de l'information sur tout le réseau (le P2P en est une des composantes). L'utilisation de la grille d'information dans les sites Web est sans doute les premières incarnations du concept de grilles informatiques. Elles permettent donc d'accéder à l'information à partir d'une adresse HTTP ou encore à partir d'un modèle de recherche. Toutefois, on ne connaît pas toujours la provenance de l'information.

1.1.2.2 Les grilles de données

Elles ont comme principale fonction le stockage à grande échelle des données distribuées. Cependant, le partage des données n'est parfois pas sécuritaire puisqu'il rend possible les copies multiples de fichiers sans qu'aucun contrôle ne soit exigé. Les grilles de données permettent également d'accéder à des données via un site unique contenant un index.

1.1.2.3 Les grilles de calcul

Le calcul distribué repose sur une architecture client/serveur traditionnelle, consistant à augmenter la puissance de calcul des ordinateurs. Une fois que les protocoles

d'authentification et de transport sont installés, un ordonnateur alimente les clients afin d'exécuter les calculs. Chaque client effectue des calculs différents qui sont compilés et traités par l'ordonnateur afin de produire un résultat final. Ce gestionnaire de tâche a comme principale fonction de gérer les files d'attente et d'informer l'applicatif client de l'état d'avancement du calcul.

Pour assurer la sécurité de l'échange, un certificat dit « *de proxy* » est créé à partir de celui de l'utilisateur et est ensuite véhiculé sur la grille. Il agit comme représentant de l'utilisateur; il permet son authentification sur les serveurs locaux et autorise l'accès aux ressources (Ministère de l'économie des finances et de l'industrie, 2003).

Notons également que l'utilisation des outils de calcul distribués favorise la distribution d'exécutables effectuant un fragment du calcul global sur chacun des postes clients. Cette technique fait appel aux cycles CPU inutilisés la nuit ou dès que l'écran de veille se met en marche (Bordage et Saiz, 2002). La figure 1.1 donne une vue d'ensemble sur le fonctionnement des grilles de calcul.

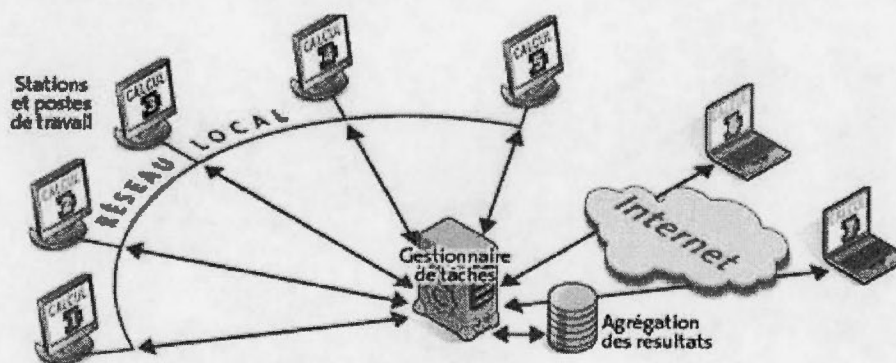


Figure 1.1 Les grilles de calculs distribués.

1.1.3 Les caractéristiques des grilles informatiques

1.1.3.4 Les avantages

Il y a certaines caractéristiques qui distinguent la grille informatique des autres collections de ressources telles que les grappes (cluster).

En voici quelques-unes (Chalfan et Antony. 2004):

- Les ressources sont distribuées : les ressources matérielles et physiques de la grille sont géographiquement dispersées. Bien que les grilles soient limitées à une simple organisation, elles se distinguent des grappes traditionnelles par l'absence d'hypothèse faite à l'égard de l'implémentation des directives opérationnelles et de l'administration des nœuds de la grille.
- Les ressources sont hétérogènes : contrairement aux grappes traditionnelles, qui sont administrées dans un seul domaine, les ressources de la grille sont hétérogènes et peuvent être allouées à la grille par n'importe quelle *organisation virtuelle*.
- Les ressources sont dynamiques : les ressources sont allouées et retirées de la grille dynamiquement. La Qualité de Service (QoS) se caractérise entre autres par sa vitesse, son coût et sa qualité de service. La QoS fournie par la grille doit être informée le plus tôt possible de la disponibilité de n'importe quelle ressource particulière de la grille. Pour faciliter cette gestion des ressources, on utilise des services d'information de surveillance et de découverte.
- Les ressources sont dynamiquement allouées aux services : certaines implémentations de la grille sont directement liées à l'association dynamique entre une tâche (ou une requête) et une ressource de la grille.

Les ressources sont partagées selon des politiques d'accès : ces politiques d'accès fixent les règles de partage de ressources afin de restreindre l'utilisation de certaines ressources par des processus d'authentification et d'autorisation.

1.1.3.5 Les faiblesses

On distingue au moins trois faiblesses majeures liées à cette technologie :

- le niveau de sécurité : il doit exister un niveau de confiance très élevé entre les utilisateurs et les fournisseurs de ressources, bien que la plupart du temps ils ignorent totalement leurs identités;
- la lenteur des temps d'accès qui freine le transfert de données vers une autre opération;
- la tolérance aux pannes.

Essentiellement, ces faiblesses sont dues à la cohabitation de plusieurs standards incompatibles s'appuyant sur des langages et des protocoles différents. (Ministère de l'économie des finances et de l'industrie, 2003)

1.1.4 Architecture des grilles informatiques

L'architecture des grilles informatiques est basée sur le principe que les opérations à l'intérieur d'une organisation virtuelle (VO) doivent être partagées avec n'importe quel participant potentiel. Cette interopérabilité est implémentée à travers le protocole de communication, qui consiste à superviser la négociation entre l'utilisateur de l'organisation virtuelle et les ressources. Le protocole établit une connexion, gère le réseau et exploite les relations de liaisons partagées (Foster, Kesselman et Tucke, 2001).

1.1.4.1 Couche d'interlogiciels de la grille

La figure 1.2 présente la couche d'interlogiciels qui compose la grille informatique. On y retrouve donc cinq niveaux : Fabrique, Connectivité, Ressource, Collective et Application (Pankratius et Vossen, 2003).

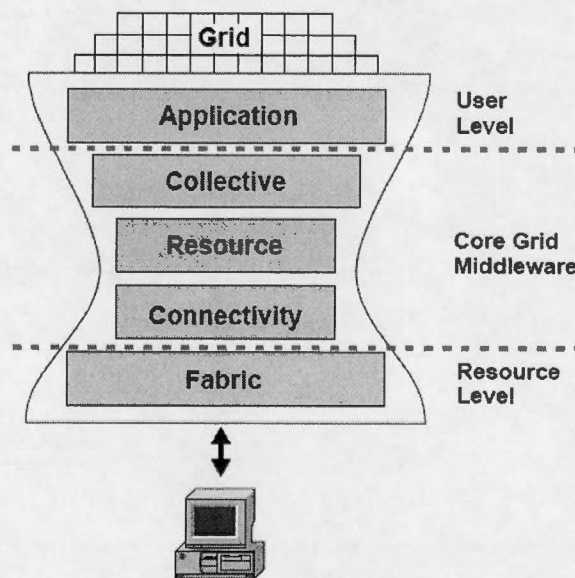


Figure 1.2 Couche d'interlogiciels de la grille informatique.

Fabrique

La couche *Fabrique* fournit les ressources par lesquelles les accès partagée sont pris en charge par le protocole (ex. : ressources informatiques, systèmes à mémoire, catalogues, ressources réseau, capteurs, etc). L'expérience suggère qu'au minimum les ressources doivent implémenter des mécanismes permettant de lancer des requêtes, qui consisteront à découvrir leurs structures, leurs états et leurs possibilités. Voici une liste de quelques mécanismes utilisés par les ressources:

- Ressource informatique : mécanisme permettant de démarrer les programmes, faire du monitoring et de contrôler l'exécution des processus résultants.
- Ressource mémoire : mécanisme permettant de faire la gestion de fichiers (get/put).
- Ressource réseau : mécanisme fournissant un contrôle sur les ressources allouées lors des transferts sur le réseau.
- Archivage des données: mécanisme contrôlant les versions des fichiers sources (ex. : CVS).
- Catalogue : mécanisme utilisé pour implémenter un catalogue de requêtes et de mises à jour d'opérations (ex. : base de données relationnelles).

Notons également que les restrictions d'utilisation d'une ressource à l'intérieur de la grille peuvent être spécifiées dans des fichiers de politique de sécurité informatique.

Connectivité

La couche *Connectivité* définit la communication et l'authentification du protocole requis pour effectuer des transactions réseaux, à l'intérieur d'une grille. Le protocole de communication rend ainsi possible les échanges de données entre les ressources incluses dans la couche *Fabrique*.

Dans une organisation virtuelle, les solutions d'authentification doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- Signature unique : un utilisateur doit être en mesure de s'authentifier une seule fois avant d'avoir accès à de multiples grilles de ressources.
- Délégation : un utilisateur doit être capable d'exécuter des programmes au nom d'un autre utilisateur tout en ayant accès aux mêmes ressources que ce dernier.
- Intégration avec une variété de solutions de sécurité locale : chaque site ou fournisseur de ressources peut utiliser une variété de solutions visant à sécuriser son réseau local (Ex. Kerberos, Unix security). Les solutions de sécurité des grilles, doivent être en mesure d'intégrer les ressources et de s'assurer de l'interopérabilité à travers sa solution.
- Liaison de confiance entre utilisateurs : afin d'assurer à l'utilisateur une bonne gestion des ressources provenant de multiples fournisseurs, le système de sécurité n'exige pas que tous les fournisseurs de ressources coopèrent ou interagissent entre eux dans la configuration de l'environnement de sécurité.

Ressource

La couche *Ressource*, construite à partir de la couche *Connectivité*, définit des protocoles (API et SDK) pour sécuriser la négociation, l'initiation, le monitoring, le contrôle, la gestion de compte, et le paiement d'opérations partagées sur chacune des ressources. L'implémentation de la couche *Ressource* interagit avec la couche *Fabrique* afin d'accéder aux fonctions et de contrôler les ressources locales. On distingue à ce niveau deux types de protocoles : les protocoles d'information et les protocoles de gestion.

Collective

Puisque la couche *Ressource* met l'accent sur l'interaction avec une unique ressource, la couche *Collective* consiste à définir des protocoles et des services qui ne sont pas associés à une ressource spécifique, mais bien à un ensemble de ressources de même nature.

Application

Cette couche définit l'interaction entre l'utilisateur et l'environnement de l'organisation virtuelle. Elle peut être différente d'un utilisateur à l'autre, tout dépendant du programme et de la configuration de l'utilisateur.

1.1.4.2 Open Grid Service Architecture (OGSA)

OGSA est une série de spécifications techniques par lesquelles on définit une infrastructure pour intégrer et gérer les services à l'intérieur d'une organisation virtuelle, distribuée et dynamique (Foster et al., 2002). Plus simplement, c'est une architecture développée pour implémenter des applications de grilles informatiques. Le but de ces spécifications est de définir une approche standard pour résoudre des problèmes de base qui sont communs à plusieurs déploiements de grilles informatiques.

Les principaux aspects inclus dans cette architecture sont basés sur l'analyse de plusieurs études de cas dans différents domaines. Ces études de cas ont permis d'identifier des patterns d'activités qui ont contribué à cibler les fonctionnalités requises pour supporter l'environnement des grilles de façon générale. On regroupe ces besoins en plusieurs catégories (Abbas, 2004) :

- Support de l'hétérogénéité : la plate-forme, les mécanismes (sécurité ou accès aux interfaces) et l'environnement administratif (souvent exposé à des conflits potentiels concernant des règles d'utilisation du système).
- Structure des applications : un ou plusieurs processeurs par application, avec une variété d'exigences au niveau des ressources et du flux de données.
- Fonctionnalités de base : gestion et recherche de ressources, contrôle du trafic et des comptes, partage des données et fournit le support pour gérer les organisations virtuelles, le monitoring et le renforcement des règles de gestion.
- Sécurité : support de multiples infrastructures et définition des solutions permettant d'établir un périmètre de sécurité (pare-feu).
- Gestion des ressources : uniformisation des ressources, accès aux ressources virtuelles, optimisation de l'usage des ressources, gestion du transport (partage de

ressources), contrôle de l'interaction des ressources, du monitoring et de la récupération illicite du CPU.

- Propriétés des systèmes souhaitables : tolérance aux fautes, reprise sur sinistre, habileté à détecter les attaques et à les contourner, gestion des applications patrimoniales et capacité à administrer les ressources.

En bref, l'OGSA permet d'introduire un nouveau standard. Il encourage la modularité et facilite l'extensibilité dans un environnement de grille informatique. Il permet également la transition à grande échelle des applications monolithiques à travers un système largement distribué.

L'évolution du concept des grilles informatiques fut particulièrement marquée par l'adoption de l'approche orientée vers les services dans l'architecture même des grilles. Cette approche, mieux connue sous le nom de Service Oriented Architecture (SOA), définit une architecture où les services sont à la base des communications. Elle représente une entité réseau permettant de regrouper les besoins et de les distribuer sous forme de services. Dans le jargon des grilles informatiques, ces services sont appelés des *Grid Service*. L'OGSA définit également le principe de partage et les politiques des organisations virtuelles, ce qui constitue l'un des principes fondamentaux des services de collaboration dans des systèmes ouverts, distribués et en constante évolution (Ritrovato, 2004).

De plus, cette architecture basée sur les services Web définit les services essentiels qu'une application e-business ou e-science peut souhaiter (tâche, gestion des ressources, communication, sécurité, etc.), ce qui la positionne stratégiquement, face aux autres modes de distribution.

La figure suivante illustre la convergence entre les services Web et les services de la grille (Prost, 2004).

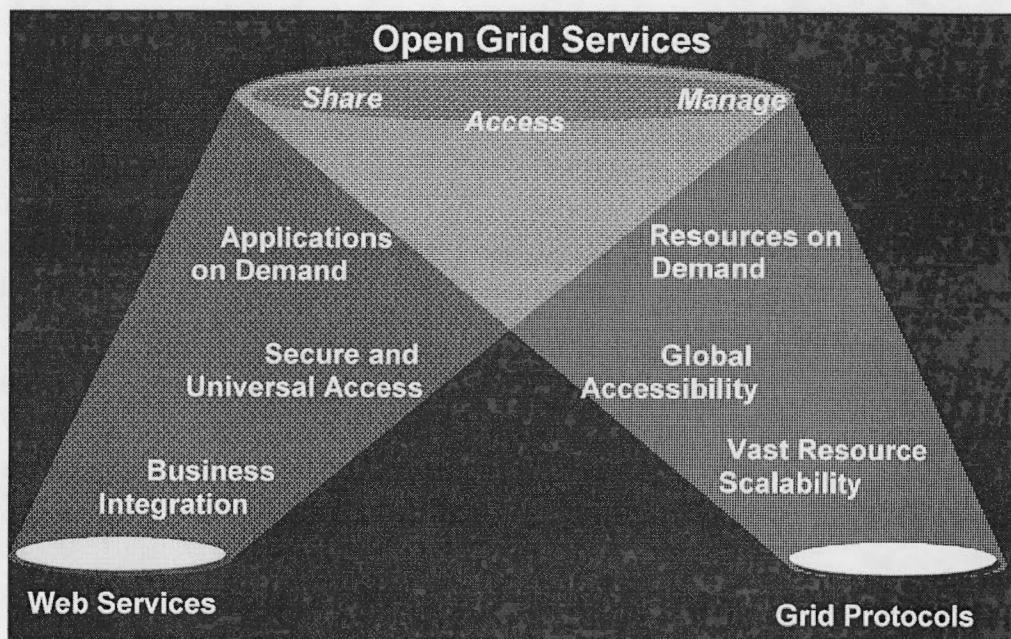


Figure 1.3 La base de l'architecture de la grille (le meilleur des deux mondes).

À partir de cette illustration, on remarque que l'architecture OGSA partage un ensemble de services communs entre les services Web et les services de la grille. On dénote entre autres, des fonctionnalités communes reliées au partage, à l'accès et à la gestion des ressources. De plus, les services de la grille se distinguent des services Web par leurs façons de distribuer les données. En effet, pour les services Web, le traitement des données est fait via un document (application), tandis que pour les services de la grille, tout est exposé à travers une interface, qui achemine les requêtes aux ressources demandées (ressources).

1.1.4.3 Les environnements distribués vs les grilles informatiques

Il est essentiel de distinguer les grilles informatiques des autres environnements distribués traditionnels afin de comprendre leur importance. D'abord, les grilles informatiques sont souvent considérées comme l'évolution des systèmes distribués traditionnels. La figure 1.4 démontre de façon générale les différences entre les deux

environnements. Les nœuds sont représentés par des boîtes et les ressources par des cercles (Nemeth et Sunderam, 2003).

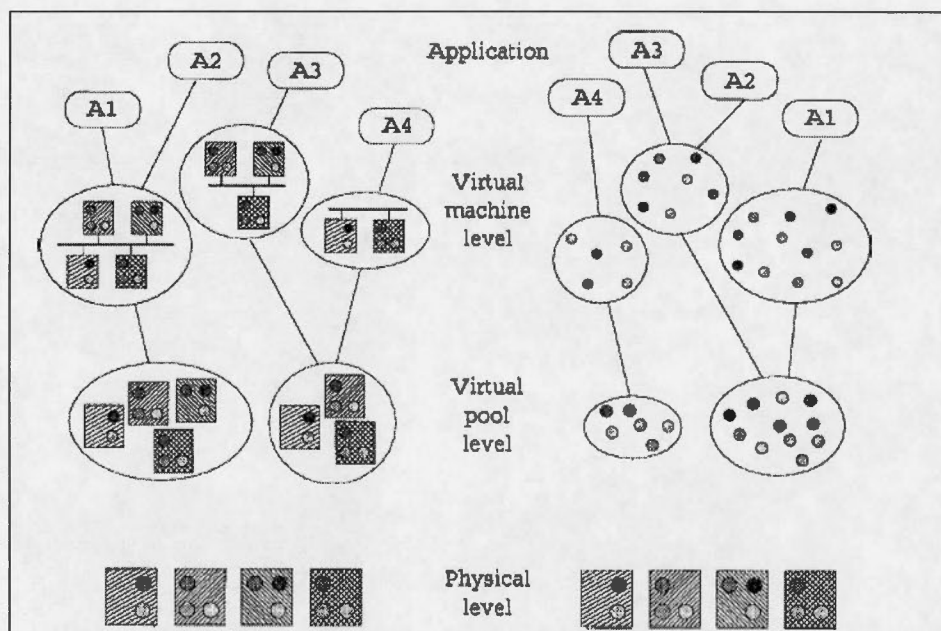


Figure 1.4 Représentation d'un environnement distribué (gauche) et d'un environnement basé sur les grilles informatiques(droite).

Cette représentation illustre les deux approches d'une façon bien distincte. On remarque que dans un environnement conventionnel, on regroupe les nœuds (PC, stations de travail ou superordinateurs) dans un groupe virtuel. Ces groupes virtuels utilisent un processus d'authentification pour limiter l'accès aux nœuds inclus dans chacun des groupes virtuels. L'utilisateur est donc réduit à utiliser les ressources locales d'un nœud à l'intérieur d'un réseau virtuel donné. En contrepartie, un environnement basé sur les grilles informatiques a comme principale propriété de partager le plus grand nombre possible de ressources. Bien que les systèmes actuels soient la plupart du temps orientés vers les ressources de calcul (cycles CPU + mémoire), ils sont à la fois basés sur la notion de nœuds. Toutes les ressources cohabitent à l'intérieur des nœuds, qui sont géographiquement distribuées et ensuite portées sur de multiples domaines administratifs. Le tableau qui suit

compare ces deux environnements entre eux en listant quelques unes de leurs particularités (Nemeth et Sunderam, 2003).

Tableau 1.1

Comparaison entre un environnement conventionnel distribué et les grilles informatiques

Environnement distribué traditionnel	Les grilles informatiques
Un groupe virtuel de nœuds de calcul.	Un groupe virtuel de ressources.
Un utilisateur accède à tous les nœuds du groupe virtuel.	Un utilisateur accède au groupe, mais ne peut accéder à aucun des nœuds individuellement.
Accéder à un nœud, c'est avoir accès à toutes les ressources du nœud.	Accéder à une ressource peut être limité.
L'utilisateur connaît ses capacités et les fonctionnalités du nœud.	L'utilisateur a peu ou aucune connaissance des ressources.
Les nœuds appartiennent à un seul <i>domaine de confiance</i> .	Les ressources recouvrent de multiples <i>domaines de confiance</i> .
Il y a 10 à 100 nœuds dans le groupe (plus ou moins statiques).	Il y a plus d'une centaine de nœuds dans le groupe (dynamiques).

1.1.4.4 Fonctionnement général de la grille informatique

Puisque la grille est un environnement dynamique dans lequel chaque instance de service peut, à tout moment, entrer ou sortir du réseau, l'OGSA fournit des interfaces permettant de prendre en charge la durée d'un service ainsi que de conserver l'état des données relatives à la grille, ce qui permet à la grille de sélectionner les ressources adéquates en fonction des exigences réelles de l'utilisateur. En plus, un service de notification est disponible. Il permet d'informer les utilisateurs lorsqu'un changement survient sur la grille.

La figure 1.5 situe l'OGSA dans l'infrastructure des grilles informatiques. Il permet d'identifier les composantes d'un environnement distribué via la grille de service (Baker *et al.*, 2005):

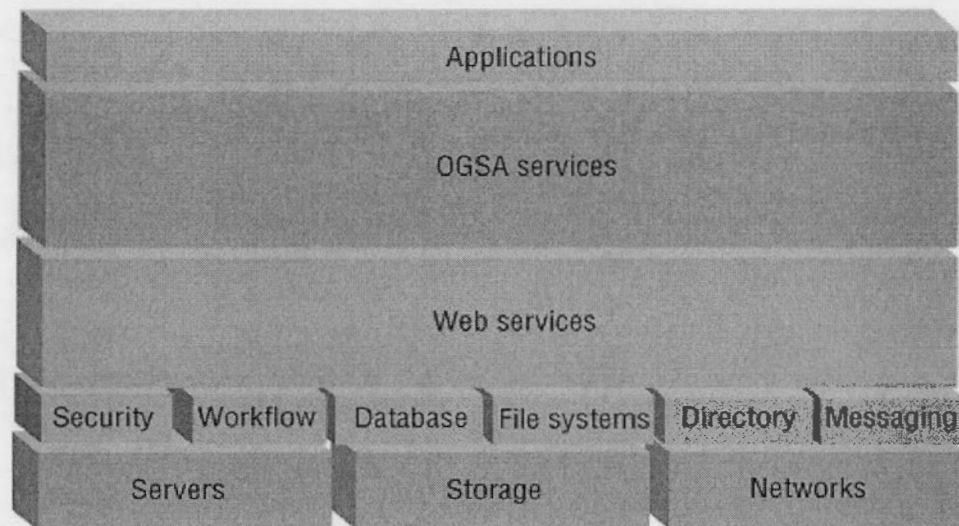


Figure 1.5 Fonctionnement général de la grille informatique.

L'architecture est structurée en quatre couches principales (du bas vers le haut) (Unger et Matt, 2003):

- **Ressource** : cette couche est constituée de ressources physiques (serveurs, mémoires, réseau) et logiques. Les ressources physiques (réseaux), assurent la connectivité des ressources sur la grille. Quant aux ressources logiques, elles sont constituées de ressources effectives faisant partie de la grille, telles que les ordinateurs, les systèmes

de mémoire, les catalogues de données électroniques, et même les capteurs, tels que les télescopes ou d'autres instruments qui peuvent être connectés directement au réseau. Essentiellement, elle est constituée de fonctions additionnelles provenant de la virtualisation et de l'agrégation des ressources physiques.

- Les services Web: la couche est composée de ressources logiques et physiques qui ont été modélisées en service.
- OGSA Services: fournit l'infrastructure de base pour la couche applicative. Elle assure les fonctions permettant aux divers éléments (serveurs, mémoire, réseaux, etc.) de participer à un contexte unifié de la grille. Cette couche interlogicielle peut être considérée comme l'intelligence qui fédère les différents éléments : c'est le "cerveau" de la grille. Elle est constituée de plusieurs modules tels que la gestion des organisations virtuelles (VO), la sécurité, la gestion des ressources et des processus, l'exécution des programmes, les services d'accès aux données, les services mémoires et d'autres modules reliés au partage de fichiers.
- Application : Étant donné l'émergence des services basés sur les grilles informatiques, les applications les utilisant se diversifient. Elles peuvent être scientifiques, techniques et financières. Elles sont souvent basées sur un ou plusieurs services de la grille, définies par l'OGSA. Cette couche applicative servira également d'interface entre la grille et ses utilisateurs.

1.1.5 Standardisation

Les efforts de standardisation en matière de grille informatique reposent essentiellement sur les travaux réalisés depuis dix ans par Ian Foster et Carl Kesselman. Ils sont surtout connus pour leur implication dans le Projet Globus. Ils ont créé un organisme, appelé Global Grid Forum (GGF), chargé de développer des nouvelles normes issues de leurs différents travaux. Cet organisme est également composé de laboratoires de recherches informatiques publics, d'universités privées, d'agences gouvernementales et d'entreprises privées. De ces efforts est né un ensemble de logiciels, permettant d'adapter un parc informatique à cette nouvelle forme d'informatique distribuée : la *boîte à outil Globus* ou encore le *Globus Toolkit*, véritable système d'exploitation des grilles de calculs. (Ministère de l'économie des finances et de l'industrie, 2003)

1.2 La grille d'apprentissage

L'intérêt de vouloir partager des connaissances est omniprésent dans la société actuelle. Avec l'arrivée d'Internet, le e-learning ou l'apprentissage en ligne, prend de plus en plus d'ampleur dans le domaine de l'éducation et est devenu un élément indissociable de la productivité des entreprises. Il concerne autant les jeunes qui utilisent ces supports électroniques à des fins pédagogiques que les adultes qui perfectionnent leur formation ou mettent à jour leurs connaissances techniques et pratiques.

Le e-learning est une méthode d'apprentissage qui met à notre disposition des contenus pédagogiques via un support électronique (Cédérom, Internet, intranet, extranet, télévision interactive, etc.).

La première génération des solutions du e-learning exploitait le paradigme pédagogique de *transfert d'information*. Ce paradigme rendait accessible, via Internet, une information spécifique seulement lorsque l'étudiant en signifiait le besoin. Malheureusement, cette approche de distribution ne s'est pas avérée très efficace. Elle avait été adoptée pour bénéficier rapidement et simplement du côté pratique du Web. De plus, son utilisation apportait certaines contraintes liées au partage de l'information telles que la gestion d'accès, le réseau de distribution ainsi que la sécurité.

Pour répondre à ces problématiques, les grilles d'apprentissage ont été développées. Elles sont essentiellement des grilles informatiques appliquées dans le domaine de l'apprentissage. Elles ont été choisies pour leur capacité à rendre disponible un ensemble de services d'apprentissage communs via une organisation virtuelle, à travers un réseau largement distribué. Elles permettent aux apprenants de créer et de partager leurs connaissances d'une manière personnalisée et contextuelle (Ritrovato, 2004).

À travers leur architecture distribuée, elles s'attaquent entre autre, aux problèmes liés à l'interopérabilité et à l'hétérogénéité. Elles offrent, en plus, d'innombrables avantages tels que :

- L'accessibilité à un plus grand nombre d'objets d'apprentissage géographiquement dispersés;

- La coexistence de ressources hétérogènes;
- La gestion dynamique des ressources d'apprentissage;
- La diminution des coûts reliés à la maintenance :
 - par la gestion automatique des ressources d'apprentissage : lorsqu'un nouvel utilisateur joint la grille, il peut mettre à la disposition des autres utilisateurs ses ressources d'apprentissage, sans que le système ait réellement besoin de gérer les nouvelles ressources sur la grille,
 - par la réutilisation des objets d'apprentissage : en favorisant leur réutilisation, on diminue les coûts reliés à la création des objets d'apprentissage. Leur granularité permet de pouvoir former un objet d'apprentissage à partir d'un ensemble d'objets d'apprentissage existants;
- Le partage des ressources favorisant la collaboration entre les apprenants et les auteurs d'objets d'apprentissage.
- Le partage des connaissances de l'apprenant personnalisé et contextuel.

Les forces de cette méthode de distribution permettent à l'apprentissage en ligne d'élargir son réseau de distribution et de favoriser la collaboration entre les apprenants et les communications à travers les communautés virtuelles.

1.2.1 Les impacts de la grille d'apprentissage sur le e-learning

L'utilisation des grilles d'apprentissage comme approche de distribution entraîne certains changements majeurs dans la façon de distribuer les ressources d'apprentissage. En voici quelques exemples (Gouardères, Nkambou et Yatchou, 2004):

- Le transfert d'information (d'un expéditeur à un ou plusieurs destinataires) a changé au niveau de la qualification en temps réel de la construction des connaissances individuelles ou collectives. On assume que plus l'environnement est structuré et formalisé, plus il est efficace, et porte vers une meilleure approche de résolution de problèmes.
- Le paradigme d'éducation est davantage centré sur l'apprenant, ce qui entraîne la prise en charge de son comportement.

- Le transfert d'information et la construction d'activités sont considérés comme des médiums. Il n'y a plus de but commun relatif à la formation qui s'exécute par l'effet secondaire de la contextualisation.
- La construction des connaissances est toujours existante mais elle est maintenant accomplie par des nouveaux formulaires d'entraînement basés sur :
 - La compréhension des concepts laissés par l'expérimentation dans un contexte réel ainsi que par l'implémentation d'interfaces avec des applications sophistiquées pouvant être utilisées comme un service.
 - L'entraînement social qui active la collaboration entre étudiants, professeurs, experts ou plus généralement un groupe de personnes disponibles dans l'univers de la téléprésence.

Dans cette perspective, l'entraînement est basé sur le processus complexe de la conversation, lequel doit considérer le contexte social. Cet entraînement préconise, tout au long de l'apprentissage, un environnement axé sur la communication et la collaboration.

CHAPITRE II

LES APPROCHES DE DISTRIBUTION DES OBJETS D'APPRENTISSAGE

Comme on l'a vu au chapitre précédent, les grilles d'apprentissage représentent une nouvelle façon de distribuer les connaissances dans le domaine de l'éducation. Pour bien comprendre leur fonctionnement, il est important de décrire comment les ressources (objets) d'apprentissage sont distribuées actuellement.

Tout d'abord, on représente un objet d'apprentissage (LO) comme étant du contenu pédagogique et didactique. Son accessibilité via Internet est directement liée aux plates-formes d'e-learning et aux approches de distribution qu'il utilise.

Les approches de distribution ont été mises en place pour contrer les problèmes associés à la distribution du contenu d'apprentissage en ligne. Les problématiques qui ont été identifiées sont :

- la multiplication des documents numériques sur Internet ;
- le manque d'uniformité relié aux objets d'apprentissage ;
- la complexité des objets d'apprentissage ;
- la réutilisation des ressources ;
- les coûts associés à leur création et à leur maintenance.

Mentionnons également que les approches de distribution sont très importantes dans le e-learning. Elles favorisent l'adaptabilité des systèmes actuels d'apprentissage afin de satisfaire les nouvelles règles pédagogiques ou les réactions de l'apprenant. Les approches de distribution permettent de gérer efficacement les ressources pédagogiques, qui sont définies comme étant de fines granules d'information.

Dans les sections suivantes, nous définirons les objets d'apprentissage ainsi que les standards et les normes permettant d'encadrer leur définition et leur gestion. Par la suite, nous présenterons les approches de distribution existantes et identifierons les réels besoins de l'apprentissage en ligne tout en mettant en évidence les limites des approches actuelles.

2.1 Objet d'apprentissage

2.1.1 Définition

Un objet d'apprentissage, aussi appelé Learning Object (LO), est une entité numérique ou non, qui peut être utilisée, réutilisée ou référencée lors d'une formation, dispensée à partir d'un support technologique (EEE LTSC, 2002 ; Wiley 2003). Il peut s'agir d'une composante concrète de l'environnement (ressource de manipulation de connaissance, service, outil) ou d'un scénario décrivant a priori ou a posteriori le déroulement d'une situation d'apprentissage (Pernin et Lajeune, 2004).

2.1.2 Les caractéristiques

Les principales caractéristiques du LO sont (Lamontagne, 2006):

- Il représente une granule de formation en principe réutilisable et qui peut être agencée selon différents objectifs ou environnements.
- Il est complet lorsque tous les aspects particuliers d'un point de connaissance ont été abordés. Ainsi, si quelqu'un a besoin de cette connaissance, il peut utiliser l'objet d'apprentissage approprié.

- Il doit être indexé ou doit être décrit précisément. Pour ce faire, il est associé à une métadonnée d'indexation indiquant le contenu, la technologie, les droits d'auteur, les indicateurs de repérage, l'intégration technique, etc.

En formation en ligne, les approches de distribution orientées vers l'objet d'apprentissage sont de plus en plus populaires. Les objets d'apprentissage sont généralement utilisés afin de réduire le temps accordé à la formation en favorisant des cycles d'apprentissage très courts, en diminuant leur complexité et en encourageant leurs réutilisations.

Quant aux plates-formes e-learning, elles ont été développées afin d'organiser et de gérer le contenu des objets d'apprentissage. Elles sont basées sur des normes et des standards qui permettent d'assurer l'interopérabilité entre les différentes plates-formes d'apprentissage (Anken, 2004).

2.1.3 Les normes et les standards

Les normes et les standards constituent un ensemble de règles reconnues à un niveau international ou par un groupe de praticiens. Ces règles sont décrites explicitement dans des guides contenant, en plus des lignes directrices, des recommandations et des marches à suivre. Elles contribuent entre autre à la compatibilité de divers contenus dans une même plate-forme.

Actuellement, il n'existe pas de norme appliquée aux outils du e-learning. Cependant, des travaux de normalisation sont présentement en cours entre les organismes de normalisation, tels que ISO, CEN-ISSS WS-LT(Information Society Standardization System – Workshop Learning Technology) et des organismes professionnels tel que le IEEE-LTSC (Learning Technology Standard Committee). Issue de leurs travaux, une nouvelle norme ISO reliée aux ressources d'apprentissage sera établie et acceptée par l'ensemble des organismes. Par contre, étant donné que le processus d'acceptation est généralement très long, il ne faut pas s'attendre à ce qu'elle soit disponible avant 2010.

D'un autre côté, une série de standards reliés au e-learning ont été développés. Les plus connus sont issus des travaux d'organisme dont les principaux sont : AICC, ADL, IEEE, Dublin Core Metadata Initiative, et IMS (Arnal, 2003).

2.1.3.1 AICC

L'*Aviation Industry CBT Committee* (AICC) est une association internationale des technologies, basées sur la formation professionnelle. Elle crée des guides de formation pour les développeurs et évalue différentes techniques de formation. L'AICC a été le tout premier à proposer un standard adopté pour la formation basée sur la technologie Web. Ce standard utilise principalement le protocole HTTP et vise l'interopérabilité entre les plates-formes.

2.1.3.2 ADL

ADL (*Advanced Distributed Learning*) a initié le très populaire standard SCORM (Sharable Content Object Reference Model) en 1997. Ce dernier est constitué d'une collection de spécifications e-learning dont l'objectif premier est d'assurer l'interopérabilité, l'accessibilité et la réutilisation des contenus d'apprentissage (pédagogiques et systèmes) pour la formation en ligne. De plus, SCORM vise à coordonner l'émergence technologique et commerciale en facilitant le partage de contenus entre différents systèmes de diffusion et de conception de la formation. Il permet de surveiller les activités d'un apprenant depuis un Learning Management System (LMS) par agrégation d'objets de contenu échangeable.

Les principaux modèles définis pour faciliter l'apprentissage à partir du Web sont : Content Aggregation Model (CAM), Run-Time environment(RTE), et Sequencing and Navigation(SN) (Ritrovato, 2004).

Objectif principal : Contrôle des objets pédagogiques exécutables sur le Web.

2.1.3.3 IEEE

En 2002, IEEE a proposé le tout premier standard pour les LO. Ce standard appelé Learning Object Metadata (LOM) décrit des moyens d'indexation pour les objets d'apprentissage (LO). Il est le résultat d'un consensus entre divers organismes qui avaient

proposé leurs standards pour décrire les ressources éducatives. On dénote entre autres, ARIADNE, IMS Global Consortium et Dublin Core Metadata Initiative.

Le standard facilite la recherche, l'évaluation, l'acquisition et l'utilisation des ressources éducatives. Il vise également à mettre à disposition le développement de banques de ressources éducatives tout en proposant un schéma conceptuel commun, ce qui permet de favoriser l'interopérabilité sémantique, par l'échange de description de ressources.

Objectif principal : Indexation efficace des objets d'apprentissage.

2.1.3.4 Dublin Core Metadata Initiative

Le Dublin Core Metadata Initiative (DCMI) permet le développement de pratiques et de standards facilitant l'interopérabilité pour les documents en ligne. Il utilise un système de balises de metadonnées afin de qualifier le contenu et les différentes composantes d'un cours. Ces composantes comprennent 15 éléments (éditeur, créateur, date, format, langue, titre, etc.) dont la sémantique a été établie par des experts internationaux provenant de diverses disciplines telles que la bibliothéconomie, l'informatique, le balisage de textes, la muséologie et d'autres domaines connexes.

2.1.3.5 IMS

IMS Global Learning Consortium (IMS) est une corporation sans but lucratif spécialisée dans l'enseignement au 3^e cycle. Leurs standards ont été étendus à l'apprentissage distribué à grande échelle, incluant les écoles, les universités, les corporations et la formation gouvernementale.

Quelques standards importants issus de cet organisme ont été développés: IMS Learning Design, IMS Learning Information Package, IMS e-Portfolio et IMS Question & Test Interoperability.

IMS Learning Design

Le standard IMS Learning Design (IMS-LD) a été mis en place afin de permettre la modélisation du processus pédagogique. En offrant un langage construit avec des concepts

pédagogiques et traduisibles en XML, IMS-LD encadre le processus complet des objets d'apprentissage, de la conception pédagogique d'un cours en ligne à sa diffusion. IMS-LD définit également différentes stratégies d'apprentissage, qui seront utilisées lors du processus d'apprentissage.

IMS-LD est considéré comme un standard essentiel pour la conception d'unités d'apprentissage complexes et réutilisables. Le standard favorise la collaboration entre différentes plates-formes de distribution. Il établit des besoins particuliers tels que la gestion de processus en parallèle, la synchronisation des activités, la distribution du processus entre plusieurs acteurs et la modification dynamique du flot d'exécution du processus.

Objectif principal : Description complète du processus de formation pouvant être basé sur des ressources numériques.

IMS Learning Information Package

Le standard propose une manière commune de stocker et récupérer des informations sur les participants à un processus pédagogique. IMS Learning Information Package (IMS-LIP) facilite l'échange des informations sur les apprenants et les tuteurs à travers différents systèmes de formation. La version 1.0.1 de la spécification propose les catégories d'information suivantes : identification, objectifs, certifications reconnues, résultats académiques, intérêts personnels, compétences, affiliations et accessibilité.

IMS e-Portfolio

Le standard IMS e-Portfolio proposé par IMS Global Learning Consortium favorise l'interopérabilité des informations contenues dans un portfolio numérique (e-Portfolio). Les institutions d'enseignement et les organisations se servent de plus en plus de cet outil technologique pour l'enseignement et la formation professionnelle d'étudiants ou d'employés.

On définit un e-Portfolio comme étant des collections d'informations personnelles qui sont relatives à un apprenant. Il présente ses accomplissements, ses objectifs, ses expériences

professionnelles, ses formations acquises ainsi que d'autres renseignements personnels. Le e-Portfolio sert également à illustrer et à documenter les résultats obtenus par l'apprenant lors de sa formation, de sa carrière ou de sa vie sociale. Le e-Portfolio peut être présenté à une institution scolaire, un employeur ou à tout autre entité afin de résumer le parcours éducatif de l'apprenant. Le e-Portfolio vise principalement à gérer le développement professionnel continu de l'apprenant en validant les acquis en certifiant les compétences et en complétant ou en remplaçant les examens. Également, il peut être utilisé comme un véritable outil d'aide à la recherche d'emploi, présentant les qualifications, les formations ainsi que les expériences professionnelles de l'apprenant.

L'utilisation du e-Portfolio devient impérative dans le processus du e-learning. Il permet de définir clairement le profil de l'apprenant avant d'initier une formation ou une collaboration, et donc l'adaptation du contenu d'apprentissage et de l'interaction avec l'apprenant.

IMS Questions & Test Interoperability

IMS Questions & Test interoperability (IMS-QTI) est une spécification qui décrit des méthodes et des contenus d'évaluation. Elle facilite les échanges et l'interopérabilité des questions énoncées lors des évaluations et des résultats obtenus par l'apprenant.

2.2 Les approches de distribution traditionnelles

Servant à la fois d'outils de communication, de collaboration et même de gestion des compétences, les plates-formes sont aussi des moyens de créer et de gérer des contenus (bibliothèques, etc.) (Arnal, 2003) (Del Pozo, 2005).

En effet, les plates-formes e-learning sont d'abord des outils logiciels de diffusion de contenus de formation en ligne. Elles permettent de créer, de suivre et de gérer le processus complet de formation des apprenants. Les plates-formes e-learning furent d'abord classer en deux catégories : le Learning Management System (LMS) et le Learning Content Management System (LCMS).

Elles furent ensuite adaptées pour diffuser des contenus sur des réseaux plus étendus. Pour y parvenir, d'autres approches de distribution ont été développées et commercialisées. On dénote entre autre les approches client-serveur, paire-à-paire, et plus récemment celles basées sur les services Web. Cependant, l'utilisation des approches basées sur les services Web apportait quelques limitations dans la disponibilité, l'extensibilité et la distribution des ressources d'apprentissage. Pour ces raisons, des approches de distribution via la grille informatique ont été proposées. Elles résolvent les lacunes qui avaient été identifiées dans l'approche basée sur les services Web et permettent d'étendre le réseau de distribution à plus grande échelle (Pankratius et Vossen, 2003).

2.2.1 Learning Management System

Le Learning Management System (LMS) est un système informatique conçu pour optimiser, sur un réseau Internet ou Intranet, la gestion de l'ensemble des activités reliées à la formation. Cette gestion s'applique à l'information sur l'offre, à l'inscription des participants, à la distribution des ressources, à l'organisation de parcours individualisés, au suivi par le tuteur et le tutorat et à l'animation de communautés d'apprentissage. Le LMS a comme principal objectif de simplifier l'apprentissage et les programmes de formation à l'intérieur d'une organisation. Il facilite, par exemple, le suivi de la progression de l'apprentissage par l'employé, ainsi que la communication et la collaboration entre les paires. Le LMS cible, transmet, trace et rapporte la progression d'apprentissage à l'intérieur de l'organisation à l'administrateur. La plupart des LMS n'ont pas la propriété de créer le contenu d'instruction. C'est pourquoi des outils additionnels de création et de partage de contenus sont nécessaires. Ils permettront d'offrir une solution plus complète (Agrawal, 2006).

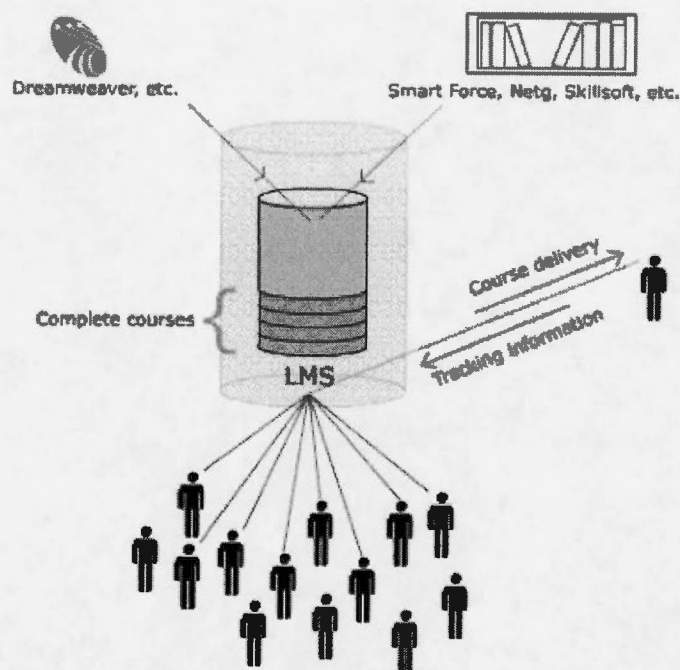


Figure 2.1 Vue d'ensemble du LMS.

Dans la figure ci-dessus, on remarque que la plus petite pièce d'instruction dans le LMS est le cours, qui doit être réutilisable (un cours pour plusieurs apprenants).

2.2.2 Content Management System

L'objectif du Content Management System (CMS) est de simplifier la création et l'administration du contenu en ligne (articles, rapports, images, portails publicitaires, etc.) qui est utilisé dans les publications. Il sépare le contenu de la présentation et contrôle chacune des étapes durant le processus (Agrawal, 2006).

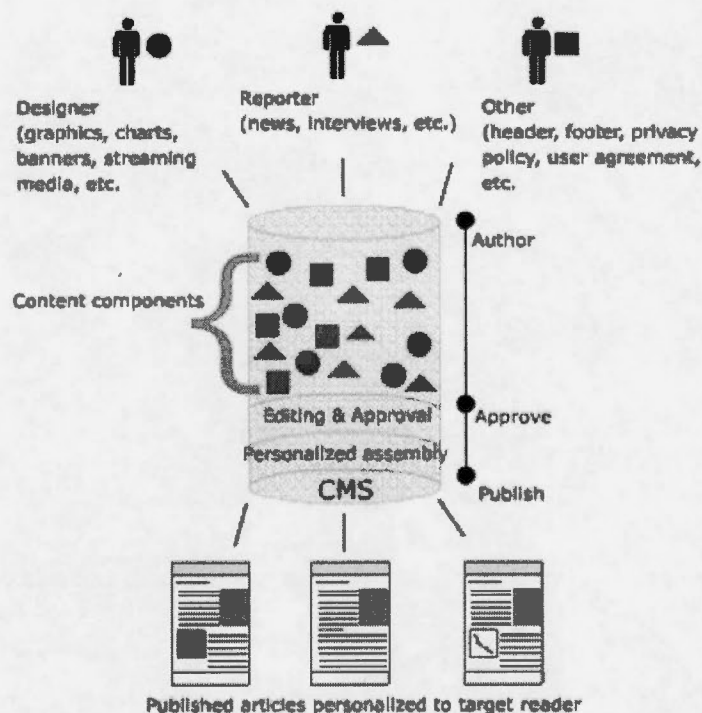


Figure 2.2 Vue d'ensemble du CMS

Dans la figure 2.2, la plus petite pièce d'information représente les composantes du contenu. La réutilisation se fera à ce niveau (une composante de contenu -> plusieurs articles -> plusieurs lecteurs).

Lorsque ces composantes du contenu sont appliquées dans le domaine de l'apprentissage, elles sont appelées objets d'apprentissage (LO).

2.2.3 Learning Content Management System

Learning Content Management System (LCMS) est un système basé sur le Web, qui est utilisé pour approuver, publier et gérer les contenus d'apprentissage (plus spécifiquement ceux qui font référence aux objets d'apprentissage) (Agrawal, 2006).

Un LCMS combine les dimensions de gestion et d'administration d'un LMS traditionnel, avec le contenu de la création et de l'assemblage personnalisé du CMS. Il inclut également des librairies (répertoires) d'objets d'apprentissage réutilisables (Reusable Learning Object(RLO)), qui peuvent être utilisées séparément ou comme une partie d'une série d'instructions. (Un RLO -> plusieurs cours -> plusieurs apprenants)

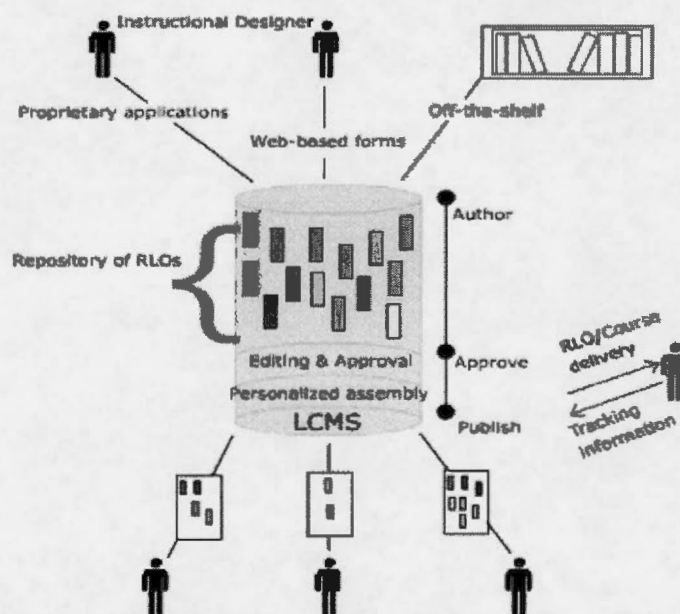


Figure 2.3 Vue d'ensemble du LCMS.

2.2.4 Learning Object Repositories

Mentionnons également que l'utilisation des Learning Object Repositories (LOR) s'attaque aux problèmes du partage et de réutilisation des objets d'apprentissage. Il rend plus efficace la distribution du contenu partagé des ressources d'apprentissage, incluant des milliers de cours et des centaines de milliers de contenus d'apprentissage. Les LOR rentabilisent les investissements dans le domaine de l'éducation. Ils structurent le contenu d'apprentissage, en vue de leur réutilisation future. Ils introduisent un niveau de granularité des objets d'apprentissage, qui consiste à subdiviser les objets d'apprentissage en sous groupes d'objets, réutilisables selon des catégories ou des caractéristiques particulières.

L'utilisation de LOR pour la distribution de ressources partagées se caractérise par (Matkin, 2002):

- Le processus de création : Le processus de création des objets d'apprentissage doit être simple et comporter un contenu structuré. De ce fait, on favorise la réutilisation des ressources.
- La révision et le contrôle d'entrées : Le LOR doit établir des standards pour accepter les objets d'apprentissage. Les standards peuvent agir comme des unités de contrôle et de qualité précèdent une révision du contenu par les pairs.
- L'acquisition des propriétés intellectuelles et des droits de gestion digitaux : Le LOR doit s'assurer que le nom des auteurs est toujours relié à la ressource initiale. Pour ce faire, l'utilisation de polices et de licences seront requises afin d'assurer que l'engagement de l'auteur et du système de gestion de contenu soit respecté.
- La modification, la mise à jour, la suppression et la collaboration : Les LOR sont des entités dynamiques. Ils sont le prolongement d'objets d'apprentissage et répondent à tout changement potentiel. Pour plusieurs communautés, la possibilité de travailler en collaboration améliore considérablement le contenu de l'objet d'apprentissage. Chaque membre de la communauté virtuelle peut modifier, mettre à jour et supprimer le contenu des objets d'apprentissage.
- Le système existant: Le LOR peut également fournir les outils pour faciliter la recherche de contenus d'objets d'apprentissage à travers l'ensemble des LO disponibles dans le répertoire. On pourrait, par exemple, utiliser un processus d'authentification pour accéder systématiquement à un répertoire regroupant des objets d'apprentissage selon une catégorie particulière.
- La publication : Le LOR doit permettre d'extraire ou de publier une nouvelle ressource.
- Le modèle d'affaires (e-Commerce): Le LOR doit avoir un modèle d'affaires permettant de répondre à un besoin concret du domaine.
- L'infrastructure technique : Elle doit posséder sa propre structure afin de préconiser la réutilisation des ressources.

- Les informations de l'usager : Le LOR doit générer des informations concernant les apprenants ainsi que le mode d'utilisation des objets d'apprentissage.
- Les fonctionnalités de support à travers la communauté : La gestion des LOR doit être faite à travers la communauté afin de contrôler le contenu qui y est introduit.
- L'extensibilité : Elle constitue l'une des plus importantes caractéristiques puisque les LOR ont été mis en place pour regrouper un nombre de ressources croissantes. Donc, l'extensibilité des LOR permettra de gérer efficacement un plus grand volume de contenus.

2.3 Les approches de distribution via la grille d'apprentissage

La distribution des objets d'apprentissage à grande échelle se concrétise de plus en plus par l'utilisation de la grille d'apprentissage. Elle a été conçue pour faciliter et améliorer le transfert d'informations de l'enseignant vers l'étudiant.

2.3.1 Architecture de base de la grille d'apprentissage

L'architecture proposée pour les grilles d'apprentissage se fonde sur un système de gestion de contenu (LMS). Le LMS est constitué de deux principaux acteurs : les auteurs et les apprenants. Les auteurs sont des professeurs ou des concepteurs pédagogiques qui créent, emmagasinent et échangent des unités d'apprentissage (LO) à travers le LMS. Essentiellement, les unités d'apprentissage sont des unités d'étude, ou de pratique, qui peuvent être consommées au cours d'une session. Elles représentent également des granules réutilisables qui peuvent être administrées et accédées dynamiquement.

L'utilisation d'une grille d'apprentissage comme mode de distribution de contenu permettra d'élargir le réseau de distribution à un réseau largement étendu. Elle permettra également d'être plus flexible, de coordonner des ressources partagées à travers une collection d'individus et d'institutions et de sécuriser le transfert de contenus.

L'architecture des grilles d'apprentissage, présentée à la figure 2.4 définit la structure centrale de la grille et établit son interaction avec un LMS standard. Les services sont clairement identifiés : ils sont composés de services Web traditionnels ainsi que de services

accessibles uniquement via la grille (Information, Grid Login, Replica-Selection, Replica Management, Broker) (Pankratius et Vossen, 2003).

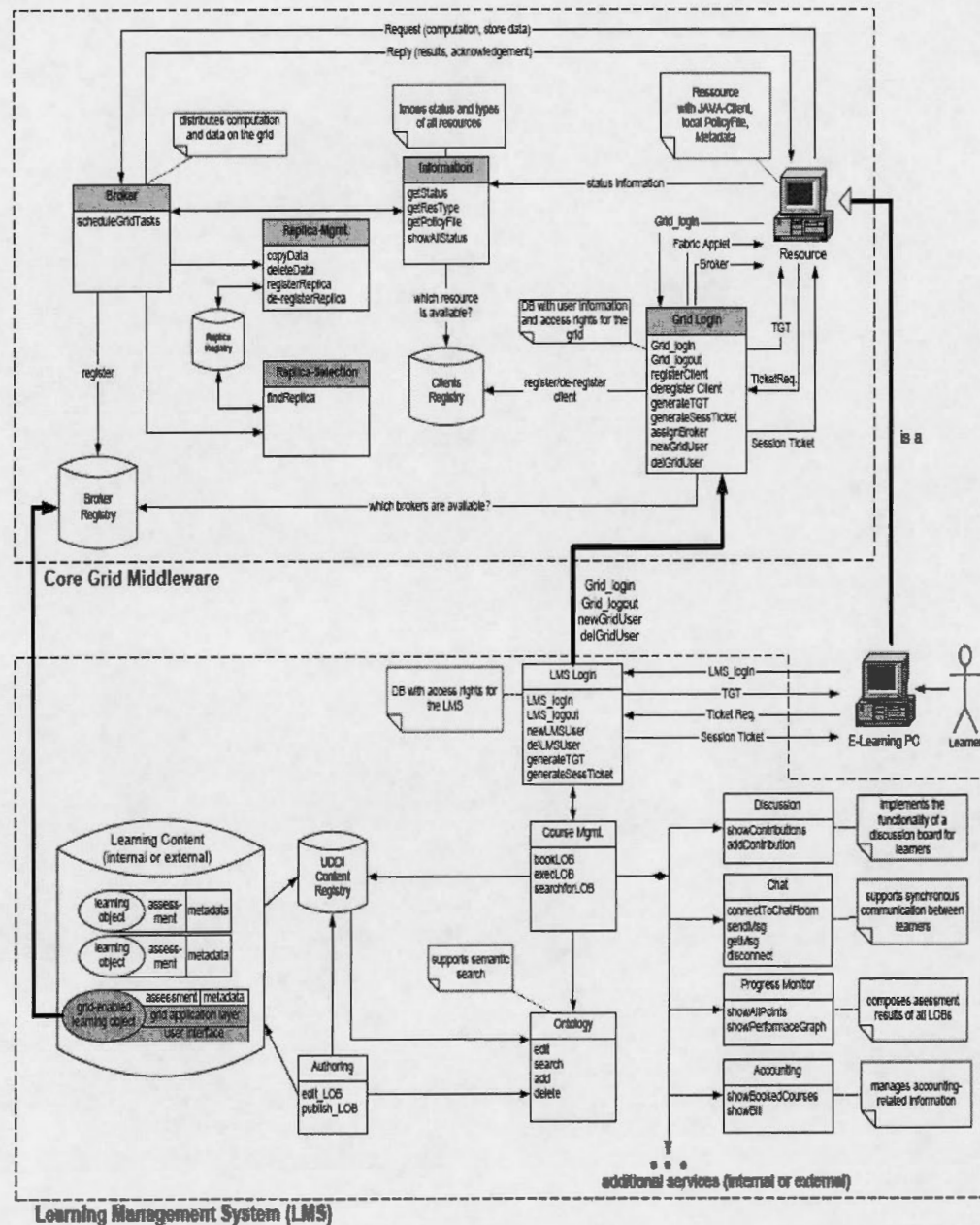


Figure 2.4 Architecture de base de la grille d'apprentissage.

2.3.1.1 Core Grid Middleware

Le Core Grid Middleware est l'élément central de la grille. Il assure la communication et la transmission des données (ou de contenus) entre des ordinateurs, des composantes ou des programmes.

Il définit le processus de partage de contenus en différentes étapes (Pankratius et Vossen, 2003):

1. Par l'entremise de la couche de la **Fabrique**, un *applet* doit être démarré sur chacune des stations de travail participant au partage des capacités de calculs et à l'entreposage de données via la grille. Ceci peut être fait lors de l'authentification de l'utilisateur via une page Web.
2. La couche de la **Connectivité** se connecte à la grille via un service de login. Le service doit avoir accès aux informations relatives à l'utilisateur ainsi qu'à ses permissions sur la grille. Ces informations seront sauvegardées dans une table de hachage. Si le login est admis sur la grille, la station de travail est activée et disponible via la grille d'apprentissage. De plus, un *Broker* est assigné et gère les requêtes à distribuer à travers les autres postes de travail connectés à la grille. De la même façon, la grille gèrera un utilisateur qui ferme sa session.
3. La couche **Ressource** contient un service d'information qui connaît les statuts et les types de toutes les ressources disponibles de la grille. En accédant au registre du client, il détermine quels seront les postes de travail disponibles à l'utilisateur.

Puis, la couche **Collective** fournit un courtier (*Broker*), un gestionnaire des répliques (*Replica management*) et un service de sélection des répliques (*Replica selection service*). Pour simplifier, on assume qu'il y a seulement une copie de chaque service. Également, le *Broker* implémente un algorithme de cédules et est responsable de distribuer les calculs et les données via la grille. Il s'enregistre dans le registre du *Broker*, ce qui permet au service de login de le retrouver. Pour la distribution des données, on utilise des services consistant à faire la réplique de données.

2.3.1.2 Learning Management System

L'apprenant communique avec le LMS via un navigateur Internet. En se connectant au LMS, l'apprenant est aussi connecté à la couche principale d'interlogiciels de la grille. Il bénéficiera à la fois des fonctionnalités du LMS et des services offerts par la grille.

Les fonctions du LMS sont décrites ci-dessous (Pankratius et Vossen, 2003):

- L'apprenant doit s'authentifier via le LMS par le service de login ;
- L'utilisation d'un service d'ontologie permet de rechercher la sémantique des cours. Il contient une ontologie définissant la relation sémantique entre les services Web et ceux qui sont fournis par les objets d'apprentissage. Le service permet également d'ajouter, d'enlever ou d'éditer les recherches pour une entrée particulière dans l'ontologie ;
- Les services Web fournis par l'e-learning contiennent les composantes suivantes:
 - des objets d'apprentissage : qui sont typiquement des leçons ou des cours, composés de plusieurs objets d'apprentissage,
 - des évaluations : qui sont définies par des tests en ligne que l'étudiant ou l'enseignant peut consulter même si la leçon n'a pas été complétée,
 - des métadonnées : qui sont utilisées par les engins de recherche et qui décrivent le contenu d'une façon standardisée.

Le LMS comprend également d'autres services tels que les services de finance, de clavardage, de discussions, et de monitoring académique (qui permet d'avoir les résultats des évaluations et des leçons de l'apprenant). La flexibilité de son architecture permet également d'ajouter des nouveaux services d'apprentissage et de collaboration. De plus, l'architecture des grilles d'apprentissage introduit la notion de Grid Learning Object (GLOB).

2.3.1.3 Grid Learning Object

Le Grid Learning Object (GLOB) définit des objets d'apprentissage sur la grille d'apprentissage. La figure 2.5 représente la structure du GLOB. Elle est reconnue pour sa

flexibilité puisqu'elle peut contenir du contenu conventionnel d'apprentissage, tout en bénéficiant des fonctionnalités de la grille (Pankratius et Vossen, 2003).

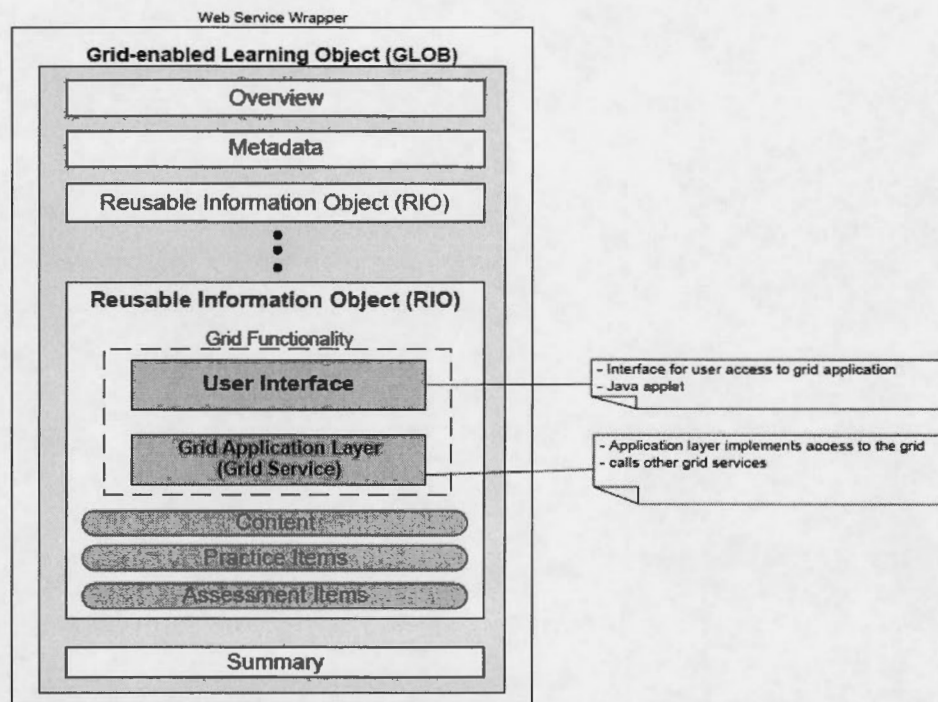


Figure 2.5 La structure Grid Learning Object (GLOB).

Le *Web Service Wrapper* facilite l'intégration du contenu d'apprentissage avec un LMS. Il fournit des opérations pour accéder à une composante du GLOB, pour transformer le contenu (ex. : de XML à HTML) ou pour générer des tests en ligne.

Le GLOB quant à lui, est constitué de quatre composantes principales :

- une vue d'ensemble de la leçon;
- une métadonnée qui contient de l'information caractérisant la grille;
- de multiples Reusable Information Object (RIO) composés de :
 - fonctionnalités de la grille : elles définissent les informations nécessaires pour que la grille soit réutilisable via une interface usager,

- contenu : il représente le contenu d'une unité d'apprentissage. Il peut être sauvegardé dans un format XML ou HTML ou directement dans une base de données,
 - items pratiques : ils peuvent être utilisés pour générer des exercices en ligne pour l'apprenant,
 - items d'évaluation : ils sont utilisés pour générer des tests en ligne pour les examens finaux;
- et un résumé général.

L'utilisation des GLOB diminue considérablement la complexité des LO. En effet, il est structuré de sorte qu'il peut contenir une ou plusieurs tâches à effectuer. Ces tâches, aussi appelées Reusable Information Object (RIO), contiennent en fait le contenu d'un ou plusieurs objets d'apprentissage, ce qui favorise la réutilisation des LO dans la grille d'apprentissage.

Le GLOB rend la communication et l'interaction entre les LO plus efficaces. Il consiste à personnaliser l'apprentissage tout en réduisant les coûts liés à leur création et à leur maintenance. L'utilisation des Reusable Learning Objects (RLO) est souvent justifiée pour les plates-formes e-learning. Ils sont composés de Reusable Information Object (RIO), qui représentent les différentes tâches à exécuter pour atteindre un objectif particulier. La figure suivante illustre un niveau possible de classification de LO (Chen *et al.*, 2004).

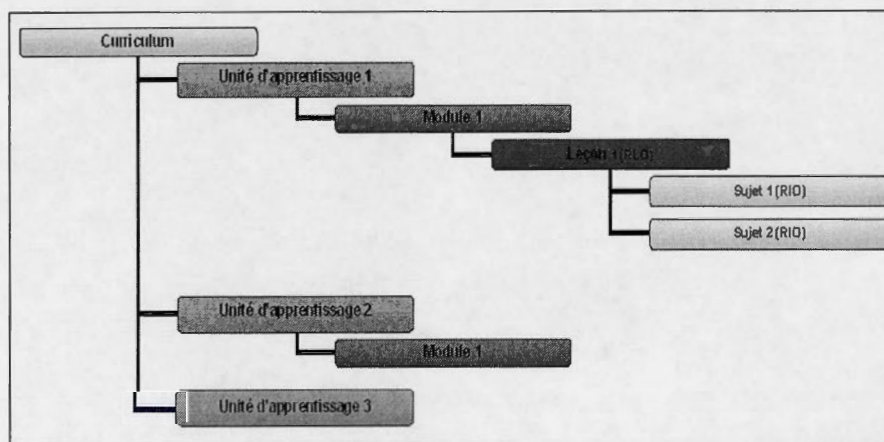


Figure 2.6 Une représentation hiérarchique des objets d'apprentissage.

Dans cette représentation, Chen propose d'ajouter des numéros de séquence aux RLO afin de favoriser une meilleure réutilisation des ressources. L'utilisation d'un numéro de séquence devrait se faire à deux niveaux. Le niveau 1 consiste à ajouter un numéro de séquence correspondant à la priorité de la ressource, tandis que le niveau 2 indique une stratégie de distribution. En ajoutant un numéro de séquence au RLO, on ajustera le contenu d'un objet d'apprentissage, tout dépendant des connaissances de l'apprenant, ce qui permet de personnaliser davantage les objets d'apprentissage dans le but de les réutiliser (Chen *et al.*, 2004).

2.3.1.4 Approche Adaptive Learning Designs

Basée sur IMS-LD, cette approche modélise un environnement d'apprentissage adaptatif (ALD). ALD divise les objectifs, les préalables, les méthodes et les activités d'apprentissage afin de les utiliser séparément dans différents modèles d'apprentissage et ainsi favoriser leur réutilisation.

La plupart des approches adaptatives sont actuellement basées sur les schémas *manifest*, qui contiennent toutes les informations nécessaires pour interagir avec une unité d'apprentissage. Cependant, ces approches entraînent quelques problèmes associés à leur représentation. On dénote entre autres les problématiques suivantes (Berlanga et Garcia, 2005):

- Des difficultés inhérentes liées aux interactions avec des règles ayant de multiples caractéristiques ;
- De la redondance dans la création et l'entreposage des données : la même stratégie est encodée dans de multiples *manifests* ;
- Des connaissances concernant les objets d'apprentissage souvent incorporées dans le *manifest*, et non accessibles à travers les métadonnées pour l'utilisation de stratégies nouvelles ou arbitraires ;
- Un déploiement non adaptatif qui une fois distribué, ne peut être modifié pour prendre avantage des nouvelles stratégies adaptatives.

Pour contrer ces problèmes, une nouvelle approche est proposée. Elle vise à décentraliser la logique adaptative contenue dans les *manifests* et à communiquer toute la logique de l'application au serveur.

Adaptative Learning Design

Un Adaptative Learning Design (ALD) est une unité d'apprentissage contenant des comportements personnalisés. On veut fournir à chaque étudiant, un flux d'apprentissage adéquat selon ses caractéristiques et ses propriétés personnelles. ALD est sémantiquement structuré et modélisé selon les standards émis par IMS-LD. Les éléments sont définis et stockés comme des composantes distinctes qui peuvent être réutilisées et échangées via différents ALD, des contextes d'apprentissage, des leçons et des cours (Berlanga et Garcia, 2005).

Actuellement, il y a trois façons de réutiliser un ALD (Berlanga et Garcia, 2005):

- Transformer un ALD en gabarit.
- Réutiliser un ALD ou modifier un ALD dans le but de mettre à jour la configuration ou le contexte.
- Réutiliser les éléments du ALD où les composantes spécifiques d'un ALD sont échangées (via d'autres ALD).

La figure 2.7 représente cette approche. On peut remarquer que chaque type d'éléments (règles, méthodes, rôles, etc.) est entreposé dans différents répertoires qui regroupent chacun des types disponibles. Bien que les relations ne soient pas toutes représentées entre les différentes composantes, elles permettent d'évaluer la structure et la composition d'une unité d'apprentissage. De cette façon, les composantes peuvent être réutilisées et échangées à travers différentes applications et outils, qui sont conformes à la spécification IMS-LD.

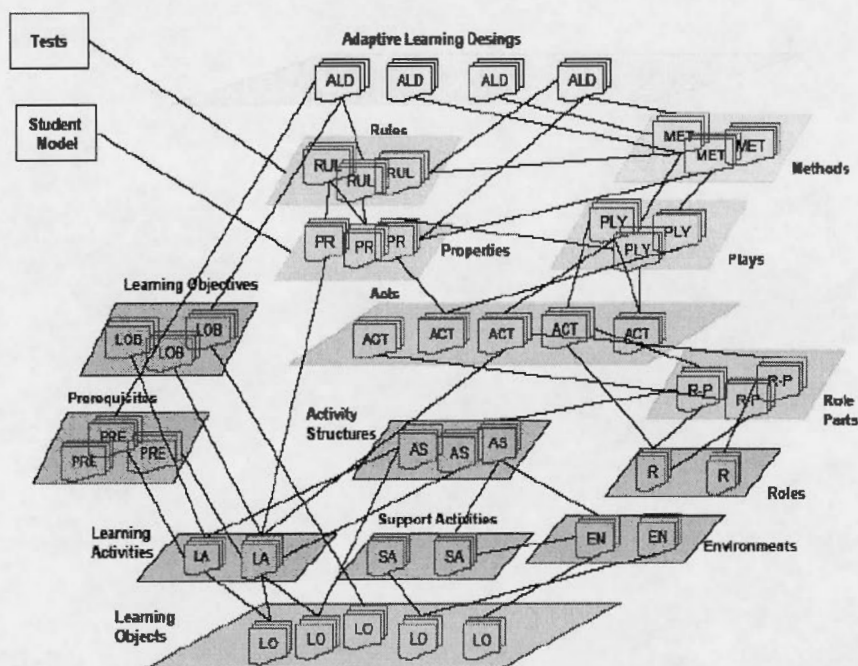


Figure 2.7 Approche Adaptive Learning Designs (ALD).

Également, on peut remarquer que les propriétés sont connectées au modèle de l'étudiant, ce qui permet de gérer, mettre à jour et retrouver les informations de l'utilisateur. Similairement, les règles adaptatives sont connectées à un sous-répertoire de tests, qui contient les évaluations ou les formulaires utilisés pour évaluer les propriétés. Idéalement, le modèle de l'étudiant doit être conforme aux spécifications IMS-LIP et IMS-QTI.

La figure ci-dessous représente un exemple d'unité d'apprentissage représentée avec ALD. Il inclut les propriétés de personnalisation (P-Initial-Knowledge) pour entreposer les connaissances de l'étudiant sur un sujet.

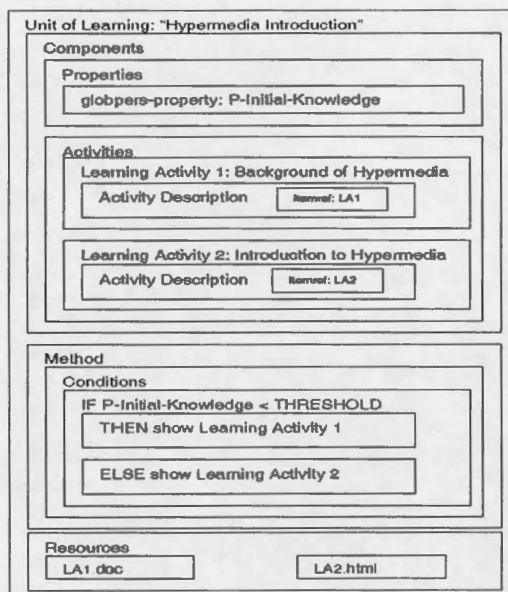


Figure 2.8 Exemple de la stratégie de représentation ALD.

2.3.2 Architecture de collaboration via la grille d'apprentissage

La spécification IMS Learning Design (IMS-LD) a joué un rôle prépondérant dans la modélisation et dans la description des séquences d'apprentissage complexes. IMS-LD facilite la description formelle du processus de l'enseignement à travers un langage qui définit : « *Qui fait quoi, quand et avec quel contenu* » (Navarro et al., 2005).

Le modèle qui sera présenté permet la création de structures d'apprentissage complexes, où les activités éducatives sont développées parallèlement avec la participation de différents usagers dans un environnement coopératif. Il élimine les limitations liées au volume d'informations et réagit aux changements fréquents des LO géographiquement dispersés.

Notons également qu'un des besoins actuels de l'apprentissage en ligne est de résoudre par des techniques distribuées des problèmes complexes liés à la gestion des LO. Pour ce faire, l'utilisation d'unités d'apprentissage est choisie afin de simplifier la complexité et la coopération des LO dans un environnement d'apprentissage distribué.

L'approche de distribution représentée ci-dessous (Navarro et al., 2005) est basée sur l'architecture des grilles d'apprentissage décrite précédemment. Elle permet l'interaction entre les grilles d'apprentissage et le processus d'enseignement. Cette approche rend possible l'utilisation d'un large volume d'information via les outils qui nécessitent une grande puissance de calcul. Par le fait même, cette architecture facilite la prise de décision et l'élaboration de solutions hautement complexes.

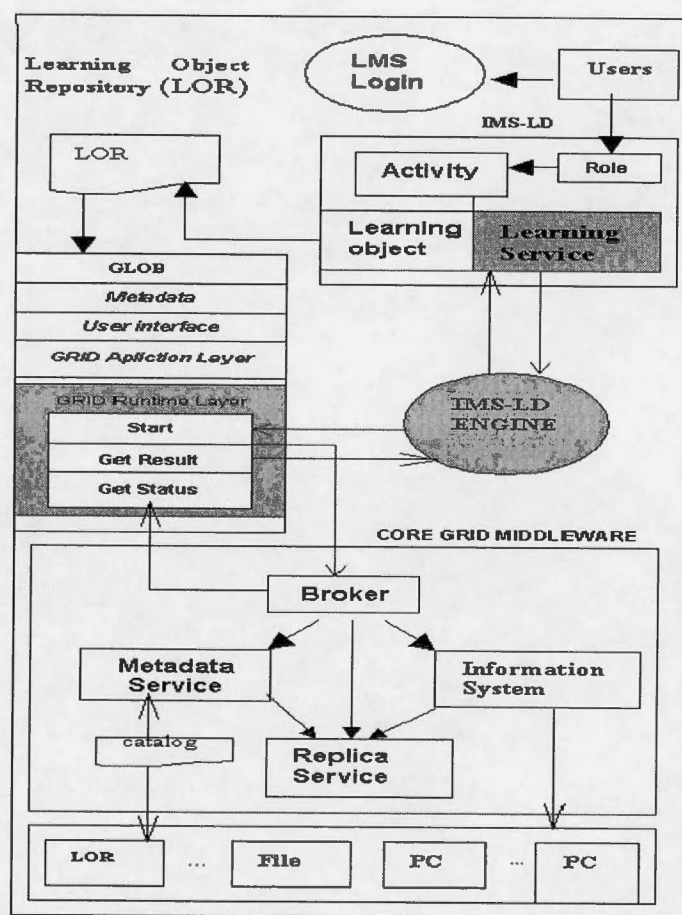


Figure 2.9 Architecture initiale de collaboration.

On décrit cette architecture par quatre composantes principales:

- LMS : dans cette approche, on considère que le LMS possède son Learning Object Repository (LOR). Il est utilisé autant par les professeurs que par les apprenants durant le processus d'apprentissage;
- GLOB : ils sont utilisés sur la grille durant le processus d'apprentissage. Les métadonnées et les services qui les composent garantissent l'obtention de ressources d'apprentissage sur la grille à travers le composant *Runtime Interface Layer*. Le GLOB définit les statuts de la grille et d'autres résultats reliés à son exécution. Elle assure la communication entre le IMS-LD Engine et la grille d'apprentissage;
- IMS-LD Engine : Cette couche abstraite de l'architecture inclut des services qui supportent les statuts de la grille ainsi que d'autres services reliés à l'exécution des résultats;
- la grille : Elle est composée d'un système intermédiaire, appelé *Broker*, qui gère les ressources (données, ordinateurs) sur la grille. Elle définit également un service de métadonnées qui permet, par l'entremise d'un catalogue, de gérer les données en utilisant le Lightweight Directory Access Protocol (LDAP), rendant ainsi la gestion des données distribuées très efficace. Notons également que la grille comporte un service de réplication qui améliore la performance lors de la gestion et du transfert des données.

Les grilles d'apprentissage disponibles, seront reconnues par le LMS, à travers la métadonnée du GLOB. Dans la structure d'apprentissage, l'enseignant doit définir un service d'apprentissage à partir d'une ressource externe qui servira à définir une activité comme une partie du processus d'apprentissage d'enseignement. Le *Grid Runtime Layer* accédera au service d'apprentissage une fois qu'il aura été activé par le IMS-LD Engine.

Mentionnons également que l'utilisation des LOR permettrait de restructurer l'information à l'intérieur des communautés virtuelles. Elle accèderait plus rapidement au contenu, sans toutefois avoir de duplication relié à l'information.

2.3.2.1 P-Learning Grid

Pervasive Learning Grid (P-Learning Grid) est une architecture orientée-service, basée sur les grilles d'apprentissage. Elle vise à enrayer les difficultés associées au partage des objets d'apprentissage distribués sur différentes plates-formes d'e-learning. Le P-Learning Grid aide à favoriser la collaboration mais aide aussi à rendre plus efficace la réutilisation des objets d'apprentissage. Dans l'apprentissage en ligne, il rend accessibles les ressources d'apprentissage en tout temps, peu importe la localisation de l'apprenant.

Les principaux objectifs du P-Learning Grid sont (Liao, Yang, et Hsu, 2005):

- Fournir un service d'arrangement adéquat entre les différents LMS durant une session ou un processus d'apprentissage.
- Adapter l'apprentissage à travers les différentes plates-formes (standardiser les moyens d'évaluation des LO).
- Inciter une meilleure collaboration à travers les différents LMS dans l'intérêt de faire des tâches reliées à l'apprentissage.
- Fournir un seul portail par apprenant en intégrant tous les désirs matériels de ce dernier ainsi que toutes les capacités du portail.
- Supporter l'apprentissage à vie d'un apprenant.

L'architecture P-Learning Grid est représentée à la figure 2.10. La partie de gauche montre quelques services LO supportés par différents créateurs de contenus. Les services peuvent être géographiquement dispersés ou pris en charge par différentes plates-formes d'apprentissage. Chaque nœud contenant des services LO représente une organisation virtuelle. Chacune de ces organisations virtuelles peut utiliser leurs plates-formes d'e-learning, leurs systèmes d'exploitation, leurs composantes matérielles et leurs règles de contrôle (police).

Le *Grid Engine* est l'élément central de l'architecture. Il est composé du service de Registre et du service de Fabrique. Le service de Registre rend chaque objet d'apprentissage

disponible sur la grille. Tandis que le service de Fabrique permet de gérer les services sur la grille en surveillant l'état de chaque nœud et en gérant dynamiquement les changements.

Puisque le P-Learning Grid est basé sur les grilles informatiques, l'ordinateur hôte de chaque nœud est distribué paire-à-paire. Ce qui signifie que l'information peut être partagée et échangée entre chaque nœud. Les services LO dans le P-Learning Grid sont dynamiquement générés, recherchés, déployés et associés à d'autres services existants.

Dans la figure 2.10, on remarque également que la partie de droite illustre les clients potentiels du P-Learning Grid. On peut accéder au P-Learning Grid n'importe où, n'importe quand. D'emblée, les apprenants pourraient donc accéder aux ressources d'apprentissage via un portable, un Tablet PC, un PDA, un cellulaire ou un ordinateur personnel (Liao, 2004).

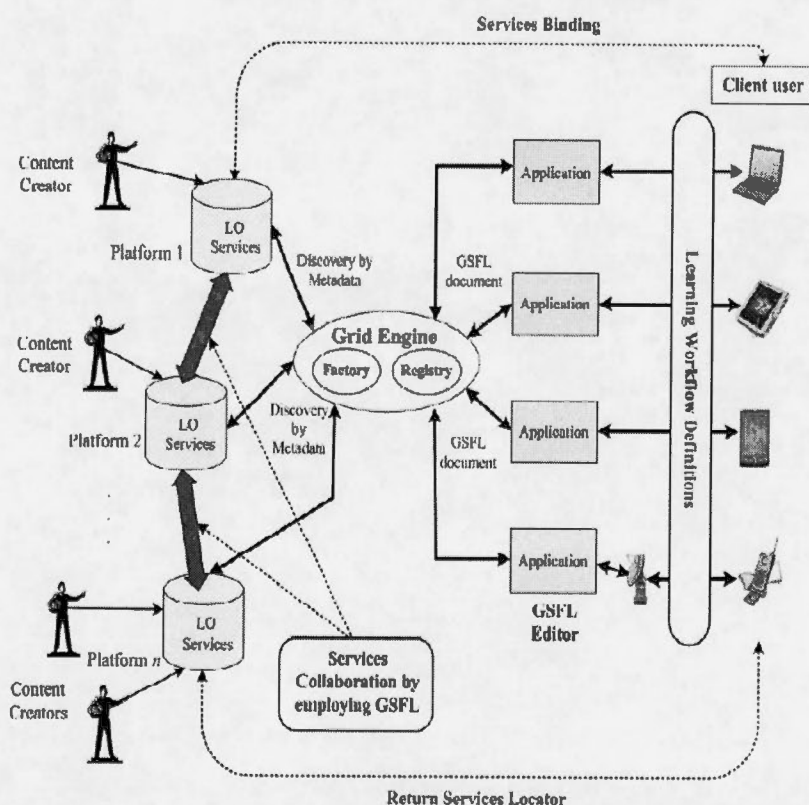


Figure 2.10 Architecture système de P-Learning Grid.

Finalement, le P-Learning crée et gère des objets d'apprentissage efficacement. Il prône la collaboration entre les services ainsi que la réutilisation des ressources. Pour favoriser la collaboration entre les divers services, on utilise le Grid Service Flow Language.

Grid Service Flow Language

Le Grid Service Flow Language (GSFL) a été développé afin de faciliter la communication et les interactions entre les objets d'apprentissage. Concrètement, il coordonne et favorise la collaboration entre les LO via la grille d'apprentissage.

Le document GSFL, basé sur XML, est représenté par différentes balises qui identifient une clé unique, des imports, des fournisseurs de services, des modèles de composition ainsi que le cycle de vie du modèle. Il décrit le flux de travaux des différents services de la grille qui peuvent être réutilisables dans la création de nouveaux objets d'apprentissage. La figure 2.11 représente un exemple d'utilisation du GSFL à laquelle on a greffé quatre services d'apprentissage : OneWordEveryday, OneSentenceEveryDay, LifeEnglish et Assessment. Ces services produiront un service de collaboration qui consistera à intégrer, comme un service du dictionnaire collectif, en ensemble de services visant à accomplir un but collectif.

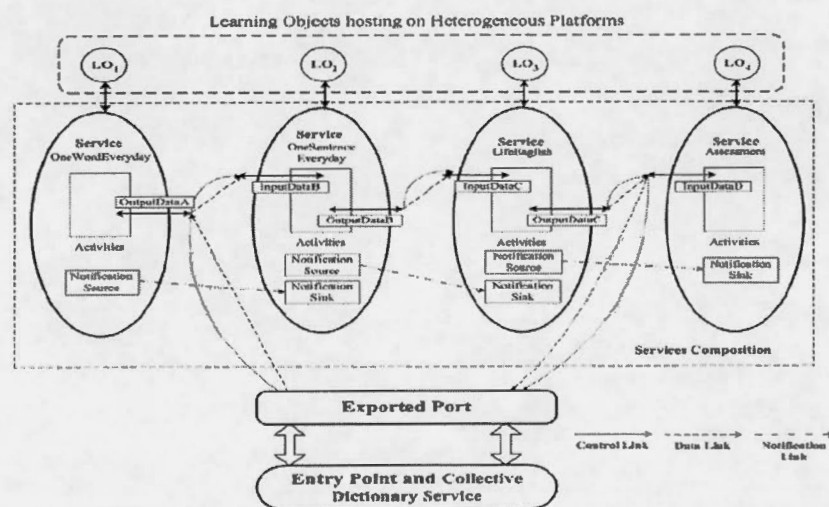


Figure 2.11 Le flux de travail entre la composition des 4 objets d'apprentissage.

Le fonctionnement général est décrit de la façon suivante (Liao, 2004):

1. L'apprenant se connecte au P-Learning Grid et demande *un mot* du dictionnaire.
2. La requête est prise en charge par le GSFL et est transmise au service LO correspondant à la requête.
3. L'apprenant reçoit la réponse à sa requête : il obtiendra non seulement *un mot* du dictionnaire, mais également une pensée du jour, une phraséologie et différentes questions d'évaluation se rattachant à *ce mot* du dictionnaire.

De plus, afin d'assurer la collaboration entre les objets d'apprentissage, on utilise un service de notification. Il permet d'avertir le service suivant lorsqu'il a terminé sa tâche avant d'exécuter la prochaine tâche. De cette façon, la grille connaît le statut de chaque objet d'apprentissage et est informée de toute anomalie du système.

Finalement, Le GSFL décrit le flux de travail de la composition d'objets d'apprentissage distribués géographiquement dispersés. La méthode de collaboration résout les difficultés liées au partage de ressources distribuées sur différentes plates-formes et rend applicable la réutilisation et la collaboration des objets d'apprentissage. Des résultats expérimentaux ont démontrés que différents services reliés aux objets d'apprentissage favorisent les interactions entre eux et définissent clairement le cycle de vie du service (Liao et Yang, 2004).

2.4 Comparaison des approches de distribution via la grille d'apprentissage

Les approches de distribution jouent un rôle prééminent dans la façon de distribuer le contenu d'apprentissage. L'utilisation des RLO et des numéros de séquence dans l'ordonnancement des unités d'apprentissage pourrait contribuer à améliorer le flux de travail et à faciliter la réutilisation des LO dans d'autres contextes.

Mentionnons également qu'il serait intéressant d'avoir une nouvelle approche qui facilite la collaboration des objets d'apprentissage, comme le proposait le P-Learning Grid, tout en ayant l'aspect adaptatif de ALD. Le système pourrait ainsi s'adapter selon les règles

et selon l'évolution de l'apprenant, en accédant aux ressources d'apprentissage n'importe quand et n'importe où (PDA, cellulaire, portables, etc.).

Finalement, les plates-formes actuelles du e-learning ont encore beaucoup de progrès à faire. Entre autre, la collaboration via la grille d'apprentissage ne peut pas actuellement être gérée efficacement si on ne regroupe pas les personnes ayant les mêmes intérêts à l'intérieur d'une communauté virtuelle. En favorisant les échanges et les interactions entre les membres d'une communauté, on s'assure que les membres ont un intérêt commun et ont un bénéfice à partager leurs connaissances avec les autres membres de la communauté virtuelle.

Le tableau suivant compare les différentes approches de distribution. Pour chacune d'entre elles, les limitations et les avantages seront présentés.

Tableau 2.1

Tableau récapitulatif des différentes approches de distribution

Approches	Avantages	Limitations
Architecture de base de la grille d'apprentissage	• Architecture de base. • Intègre bien le LMS et l'architecture des grilles informatiques. • Standard : IMS-LD.	• Ne peut pas fonctionner avec d'autres outils de gestion (CMS ou LCMS). • Ne favorise pas la collaboration.
Approche ALD	• Les règles sont adaptatives. • Utilise LOR pour structurer les LO. • Évite la redondance au niveau des annotations et de la création d'un élément. • Standard: IMS-LD, IMD-LIP et IMS-QTI. • Il est fortement recommandé pour les STI. • Les unités d'apprentissage (ALD) peuvent être réutilisées et échangées.	• Peut être complexe à gérer. • Aucune facilité pour favoriser la collaboration entre les entrepreneurs.
Architecture Initiale de collaboration	• L'environnement rend coopératif, flexible et réutilisable les LO. • Il peut introduire un grand nombre d'information. • Introduit IMS-LD sans modifier sa spécification. • Utilise un répertoire pour regrouper les éléments similaires : très efficace pour la réutilisation des ressources. • Standard : IMS-LD	• Le système s'adapte difficilement aux changements de règles. Il n'est pas adaptatif.

P-Learning Grid	• Le système est actif <i>n'importe où, n'importe quand.</i> • Favorise les interactions et les communications entre les LO. • Favorise la collaboration via les organisations virtuelles. • Définit un flux de travail dynamique. • Gère le cycle de vie d'un service via la grille. • Partage les ressources sur différentes plates-formes e-learning. : LMS, LCMS. • Favorise la réutilisation des LO.	• Le système ne s'adapte pas aux changements facilement • L'aspect dynamique de la collaboration peut avoir de lourdes conséquences sur la performance.
------------------------	---	--

2.5 Services attendus du e-learning

Devant l'engouement des étudiants face au clavardage (chat) et aux nouvelles technologies de l'information, la formation en ligne doit s'adapter à sa nouvelle clientèle en appliquant les nouveaux paradigmes de l'enseignement. Elle doit fournir à l'apprenant des lignes directrices qui doivent le guider et le surveiller tout au long de son apprentissage.

Pour ce faire, le e-learning doit offrir un éventail de services. En voici quelques uns :

- Services d'assistance : Permettre à l'utilisateur d'avoir de l'aide en ligne tout au long de son apprentissage.
- Service de qualification : Qualifier l'apprenant et lui donner accès aux ressources dont il possède les qualifications et les compétences.
- Service de coordination : S'assurer que les ressources matérielles ou physiques demandées par l'utilisateur lui soient acheminées dans un délai raisonnable.
- Service de collaboration : Restreindre les services de collaboration aux individus partageant les mêmes intérêts. Les services de collaboration souhaités sont: les forums de discussion, la messagerie instantanée, les conversations vocale, les conversation vidéos, les conférences, etc.

- Service de messagerie : Permettre à l'utilisateur d'envoyer et de recevoir des courriels.
- Service de gestion de fichier : Permettre le partage de différents types de fichiers tels que les fichiers textes, les images, les vidéos, etc.
- Service de politique de contrôle d'accès : Limiter l'accès à des ressources et à des communautés virtuelles selon le profil de l'usager.

De plus, il est important d'assurer l'intégrité des données et de suivre l'évolution de l'apprenant tout au long de sa formation. Par conséquent, cela impliquerait qu'au fur et à mesure que l'apprenant parfait ses connaissances, son profil soit systématiquement mis à jour.

On devrait également permettre à l'apprenant de développer une certaine autonomie durant son processus d'apprentissage. De cette façon, il améliorerait ses techniques d'apprentissage et obtiendrait par la suite, de meilleurs résultats.

CHAPITRE III

PROPOSITION D'UNE ARCHITECTURE SOA VIA LA GRILLE D'APPRENTISSAGE

3.1 Grid Learning Service

3.1.1 Définition

L'évolution actuelle du e-learning est de plus en plus influencée par le développement à grande échelle des services dits « *à la carte* ». Avec l'avènement de l'apprentissage universel, la construction du contenu et la disponibilité de la téléprésence, ont tous deux été substantiellement améliorés, dû au passage de la formation classique vers une technologie plus générique d'apprentissage. Le paradigme de la grille d'apprentissage vise à répondre à cette demande en favorisant l'utilisation de l'intelligence collective et en personnifiant les services d'apprentissage selon le profil de l'apprenant.

Le Grid Learning Service (GLS), aide à réaliser cet objectif en fournissant une gamme de services via la grille d'apprentissage permettant de favoriser le cycle de l'apprentissage tout au long de la formation. Il est actuellement considéré comme l'un des projets les plus prometteurs permettant de réunir le matériel didactique sur des ordinateurs à distance. L'utilisation de la grille d'apprentissage comme mode de distribution ne fait pas seulement référence à l'effet multiplicateur de la connectivité, mais elle permet également de personnaliser l'utilisation de l'intelligence collective fournit par des ordinateurs en réseau et de supporter les échanges, les négociations, les dialogues à l'intérieur et entre les communautés virtuelles, évolutionnaires et omniprésentes.

Le GLS peut accéder et trouver du matériel éducationnel pertinent, détecter les changements, fournir un support pédagogique et refléter les changements dynamiquement lors du partage des connaissances. Il doit également considérer les solutions du e-learning, spécialement pour les usagers qui sont géographiquement dispersés telles que la surcharge du cognitivisme et la distance transactionnelle (Nkambou, Gouardères et Woolf, 2005).

3.1.2 Intégration du GLS dans l'OGSA

Le GLS est considéré comme étant une véritable extension de l'OGSA. Il permet entre autre de faciliter : la collaboration, la diffusion de contenu et le partage d'objets d'apprentissage.

Il est représenté à la figure 3.1 comme étant une adaptation de l'architecture traditionnelle des grilles informatiques. Il est intégré dans l'architecture entre les couches définissant les services de l'OGSA et les applications d'e-learning. On définit le GLS comme étant un ensemble de services appliqués et adaptés à l'apprentissage en ligne.

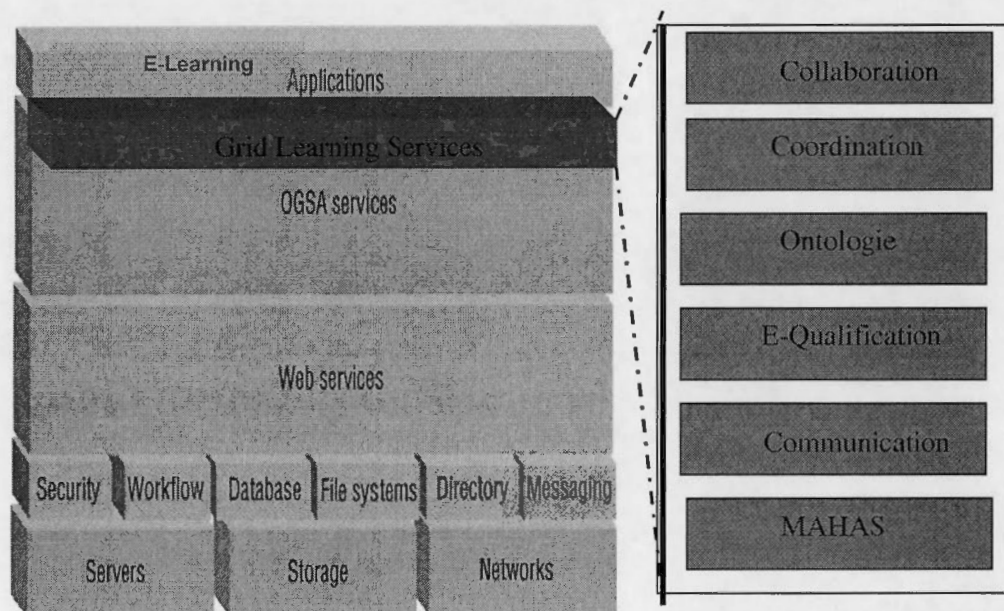


Figure 3.1 Architecture GLS (adapté de (Baker et al., 2005)).

3.1.3 Les services offerts

Le GLS définit actuellement six services :

- Collaboration;
- Coordination;
- Ontologie;
- E-Qualification;
- Communication P2P;
- MAHAS.

3.1.3.1 Collaboration

Le service de collaboration reflète un processus de conversation complexe. Il doit considérer le contexte social, où le processus d'apprentissage intervient afin de supporter le processus de conversation universel. Par conséquent, il ne doit pas considérer les capacités de l'apprenant d'une manière abstraite, mais l'associer à des situations spécifiques (ex. : le contexte). La collaboration implique également l'appartenance à une communauté. Ce qui permet de travailler conjointement avec un ensemble d'individus afin d'atteindre un objectif commun (Gouardères et al., 2005).

3.1.3.1 Coordination

Le service de coordination s'assure de la coordination des ressources à l'intérieur d'une organisation virtuelle tout au long du processus de l'apprentissage.

3.1.3.2 Ontologie

Dans le contexte du GLS, les grilles sémantiques sont utilisées pour faciliter la collaboration dans des environnements collaboratifs existants. L'utilisation du service de l'ontologie joue un rôle proéminent dans la capacité d'échanger de l'information et de promouvoir le processus permettant de définir le domaine de connaissance. Le service de l'ontologie contribue entre autres, à diffuser et à localiser l'information de manière à personifier les services d'apprentissage pour un étudiant spécifique.

La perspective à laquelle l'ontologie est proposée met l'accent sur le besoin de définir des méthodologies afin de représenter les connaissances et la modélisation à travers une structure de connaissances adéquates (Gouardères, Nkambou et Yatchou, 2004).

3.1.3.3 e-Qualification

Ce service vise à vérifier et à qualifier une ressource pour un curriculum donné. La qualification est émise selon les critères suivants :

- La mise en correspondance de la valeur pédagogique et de la ressource éducationnelle.
- La qualité de la ressource selon certains paramètres prédéterminés (commentaires de l'utilisateur, classement).
- L'évaluation des capacités de l'apprenant.

De plus, l'indexation actuelle du processus de e-Qualification ne devrait pas seulement considérer les métadonnées qui mettent l'accent sur l'aspect démographique de la ressource(ex. : auteur, âge de l'étudiant, niveau de l'étudiant, type de médias), mais aussi sur les caractéristiques sociales (genre, langue maternelle, culture), les caractéristiques cognitives (développement cognitif, capacité spatiale, les calculs mathématiques) et les caractéristiques affectives (efficacité, motivation, attitudes, intérêts) (Gouardères, Nkambou et Yatchou, 2004).

3.1.3.4 Communication P2P

Une série d'agent a été proposée pour résoudre les problèmes reliés aux communications sur la grille informatique à travers un dispositif appelé *Grid-e-Card*. Les auteurs assument que les usagers peuvent être réunis selon les connaissances acquises ou les objectifs qu'ils souhaitent atteindre.

Le service de communication P2P est basé sur la gestion de portfolios électroniques des utilisateurs. Il agit comme étant une prothèse de connaissance permettant au processus du e-Qualification de gérer dynamiquement l'évaluation des connaissances. Ce qui permet de

joindre dynamiquement une nouvelle organisation virtuelle qui correspondrait davantage à l'intérêt de l'apprenant (Gouardères, Nkambou et Yatchou, 2004).

3.1.3.5 MAHAS

Le Multi Artificial and Human Agents Systems (MAHAS) est un service où les Agents Artificiels (AA) et les Agents Humain (HA) peuvent interagir et échanger de l'information et des connaissances facilement sans aucune contrainte relative à la nature de l'agent. Le modèle est basé sur STROBE et propose d'enrichir le langage des agents (environnement et interpréteur) en leurs permettant d'être mis à jour dynamiquement, non seulement au niveau des données et du contrôle, mais aussi au niveau de l'interpréteur (Méta niveau) (Jonquet et Cerri, 2004).

3.2 Les services de la collaboration

Dû à l'augmentation du nombre d'utilisateurs sur Internet, le e-learning devient de plus en plus convoité. Il a le pouvoir de renchérir le contenu d'apprentissage en permettant une plus grande collaboration entre diverses personnes, qui partagent les mêmes intérêts.

Les services de collaboration furent d'abord basés sur de simples communications de texte, tel que les courriels et les Usenets. Ils étaient exécutés sans toutefois nécessiter de réponse immédiate du mandataire (communication asynchrone). Les applications de clavardage (chat) ont ensuite été développées afin d'avoir des discussions écrites (synchrones) avec un ou plusieurs individus. Ce nouveau service de collaboration entraînait le développement d'outils collaboratifs. On dénote entre autre la tenue d'agendas interactifs, de calendriers dynamiques, de confections de sondages virtuels ainsi que d'autres outils de gestion et d'administration (Lessard et Bibeau, 2001).

Les services de collaboration les plus connus sont actuellement : la messagerie instantanée, les conférences électroniques et les collecticiels (logiciel permettant aux utilisateurs reliés par un réseau de travailler en collaboration sur un même projet). Ils ont un impact considérable dans la réduction des coûts de coordination à travers l'écosystème de l'entreprise (Meta Group, 2003).

Dans le cadre de ce projet, on définira un ensemble de services de collaboration permettant de faciliter le partage d'objets d'apprentissage (LO) à l'intérieur d'une organisation virtuelle. Entre autre, on définira un service de la messagerie instantanée ainsi qu'un forum de discussion.

3.2.1 Organisation virtuelle et communauté virtuelle

Pour rendre la grille d'apprentissage davantage interactive, la création et la gestion d'organisations et de communautés virtuelles sont nécessaires.

3.2.1.1 Les organisations virtuelles

Définition

Une organisation (ou entreprise) virtuelle se définit comme étant l'unification de ressources et de compétences s'unifiant pour répondre à un besoin ou à une opportunité spécifique. Cette alliance est en général définie sur un court terme. Une fois le bien ou le service livré, le regroupement est alors démantelé.

Afin de faciliter la coopération, il est nécessaire de mettre en place une infrastructure permettant de partager des documents, d'assurer la coordination des ressources d'apprentissage et de favoriser les communications sans la moindre contrainte géographique. La mise en place de cette infrastructure a donné naissance aux organisations virtuelles.

Mentionnons également que l'utilisation du terme *virtuelle* prend son sens de plusieurs manières. On peut parler de virtualité pour qualifier l'aspect immatériel qui ressort du concept d'organisation virtuelle. En effet, l'organisation virtuelle n'existe pas physiquement, chaque membre de l'organisation travaille à partir de sa propre entreprise et est connecté à l'entreprise virtuellement (Lambert, 2003).

Avantages

Les intérêts pour un individu de participer à une organisation virtuelle sont multiples. En effet elle permet (Lambert, 2003):

- d'accéder à de nouveaux marchés;
- de partager les coûts associés à la création et à la maintenance d'objets d'apprentissage;
- d'augmenter ou de diversifier leurs revenus sans compromettre leur autonomie;
- d'offrir une compétitivité puisque chaque entreprise se concentre sur sa spécialité.

3.2.1.2 Les communautés virtuelles

Les communautés virtuelles permettent de fédérer et de valoriser les savoirs et les compétences de personnes ayant des centres d'intérêts communs. Elles visent également une gestion équitable des ressources (humaines, naturelles, financières) et permettent de fournir le contexte idéal pour collaborer et stimuler les échanges.

Le GLS utilise le e-Portfolio pour qualifier les apprenants dans la communauté virtuelle. De cette façon, les membres de la communauté ont un objectif collectif.

3.2.2 Les approches actuelles de mise en œuvre de la collaboration

Depuis quelques années, on remarque que la technologie P2P (Peer-to-Peer) est devenue de plus en plus mature et encourage la venue des approches orientées sur les services. En effet, la technologie P2P, permet d'établir une connexion directe entre les utilisateurs (via ordinateurs de bureaux, portables et appareils mobiles), d'accéder à toutes les formes de contenus et d'utiliser à distance des ressources physiques tel que des processeurs, des disques durs, des imprimantes, etc (Volz, 2001).

La figure suivante donne une vue d'ensemble sur l'état actuel des technologies et des applications associées aux entreprises, à la gestion de projet et à la collaboration. On remarque que cinq compagnies sont principalement reconnues dans le contexte de la

collaboration : Endeavors Technology, Groove Networks, Ikimbo, Jabber et WorldStreet Corp.

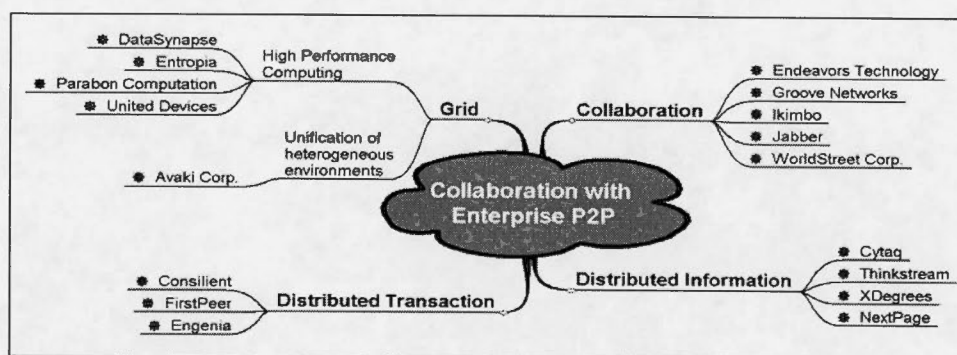


Figure 3.2 Les entreprises du marché.

3.2.2.1 Endeavors Technology

Magi Enterprise est une multi plate-forme intégrant différents appareils pour la collaboration. Il fournit les services de collaboration tels que la messagerie instantanée, les forums de discussion et le transfert de fichiers sécurisés. Il peut être déployé de trois manières :

1. Application : l'utilisateur accède aux services de collaboration via des outils de collaboration.
2. Plate-forme : Les services de collaboration sont accessibles via une infrastructure complètement dédiée à la collaboration.

Utilitaire : L'utilisateur peut accéder aux services de collaboration via des applications responsables des processus de flux de travaux.

3.2.2.2 Groove Networks

L'application Groove de Groove Networks est actuellement disponible en 2 éditions. L'édition standard permet la collaboration instantanée via Internet entre un petit groupe d'utilisateurs. Tandis que l'édition Enterprise ajoute l'extensibilité et les fonctions de gestion permettant l'intégration d'applications externes (ex.: MS Office) au client. Il offre également

un produit appelé Groove Networks, qui rend disponible une série de services et d'outils intégrés et patrimoniaux.

3.2.2.3 Ikimbo

Le système Ikimbo Omniprise offre une collaboration simple et sécurisée en temps réel pour les entreprises. Le système peut installer un grand nombre de postes de travail et de clients mobiles. Il offre des fonctionnalités telles que la détection de la présence d'un usager, la messagerie instantanée, les conférences, le transfert de fichiers ainsi que l'archivage et la recherche d'informations. Omniprise peut être intégré avec d'autres applications et être utilisé sur un réseau intranet ou Internet.

3.2.2.4 Jabber

Jabber est concentré sur la présence de détection d'usager ainsi que sur la messagerie instantanée avec support pour les conférences. Outre Jabber Communications Platform, Jabber fournit une passerelle sans fil et une interface pour supporter d'autres types de services de messagerie.

3.2.2.5 WorldStreet Corp

Worldstreet Net fournit une infrastructure pour la gestion des relations. Les utilisateurs peuvent gérer et automatiser leurs communications avec les autres utilisateurs. Ils peuvent également partager des fichiers et d'autres types de données autant sur le réseau interne que celui externe. WorldStreet Net focalise actuellement sur les services financiers et offre la définition de relation et de contrôle de messages structurés, la notification active et la collaboration en temps réel.

3.2.2.6 European Learning Grid Infrastructure (ELeGI)

Le projet European Learning Grid Infrastructure (ELEGI), est principalement connu pour rendre le développement de l'apprentissage humain, plus efficace. Le projet EleGI est un projet servant à promouvoir et à supporter un changement de paradigme d'apprentissage. Le nouveau paradigme est axé sur la construction de connaissances en utilisant l'expérimentation basée sur les approches collaboratives d'une manière contextuelle,

personnalisée et universelle. Cette approche remplacera le paradigme d'information courante de transfert de contenu qui consistait à restreindre l'information partagée en utilisant une clé d'autorisation émise par l'enseignant (Ritrovato, 2004).

Principalement, il a trois objectifs poursuivis par ce projet:

- Définir un nouveau modèle d'apprentissage humain qui permet un apprentissage collaboratif et universel, une approche contextuelle et personnalisée, ainsi que la considération de l'expérimentation acquise.
- Définir et implémenter une architecture avancée d'apprentissage, orientée sur les services et basée sur la technologie de la grille. Elle permet d'intégrer différentes technologies, ressources et contenus qui sont nécessaires pour permettre la réalisation du nouveau paradigme.
- Définir et évaluer l'architecture logicielle et les approches didactiques à travers l'utilisation de bancs d'essais et de démonstrations.

Mentionnons également que ce projet a été le précurseur des services fournis par le GLS. Son potentiel s'est fait reconnaître grâce à sa prise en charge du contexte social durant l'acquisition de connaissances.

3.2.2.7 CoAKTing

CoAKTinG (Collaborative Advanced Knowledge Technologies in the Grid) est un autre projet intéressant de collaboration. Le projet a été fondé par le programme UK e-science et a débuté en juin 2002.

Son objectif est de contribuer à l'avancement de l'état de l'art dans la collaboration pour les systèmes distribués. Il offre entre autre, quatre outils de collaboration (Page *et al.*, 2005):

- une messagerie instantanée et un service de notification permettant de détecter les nouveaux arrivés sur la grille (BuddySpace) ;

- des boîtes de dialogues permettant d'argumenter et de donner des idées durant des conférences graphiques ou lors de la visualisation de documents multimédias, ce qui permet de supporter la délibération de mémoire, de groupes et individuels, tout en combinant l'hypermédia, la modélisation et les compétences techniques (Compendium) ;
- une liste de choses à faire intelligentes (I-X Process Panel) ;
- la capture et la retransmission simultanée de conférences en cours.

Tous ces outils sont intégrés dans des environnements existants de collaboration (tel que l'Access Grid), ce qui permet, à travers l'utilisation d'une ontologie, de partager et d'échanger les structures, de promouvoir le processus de pistage et de navigation de ressources avant, après et pendant le déroulement de la conférence.

3.2.3 Les services de collaboration proposés par le GLS

Toutes les approches de distribution vues précédemment, offrent de multiples fonctions de collaboration qui pourraient être ajoutées aux plates-formes actuelles de l'e-learning traditionnel. Parmi ces fonctions, on dénote le chat, les forums de discussion, la messagerie instantanée, les boîtes de dialogues, etc. Cependant, ces approches de distribution comportent certaines lacunes reliées à l'accessibilité et à la gestion des ressources d'apprentissage. Leurs principaux désavantages sont qu'elles n'offrent pas le support adéquat aux utilisateurs partageant les mêmes intérêts. En effet, la plupart du temps la collaboration est permise entre tous les individus, sans toutefois considérer leurs intérêts, leurs qualifications et leurs compétences. Ce qui entraîne une surabondance d'informations qui rend les recherches laborieuses et inefficaces.

À cet égard, les services de collaboration fournis par le GLS, se distinguent des autres plates-formes. Ils permettent d'améliorer la gestion des ressources et d'augmenter les échanges à l'intérieur de la communauté virtuelle. Ils se démarquent des services traditionnels par leurs façons d'accéder aux objets d'apprentissage via la grille, et par la mise à jour simultanée des e-Portfolios associés à chacun des membres de la communauté virtuelle. De plus, l'utilisation de la grille d'apprentissage comme mode de distribution

favorise la gestion dynamique des ressources et permet d'optimiser l'accès à un éventail d'objets d'apprentissage appartenant aux membres d'une même communauté virtuelle.

Mentionnons également que pour garantir la qualité de la collaboration, l'intégration de certains systèmes de recommandation sera considérée. Les plus connus sont *IHelp* (Greer et al., 2001) et *PHelps* (Greer et al., 1998). Ils ont été conçus pour fournir l'assistance aux apprenants durant leur processus complet d'apprentissage. Pour sa part, *I-Help* définit un modèle utilisateur qui permet d'établir le profil de l'apprenant qui sera utilisé pour diriger et améliorer les échanges entre les apprenants. Par ce système de recommandation, on favorise ainsi la collaboration et la productivité des apprenants (Kumar, 1999). Quant à *PHelps*, il encourage par son service *IntraNet*, les échanges et la collaboration entre les pairs, en limitant l'accès aux ressources selon certains critères prédéfinis. Ces paramètres de classification pourront être considérés lors de l'implémentation du service de qualification. Puisqu'ils permettent de choisir les ressources les plus adaptées pour répondre aux besoins de l'apprenant (Greer et al., 1998). De plus, les travaux de Sabine Graf ont démontrés que les performances académiques d'un groupe peuvent être directement reliées à leur hétérogénéité. Ce résultat indique un des critères de regroupement qui pourrait être considéré pour la formation des communautés virtuelles (Graf et Bekele, 2006). Dans le cadre de notre projet, la qualification se base sur les similarités ce qui conduit à la formation de groupes plutôt homogènes.

Finalement, l'approche de distribution des services de collaboration proposés par le GLS aura comme principale caractéristique de créer une synergie entre les membres de la communauté virtuelle afin d'améliorer l'accès aux ressources et de faciliter les échanges d'informations via la grille d'apprentissage. Les services de collaboration du GLS qui ont été développés sont la messagerie instantanée et les forums de discussion.

CHAPITRE IV

SPECIFICATION ET MISE EN ŒUVRE DES SERVICES SUR LA GRILLE D'APPRENTISSAGE

Les services de collaboration du Grid Learning Services (GLS) sont axés sur la formation de communautés virtuelles via la grille d'apprentissage. Ils sont voués à améliorer les interactions entre les utilisateurs durant le processus complet de l'apprentissage.

Contrairement au e-learning traditionnel, les utilisateurs de la grille peuvent dynamiquement mettre à jour leur profil au fur et à mesure que les sessions de formation sont complétées. Ceci rend disponible de nouvelles ressources, qui sont davantage adaptées aux besoins d'apprentissage des utilisateurs. Notons également que cette gestion dynamique de ressources joue un rôle primordial dans le contexte de la collaboration puisqu'elle permet de maximiser l'utilisation de chacune des ressources physiques et humaines disponibles sur la grille d'apprentissage.

Bien que tous les services de collaboration soient importants, seuls le service de la messagerie instantanée et le forum de discussion ont été intégrés au GLS. Ils sont gérés par des communautés virtuelles, qui sont en partie responsables des échanges entre les utilisateurs partageant les mêmes centres d'intérêt.

Dans les sections qui suivent, nous détaillerons, par différents cas d'utilisation, les services de collaboration sur la grille d'apprentissage. Nous présenterons également un système de collaboration appelé Dynamic Collaboration Learning Object (DyCoLo), qui permet d'accéder aux services de collaboration du GLS ainsi qu'aux services de base fournis par l'OGSA.

4.1 La plate-forme d'apprentissage basée sur le GLS

La nouvelle plate-forme d'apprentissage vise à créer des communautés virtuelles afin de faciliter les échanges et les interactions entre des utilisateurs ayant le même centre d'intérêt. Elle assurera ainsi la coordination des messages et toutes les formes de communication via la grille d'apprentissage.

4.1.1 Objectifs

La plate-forme d'apprentissage devra centrer toutes ses activités sur la formation des communautés virtuelles. Elle devra également répondre aux besoins actuels du e-learning en assurant un mode de distribution efficace des objets d'apprentissage disponibles sur la grille. De plus, la plate-forme devra :

1. Assurer un entreposage de données adéquat pour retrouver facilement le matériel d'apprentissage sur la grille ;
2. Avertir les membres d'une communauté virtuelle lorsqu'un objet d'apprentissage est mis à jour (par l'émission de notices) ;
3. Fournir une gamme d'outils de collaboration permettant d'échanger et de partager de l'information entre les membres d'une communauté virtuelle ;
4. Maximiser l'utilisation des ressources disponibles sur la grille d'apprentissage en améliorant leurs mécanismes de localisation ;
5. Restreindre l'accès aux objets d'apprentissage contenus dans une organisation virtuelle à partir d'un processus de e-Qualification ;
6. Étendre la recherche d'objets d'apprentissage à toutes les communautés virtuelles qui sont disponibles sur la grille d'apprentissage ;
7. Permettre aux membres de publier et de visualiser les objets d'apprentissage appartenant à leur communauté virtuelle ;
8. Conserver l'historique d'un objet d'apprentissage ;
9. Favoriser la maintenance des objets d'apprentissage en fournissant des mécanismes simples, efficaces et peu coûteux.

4.1.2 Fonctionnement général

La plate-forme de distribution qui est décrite ci-dessous est basée sur les services fournis par l'OGSA. Ces services assurent la gestion et le partage des objets d'apprentissage dans un réseau hétérogène et largement distribué. Cependant, son éventail de services est actuellement insuffisant pour répondre aux besoins actuels du e-learning. C'est pourquoi les services du GLS ont été développés. Ils constituent une véritable extension à l'OGSA. Parmi les services offerts par le GLS, notons le service de e-Qualification et les services de collaboration. Le service de e-Qualification classe les utilisateurs, à partir de certains critères prédéfinis, dans une ou plusieurs communautés virtuelles. À l'intérieur de ces communautés, on sollicitera les services de collaboration pour faciliter les échanges entre utilisateurs, ce qui dédie exclusivement les services de collaboration aux membres d'une même communauté virtuelle.

La figure 4.1 illustre le fonctionnement général de notre plate-forme de distribution. Il s'agit d'une vue d'ensemble de l'utilisateur (humain, agent virtuel, STI, etc.) et des ressources physiques (notes de cours, présentation, utilitaire, etc.) qui la composent. On peut décrire la plate-forme ainsi:

1. L'utilisateur de la grille d'apprentissage doit s'enregistrer via l'interface utilisateur de DyCoLo.
2. Une fois enregistré, le e-Portfolio de chaque utilisateur est associé à une ou plusieurs communautés virtuelles.
3. L'utilisateur reconnu sur la grille d'apprentissage devient accessible pour toutes formes de collaboration entre les membres de sa communauté, ce qui implique que ses ressources matérielles et physiques sont automatiquement mises à la disposition des membres de la communauté à laquelle il appartient.
4. L'utilisateur enregistré peut alors accéder via DyCoLo à deux types de services : les services du GLS et les services de l'OGSA. Ces services permettront de gérer efficacement les ressources des utilisateurs à travers la grille d'apprentissage.

De plus, deux types d'utilisateurs peuvent interagir avec DyCoLo : les producteurs et les consommateurs d'objets d'apprentissage. Les producteurs créent les objets d'apprentissage et les mettent à la disposition des membres de leur communauté, tandis que les consommateurs accèdent aux objets d'apprentissage pour visualiser leur contenu. Un utilisateur peut être à la fois un producteur et un consommateur.

Dans la figure ci-dessous, les producteurs 1, 2 et 3 font partie de la même communauté virtuelle. Cette association d'un producteur à une communauté virtuelle est créée à partir des informations contenues dans le e-Portfolio de chaque producteur. Cette appartenance à une communauté virtuelle signifie que chaque producteur pourra, par ses connaissances pratiques et techniques, ajouter, ou améliorer le contenu des objets d'apprentissage de l'organisation virtuelle appelée VO-1. De cette façon, tous les consommateurs appartenant à la communauté virtuelle auront accès aux nouvelles ressources d'apprentissage.

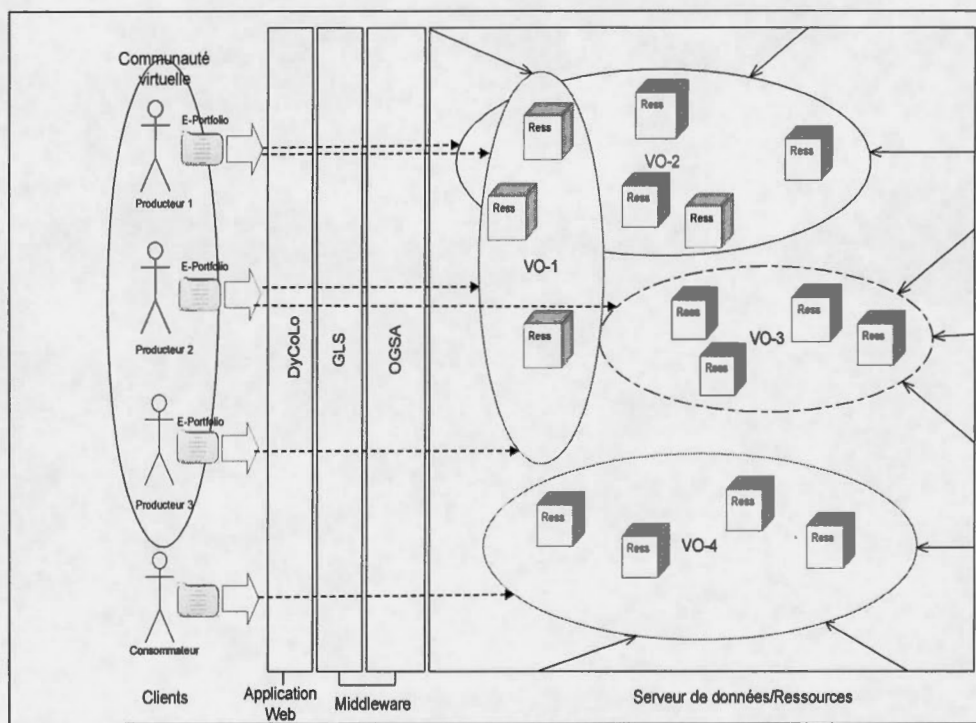


Figure 4.1 Fonctionnement général de la plate-forme d'apprentissage utilisée par le GLS.

Notons également qu'un certain nombre d'hypothèses ont été émises et considérées lors de l'implémentation de la plate-forme d'apprentissage. Citons :

1. L'appartenance à une communauté virtuelle entraîne le partage des ressources d'apprentissage avec tous les membres de la communauté virtuelle.
2. Les utilisateurs possèdent déjà un e-Portfolio les qualifiant pour une ou plusieurs communautés virtuelles.
3. Les objets d'apprentissage utilisés sont des objets simples.

4.1.3 Les services

Plusieurs cas d'utilisation ont été identifiés afin de fournir un environnement favorisant le partage des ressources d'apprentissage sur la grille. Par les cas d'utilisation illustrés à la figure 4.2, on découvrira la gamme de services qui sera offerte par DyCoLo.

On les regroupe en deux catégories: les services de DyCoLo et les services de collaboration.

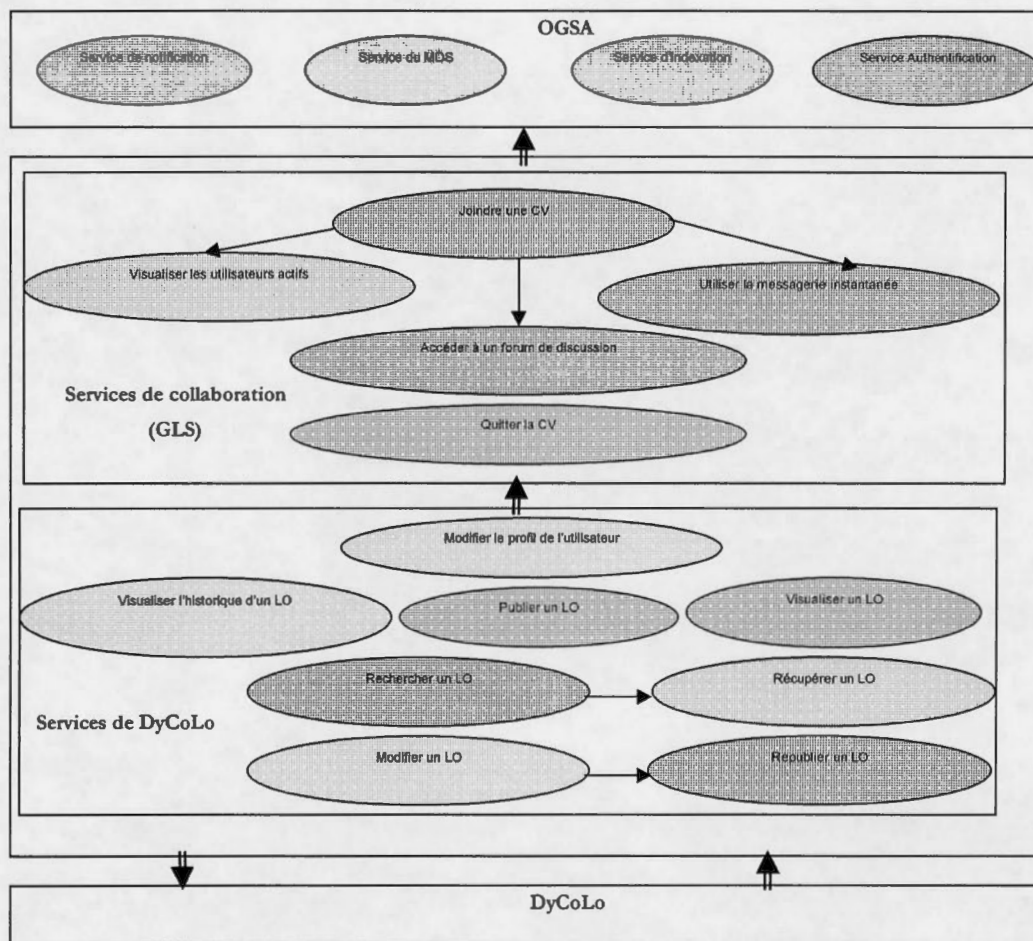


Figure 4.2 Interactions entre les services de DyCoLo et de collaboration du GLS.

Les services de DyCoLo sont accessibles via l'interface utilisateur. Ils sont sollicités via les services de collaboration du GLS, qui sont directement basés sur les fonctionnalités de l'OGSA formant la plate-forme de base de distribution d'objets d'apprentissage. Mentionnons également que les services de DyCoLo interagissent continuellement avec les services de collaboration du GLS afin de fournir un support pédagogique adapté au besoin immédiat de l'utilisateur.

4.2 Les services du DyCoLo

L'importance des services du DyCoLo réside dans le fait qu'ils permettent de publier, de rechercher et de visualiser les objets d'apprentissage sur la grille de distribution. Le tableau qui suit donne une description sommaire de différents cas d'utilisation.

Tableau 4.1
Cas d'utilisation des services du DyCoLo

Identification des cas d'utilisation	Description
Modifier le profil de l'utilisateur	En tout temps, l'utilisateur peut modifier son profil (e-Portfolio) en fonction de ses intérêts et de son expertise. Ces modifications ont pour but de clarifier son appartenance à une ou plusieurs communautés virtuelles.
Publier un LO	Le producteur de LO a créé un objet d'apprentissage afin de le rendre disponible au sein de sa communauté virtuelle. Il publiera celui-ci en l'ajoutant dans sa liste de distribution d'objets d'apprentissage. Note : L'emplacement physique de la ressource doit être connu dès que le producteur de LO se connecte sur la grille. Ce qui le rendra automatiquement disponible aux membres de sa communauté virtuelle.
Visualiser un LO	Un consommateur de LO peut visualiser les ressources d'apprentissage d'un de ces membres en sélectionnant le membre de sa communauté virtuelle et en accédant à sa liste de distribution.
Rechercher un LO	L'utilisateur cherche un objet d'apprentissage à travers l'ensemble des communautés virtuelles auxquelles il appartient.

Récupérer un LO	L'utilisateur peut sauvegarder une ressource appartenant à un membre de la communauté virtuelle. De cette façon, l'utilisateur gardera une copie de l'objet d'apprentissage qu'il pourra consulter, visualiser ou modifier localement.
Mettre à jour un LO	Le producteur de LO met à jour un objet d'apprentissage. Il doit être automatiquement republié à la communauté virtuelle.
Republier un LO	Lors d'une mise à jour d'un objet d'apprentissage, on doit republier le LO afin de rendre la ressource disponible à tous les membres de la communauté. Note : Un service de notification doit avertir les membres de la communauté que la ressource a été mise à jour. De plus, une modification sera apportée à l'historique afin de pouvoir retracer toutes les mises à jour de la ressource.
Visualiser l'historique d'un LO	Au fur et à mesure que la ressource d'apprentissage évolue, une nouvelle inscription apparaît dans l'onglet historique. Elle indique les informations suivantes : ➤ la date de modification; ➤ la personne responsable du changement (auteur); ➤ la description des changements.

4.3 Les services de collaboration du GLS

Les services de collaboration jouent un rôle crucial dans le développement des applications d'e-learning. Les avantages sont les suivants:

- Une utilisation maximale des ressources humaines et matérielles, puisque les ressources doivent être sollicitées seulement lorsqu'elles sont qualifiées pour exécuter les tâches qui leurs sont confiées ;
- Une augmentation du contenu didactique des objets d'apprentissage ;
- Une optimisation des échanges entre utilisateurs partageant le même centre d'intérêt.
- Une diminution des coûts reliés à la formation à distance en regroupant les efforts des experts dans un champ d'intérêt particulier ;
- Une amélioration de la recherche d'objets d'apprentissage parmi les membres d'une communauté virtuelle. Ceci est possible grâce aux choix des membres d'une communauté ainsi qu'à la qualité de leurs ressources d'apprentissage.

Tableau 4.2

Cas d'utilisation des services de collaboration fournis par le GLS

Identification des cas d'utilisation	Description
Joindre une communauté virtuelle	L'utilisateur a deux façons d'adhérer à une communauté virtuelle : 1. Lors de l'ouverture d'une session sur DyCoLo, l'utilisateur se joint aux communautés virtuelles dans lesquelles il se qualifie. 2. Lorsque l'utilisateur effectue une recherche, le système lui permet de joindre une nouvelle communauté virtuelle afin de satisfaire davantage ses besoins.
Visualiser les utilisateurs actifs	Lorsque l'utilisateur appartient à une communauté virtuelle, il a accès aux profils et aux ressources d'apprentissage de tous les membres de sa communauté.
Utiliser la messagerie instantanée	La messagerie instantanée sera mise à la disposition de la communauté virtuelle. Les membres pourront communiquer directement entre eux dès qu'ils seront enregistrés via la grille d'apprentissage. Elle représente un outil important de collaboration.
Accéder à un forum de discussion	L'accès au forum de discussion est un service qui sera exclusivement offert aux membres appartenant à une même communauté. Tout comme la messagerie instantanée, il représente un outil important de collaboration.
Quitter la communauté virtuelle	Ce service permet de terminer une session avec DyCoLo. Dès que l'utilisateur se déconnecte de la grille, il devient automatiquement inactif au sein des membres de sa communauté, ce qui rend ses ressources d'apprentissage inaccessibles.

4.4 Scénarios de collaboration

À partir des cas d'utilisation décrits précédemment, nous détaillons trois cas d'utilisation axés sur les services de collaboration. Ils permettront de valider, à partir d'exemples concrets, le fonctionnement des services de collaboration à partir de l'interface de DyCoLo. Les scénarios sont :

- L'utilisateur se joint à une communauté virtuelle;
- L'utilisateur recherche un objet d'apprentissage par des requêtes;
- L'utilisateur interagit avec la messagerie instantanée.

4.4.1 L'utilisateur se joint à une communauté virtuelle

Le premier cas d'utilisation explique les étapes pour se joindre à une communauté virtuelle. C'est un scénario qui sera exécuté à chaque fois que l'utilisateur initiera une nouvelle session avec l'interface DyCoLo. Dans cet exemple, le service de notification joue un rôle important, car il permet d'informer les membres d'une communauté virtuelle de l'arrivée d'un nouveau membre de sa communauté.

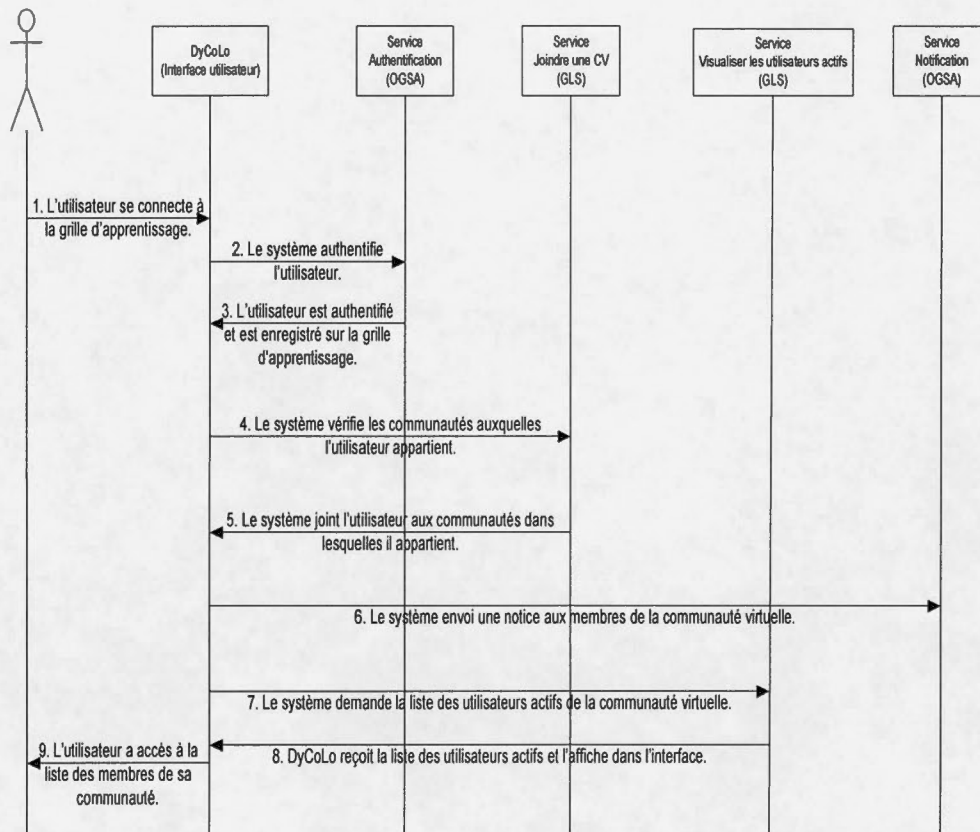


Figure 4.3 L'utilisateur se joint à une communauté virtuelle.

1. Un utilisateur se connecte à la grille d'apprentissage via le dialogue de login. L'utilisateur devra entrer son nom d'utilisateur et son mot de passe (Acteur via DyCoLo).
2. Le système authentifie l'utilisateur. Le système vérifie le certificat de l'utilisateur avec celui de la grille d'apprentissage (DyCoLo via Service Authentification).
3. L'utilisateur est authentifié et est enregistré sur la grille d'apprentissage. Si le certificat et le mot de passe de l'utilisateur sont valides, l'utilisateur est alors accepté comme étant un utilisateur de la grille (Service Authentification via DyCoLo).
4. Le système associe les communautés auxquelles l'utilisateur appartient grâce à un processus de e-Qualification. Ce processus permet de qualifier l'utilisateur à partir du contenu de son e-Portfolio. Le e-Portfolio devient donc un outil incontournable pour gérer les membres d'une communauté virtuelle. Actuellement, le processus de e-

Qualification est extrêmement simple puisqu'il considère le e-Portfolio comme étant la seule façon de qualifier un utilisateur. Cependant, on pourrait améliorer ce processus en impliquant davantage les membres de la communauté dans la sélection des futurs membres de leur communauté. En effet, une communauté pourrait collectivement accepter un nouveau membre et ce, même s'il n'a pas les compétences ou les intérêts pour se joindre à la communauté. Cet utilisateur pourrait être, par exemple, un stagiaire ou encore un utilisateur voulant tout simplement se joindre à la communauté à des fins d'exploration. Pour chaque membre potentiel, la communauté devra soumettre le profil de l'utilisateur à ses membres afin qu'il soit réévalué par les membres de la communauté (DyCoLo via Service Joindre une CV).

5. Le système joint l'utilisateur aux communautés virtuelles dans lesquelles il appartient (Service Joindre une CV via DyCoLo).
6. Le système envoie une notice aux membres de la communauté virtuelle afin que tous les membres soient automatiquement avertis lorsqu'un nouvel utilisateur est admis sur la grille d'apprentissage (DyCoLo via Service Notification).
7. Le système demande la liste des utilisateurs actifs de la communauté virtuelle (DyCoLo via Service Visualiser les utilisateurs actifs).
8. DyCoLo reçoit la liste des utilisateurs actifs et l'affiche dans l'interface (Service Visualiser les utilisateurs actifs via DyCoLo).
9. L'utilisateur a accès à la liste des membres de sa communauté (DyCoLo via Acteur).

4.4.2 L'utilisateur recherche un objet d'apprentissage par des requêtes

L'utilisateur effectue une recherche via l'interface DyCoLo afin de trouver les objets d'apprentissage correspondant aux critères de recherche spécifiés. La recherche est, à priori, limitée aux ressources appartenant aux membres de la communauté. Par contre, si les membres de la communauté ne peuvent satisfaire la requête de l'utilisateur, il pourra élargir cette dernière à l'ensemble des ressources disponibles sur la grille d'apprentissage.

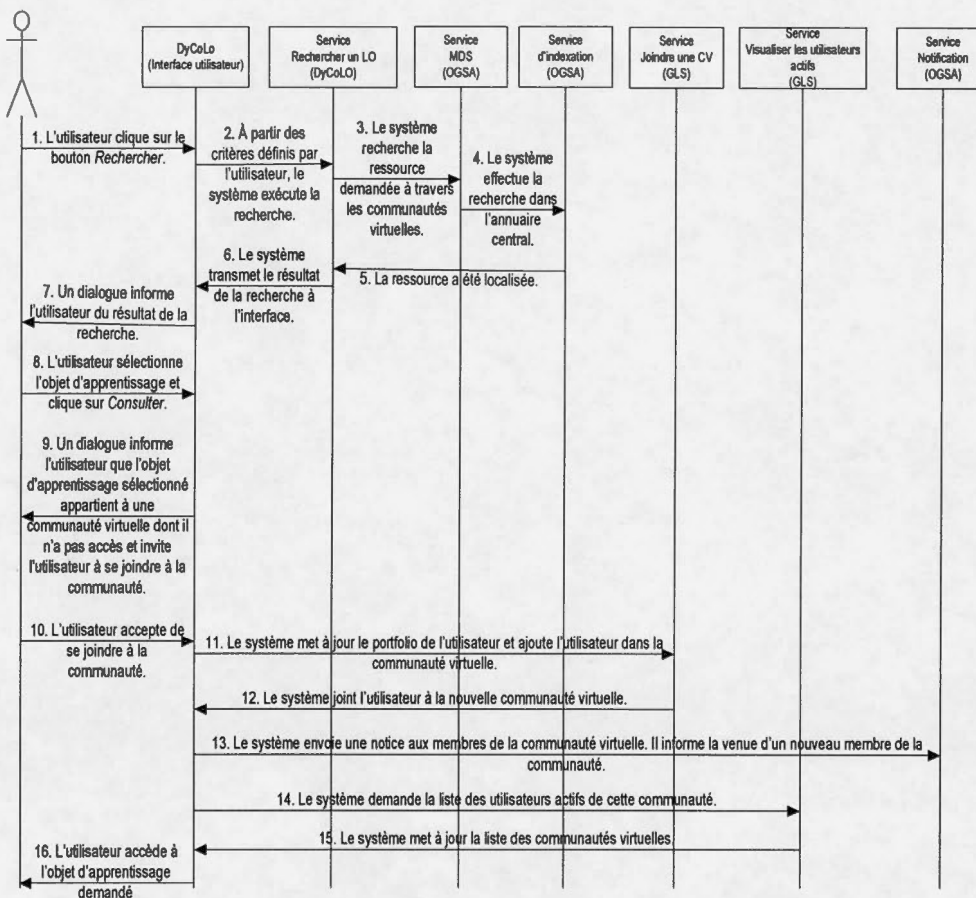


Figure 4.4 L'utilisateur recherche un objet d'apprentissage par des requêtes.

1. L'utilisateur clique sur le bouton *Rechercher* afin de trouver un objet d'apprentissage correspondant à ses besoins. Un dialogue apparaît et l'utilisateur inscrit ses critères de recherche. Il peut également spécifier la portée de sa recherche aux objets d'apprentissage contenus dans ses communautés virtuelles ou à l'ensemble des communautés présentes sur la grille d'apprentissage (Utilisateur via DyCoLo).
2. À partir des critères définis par l'utilisateur, le système effectue une recherche sur les objets d'apprentissage disponibles sur la grille (DyCoLo via Service Rechercher LO).

3. Le système recherche la ressource demandée d'après la portée spécifiée. Le système transmet l'information au MDS afin de valider s'il y a une ressource qui correspond à la requête de l'utilisateur (Service Rechercher LO via Service MDS).
4. Le système effectue la recherche dans l'annuaire central de la grille pour localiser la ressource (Service MDS via Service d'indexation).
5. Une fois la ressource a été localisée, les informations concernant la ressource (capacité de traitement, localisation, etc.) sont transmises au service initiant la requête (Service d'indexation via Service Rechercher LO).
6. Le résultat de la requête est transmis à l'interface (Service Rechercher LO via DyCoLo).
7. Un dialogue informe l'utilisateur du résultat de la recherche (DyCoLo via Utilisateur).
8. L'utilisateur sélectionne l'objet d'apprentissage et clique sur *Consulter* afin de visualiser le contenu de la ressource d'apprentissage (Utilisateur via DyCoLo).
9. Un dialogue informe l'utilisateur que l'objet d'apprentissage sélectionné appartient à une communauté virtuelle dont il n'a pas accès et invite l'utilisateur à se joindre la communauté virtuelle (DyCoLo via Utilisateur).
10. L'utilisateur accepte de se joindre à la communauté virtuelle (Utilisateur via DyCoLo).
11. Le système met à jour le portfolio de l'utilisateur et ajoute l'utilisateur dans la communauté virtuelle (DyCoLo via Service Joindre une CV).
12. Le système joint l'utilisateur à la nouvelle communauté virtuelle (Service Joindre une CV via DyCoLo).
13. Le système envoie une notice aux membres de la communauté virtuelle. Il informe les membres qu'un nouvel utilisateur a été admis dans la communauté (DyCoLo via Service Notification).
14. Le système demande la liste des utilisateurs actifs de cette communauté (DyCoLo via Service Visualiser les utilisateurs actifs).
15. Le système met à jour la liste des communautés virtuelles de l'utilisateur (Service Visualiser les utilisateurs actifs via DyCoLo).
16. L'utilisateur accède à l'objet d'apprentissage demandé (DyCoLo via Utilisateur).

4.4.3 L'utilisateur interagit avec la messagerie instantanée

À travers l'interface DyCoLo, l'utilisateur peut demander la collaboration des membres de sa communauté pour l'aider à composer une tâche didactique via les services du GLS. Parmi ces services, on dénote le service de la messagerie instantanée.

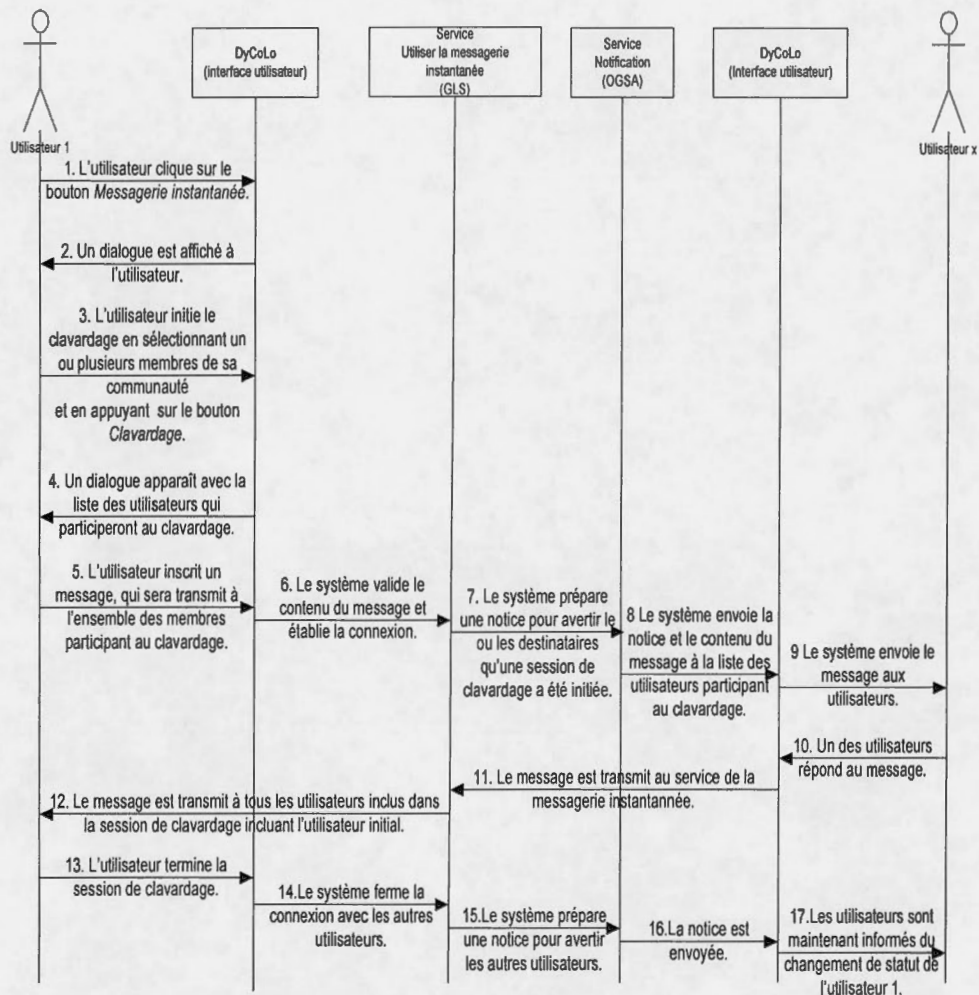


Figure 4.5 l'utilisateur interagit avec la messagerie instantanée.

1. L'utilisateur clique sur le bouton *Messagerie instantanée* (Utilisateur via DyCoLo).
2. Un dialogue est affiché à l'utilisateur (DyCoLo via Utilisateur).

3. Pour initier le clavardage, l'utilisateur sélectionne un ou plusieurs membres de sa communauté virtuelle et clique sur le bouton *Clavardage* (utilisateur via DyCoLo).
4. Un dialogue apparaît avec la liste des utilisateurs qui participeront au clavardage (DyCoLo via Utilisateur).
5. L'utilisateur inscrit un message qui sera transmit à l'ensemble des membres participant au clavardage (Utilisateur via DyCoLo).
6. Le système valide le contenu du message et établit la connexion (DyCoLo via Service Utiliser la messagerie instantanée)
7. Le système prépare une notice pour avertir le ou les destinataires qu'une session de clavardage a été initiée (Service Utiliser la messagerie instantanée via service Notification).
8. Le système envoie la notice et le contenu du message à la liste des utilisateurs participant au clavardage (Service Notification via DyCoLo).
9. Le système envoie le message aux utilisateurs (DyCoLo via Utilisateur).
10. Un des utilisateurs répond au message (Utilisateur via DyCoLo).
11. Le message est transmit au service de la messagerie instantanée (DyCoLo via Service Utiliser la messagerie instantanée).
12. Le message est transmit à tous les utilisateurs inclus dans la session de clavardage en plus de l'utilisateur initial (Service Utiliser la messagerie instantanée via Utilisateur).
13. L'utilisateur termine la session de clavardage (Utilisateur via DyCoLo).
14. Le système se déconnecte des autres utilisateurs (DyCoLo via Service Utiliser la messagerie instantanée).
15. Le système prépare une notice pour avertir les autres utilisateurs (Service utiliser la messagerie instantanée via Service Notification).
16. La notice est envoyée (Service Notification via DyCoLo).
17. Les utilisateurs sont maintenant informés du changement de statut de l'utilisateur 1 (DyCoLo via Utilisateur).

Soulignons également que ce service de collaboration pourrait être initié à partir de la liste des objets d'apprentissage d'un membre de la communauté. Dans ce cas, les utilisateurs

participant à la session de clavardage connaîtraient par défaut, les utilisateurs qui ont participé à l'évolution de l'objet d'apprentissage.

Finalement, les cas d'utilisation qui ont été décrits précédemment mettent en évidence la sollicitation des services de l'OGSA et du GLS dans l'application du partage d'objets d'apprentissage. Éventuellement, il serait intéressant d'élargir la gamme de services de collaboration fournis par le GLS en y intégrant d'autres services tels que :

- les boîtes de dialogue ;
- la capture et la retransmission simultanées de conférences;
- le partage de fichiers lors de leur édition;
- etc.

De plus, l'introduction d'un module de statistique permettrait de connaître les habitudes des utilisateurs et d'en ajuster leur appartenance à leurs communautés virtuelles. Par exemple, les critères de qualification pourraient être reconsidérés lorsque l'utilisateur ne trouve aucune correspondance à la majorité des requêtes qui sont émises à ses communautés virtuelles.

CHAPITRE V

IMPLÉMENTATION

5.1 Choix technologiques

5.1.1 Architecture SOA

Sur le plan technologique, il est évident que le mode de distribution des objets d'apprentissage a joué un impact majeur dans la prise de décision des technologies à utiliser. Étant donné que la base du projet de recherche vise à mettre l'emphasis sur les services de collaboration, il devenait donc intéressant d'opter pour une architecture SOA (Service-Oriented Architecture), puisqu'elle fait appel aux services pour initier toutes les interactions avec les membres de la communauté. La gestion dynamique des ressources a également été considérée puisqu'elle facilite la création d'un environnement de collaboration via un réseau largement distribué, où chaque utilisateur peut accéder en temps réel aux ressources humaines et physiques, qui sont à sa disposition.

Pour ce faire, trois architectures basées sur SOA étaient disponibles : JINI, JXTA, et OGSA (fournit par le Globus Toolkit). On décrira brièvement chacune d'entre elles afin de mieux comprendre leurs caractéristiques.

5.1.1.1 JINI

JINI est un ensemble d'APIs et de protocoles réseaux servant à déployer des systèmes distribués. Il est constitué de plusieurs services mis à la disposition des utilisateurs du réseau. Il a comme principale fonction de répondre à toutes les demandes provenant de l'utilisateur.

JINI propose un moyen pour les clients et les services de se retrouver mutuellement. Il définit des mécanismes permettant d'ajouter, d'enlever et d'accéder aux services sans toutefois impliquer une autorité de contrôle centrale.

De plus, l'infrastructure d'exécution est formé d'un protocole au niveau réseau, appelé *discovery (découverte)*, et deux protocoles au niveau objet appelés *join (joindre)* et *lookup (recherche)* (Eckel, 2000) :

- *Discovery* permet aux clients et aux services de trouver les services de recherche.
- *Join* permet au service de s'enregistrer auprès du service de recherche.

Lookup permet à un client de rechercher des services qui peuvent l'aider à atteindre ses objectifs.

5.1.1.2 JXTA

JXTA est un ensemble de protocoles défini sous forme de messages XML, qui est utilisé dans les systèmes paires à paires (P2P). Il permet de communiquer et de collaborer à la manière P2P avec n'importe quel dispositif connecté au réseau étendu (d'un téléphone mobile ou d'un PDA vers un PC ou un serveur).

Grâce aux protocoles de JXTA, les paires peuvent coopérer pour former automatiquement des groupes de paires organisés et configurés indépendamment de leur position sur le réseau sans avoir à gérer une infrastructure centralisée. Par les protocoles JXTA, les paires avertissent et découvrent les ressources disponibles des autres paires du réseau (services, tubes, etc.). Les paires peuvent ainsi former un groupe ou joindre un autre groupe de paires pour définir une relation de liaison spécifique. Ainsi, les protocoles JXTA permettront aux paires de communiquer sans avoir besoin de comprendre ou de gérer la topologie du réseau dynamique et potentiellement complexe (Lee et Talia, 2002).

5.1.1.3 OGSA

Le Globus Toolkit représente la plate-forme logicielle standard pour mettre en place une grille informatique ou pour implémenter des outils de la grille. À travers Open Grid Service Architecture (OGSA), on définit différentes normes visant à standardiser le développement de la grille informatique à travers un réseau distribué. OGSA est essentiellement défini comme étant une extension de services où les organisations virtuelles peuvent s'agréger de différentes façons (Reklaitis, Masevicius et Baniulis, 2004).

OGSA précise également de quelle manière les ressources sont localisées, gérées, transférées et orchestrées. Grâce à son architecture, il standardise l'ensemble des processus nécessaires à la sécurité des transactions tels que le contrôle plus restrictif des ressources, la délégation, et l'autorisation. De plus, face à l'émergence des technologies de la grille, l'initiative du Globus toolkit fut mise en place par le Globus Grid Forum (GGF) afin de fournir une infrastructure facilitant l'interopérabilité des nombreuses solutions proposées sur le terrain. (Crochet Damais, 2002).

Tableau 5.1
Comparaison des différentes architectures

	Avantages	Désavantages
JINI	➤ Facile à implémenter. ➤ Simplifie l'utilisation du Globus Toolkit en fournissant une interface simplifiée des services disponibles de l'OGSA.	➤ Problème potentiel relié à la sécurité à travers le réseau. ➤ Limite l'accès à certaines fonctionnalités de la grille via son interface qui encapsule l'OGSA. ➤ Problème de performance relié à l'accès et la localisation des ressources.
JXTA	➤ Fournit une architecture permettant de créer des organisations virtuelles. ➤ Fournit une interface pour publier et découvrir des données d'une manière P2P.	➤ Moins sécurisé que les plates-formes traditionnelles. ➤ Difficile d'obtenir une bonne performance des applications dues aux protocoles de messages XML actuels.
OGSA	➤ L'extension de Open Grid Service Infrastructure (OGSI) interchange différents protocoles de message. ➤ L'architecture fournit des services complets permettant d'encrypter les messages en plus d'assurer l'authenticité de l'appelant.	➤ Donne à l'utilisateur un aperçu des fondations de ce qui doit être construit. ➤ Requiert une bonne connaissance des services offerts.

Le tableau précédent démontre le potentiel des trois différentes approches (Furmento et al., 2003). Dans le cadre de mon projet, l'OGSA a été adopté puisque son architecture offre une plus grande diversité de services tout en assurant la sécurité à travers tout le réseau de distribution. Étant donné qu'elle est basée sur les services Web, les mécanismes permettant

d'envoyer et de recevoir des requêtes seront très similaires à ceux utilisés par les services Web traditionnels. Ils seront à la base même des services de communication fournis par l'OGSA.

De plus, le Globus Toolkit (GT) est actuellement la plate-forme de développement la plus adaptée pour développer les grilles informatiques. Basée sur l'OGSA, elle permet, par l'entremise de ses services, d'assurer la gestion des ressources, de favoriser la communication et de sécuriser l'accès aux ressources sur la grille de distribution. Le Globus Toolkit deviendra donc un support fondamental pour le développement de notre plate-forme d'apprentissage.

5.1.2 Base de données

Postgres est la base de données qui a été utilisée pour conserver les profils des utilisateurs ainsi que les informations relatives aux services déployés sur la grille d'apprentissage. Le choix de cette technologie est justifié par le fait que Postgres est facilement intégrable à la plate-forme de développement fourni par le GT.

5.2 Services principaux fournis par Globus Toolkit

Les services qui seront décrits sont pour la plupart accessibles seulement sous UNIX. Ils incluent les fonctionnalités nécessaires pour assurer la bonne gestion des ressources sur un réseau largement étendu. On retrouve des fonctionnalités reliées à la localisation, la gestion et la transmission des ressources. De plus, des mécanismes de sécurité ont été instaurés afin de limiter l'accès à certaines ressources à travers tout le réseau de distribution.

Les fonctionnalités ci-dessous représentent quelques fonctionnalités provenant du Globus Toolkit qui ont été nécessaires à la réalisation de l'environnement collaboratif.

5.2.1 Services de gestion des ressources

- **GRAM** (Global Ressource Allocation Manager) : GRAM détermine la façon de convertir une demande de ressources en commande que des ordinateurs locaux peuvent comprendre. Il identifie les utilisateurs et assure la correspondance entre le

certificat et un login local. De plus, GRAM assure l'interprétation des requêtes RSL, ainsi que le lancement et le contrôle des processus à distance.

5.2.2 Services de logging

- Ces services conservent un historique des transactions qui ont été effectuées via la grille d'apprentissage. Ils tracent toutes les interactions entre les composantes du GT.

5.2.3 Services d'information

- **GRIS** (Grid Ressource Information Service) : GRIS contient les configurations, les capacités et la situation actuelle des ressources.
- **MDS** (Metacomputing Directory Service) : MDS collecte des informations concernant les ressources (capacité de traitement, bande passante, type de mémoire, etc.). Il gère un annuaire de ressources et synthétise les disponibilités de ressources de plusieurs sites.
- **GIIS** (Grid Index Information Servers) : GIIS coordonne les services GRIS génériques.
- **le catalogue des répliques** : il peut être consulté par d'autres composantes du Globus Toolkit afin de déterminer où peuvent se trouver des répliques d'un ensemble déterminé de données.
- **le système de gestion des répliques** : il relie le catalogue des répliques et le système GridFTP, il permet à des applications de créer et de gérer des répliques de grands ensembles de données.

5.2.4 Services de notification

- Ce service permet d'informer les utilisateurs de la grille lorsqu'un événement survient. Il peut signaler tout changement relatif aux membres d'une communauté virtuelle.

5.2.5 Service d'authentification

- **GSI** (Grid Security Infrastructure) : GSI assure l'authentification de l'utilisateur et détermine les droits d'accès de cette personne.
- **CAS** (Community Authorization Service) : CAS permet aux fournisseurs de ressources de contrôler l'accès aux communautés virtuelles par des mécanismes de contrôle. CAS définit les membres d'une communauté. Il ajoute, supprime et modifie les privilèges des utilisateurs sur la grille.

5.2.6 Service de transfert de fichiers

- **GridFTP** : il s'assure que le transfert de données soit robuste, sécurisé et de haute performance. Il fournit un système de cache de fichier et un mécanisme permettant de tracer toutes les transactions d'une application sur un serveur en temps réel.
- Service de gestion distante des fichiers (GASS).

5.3 Services du GLS revisités

Les services de collaboration du GLS fournissent à l'OGSA une gamme supplémentaire d'outils, qui sont complètement voués à la collaboration. Ils seront utilisés pour guider les utilisateurs durant leur processus d'apprentissage. Les utilisateurs pourront contacter de façon interactive les membres de leur communauté virtuelle afin d'obtenir un support didactique supplémentaire au cours de leur apprentissage. Ce qui augmentera l'autonomie des utilisateurs de la grille d'apprentissage et leur permettra de contribuer activement à la formation des autres membres de leur communauté.

5.3.1 Service de forum de discussion

Le service de forum de discussion favorise les échanges d'opinions et d'idées sur un sujet particulier, en direct ou en différé. Il est constitué de groupes de personnes qui peuvent être composés de professionnels ou d'amateurs autour de sujets très variés.

Dans le cadre de ce projet, les forums de discussion pourront aider les utilisateurs à partager leurs interrogations ou leurs expériences professionnelles aux membres de leurs

communautés. On regroupera leurs discussions sous différents sujets afin d'en simplifier leur utilisation.

Pour initier le service, l'utilisateur doit cliquer sur *Forum de discussion*. Il accèdera au forum de discussion qui sera composé des membres de sa communauté. En créant le forum de cette façon, on s'assure que les utilisateurs du forum échangent avec un groupe d'individus partageant le même centre d'intérêt.

5.3.2 Service de messagerie instantanée

Le service de messagerie instantanée offre la possibilité aux membres de la communauté d'échanger entre eux lorsqu'ils ont besoin d'un support pédagogique. Le service donne la possibilité aux utilisateurs de modifier leur statut afin de leur offrir le choix de participer ou non à ce service. L'utilisateur peut donc être soit *Disponible* ou *Indisponible*.

Ce service peut être initié de deux façons. On le retrouve dans la palette d'outils de collaboration ainsi qu'à partir de l'historique d'un objet d'apprentissage. Dans les deux cas, le fonctionnement du service est le même. Ce qui diffère est la liste des membres pouvant participer à la messagerie instantanée. En effet, lorsque le service de la messagerie instantanée est initié à partir de la palette d'outils de collaboration, tous les membres des communautés virtuelles auxquelles l'utilisateur appartient sont disponibles. Tandis que lorsque le service est sollicité à partir de l'historique d'un objet d'apprentissage, seuls les membres ayant contribué à l'évolution de l'objet d'apprentissage seront présents dans la liste des utilisateurs. Ceci facilitera les discussions sur un sujet particulier concernant un objet d'apprentissage.

5.4 Implémentation de DyCoLO

5.4.1 Description

L'interface graphique de DyCoLo a été implémentée afin de vérifier l'utilisation des services de collaboration du GLS et des services de l'OGSA dans un environnement complètement voué à la collaboration. L'objectif premier de DyCoLo est de créer un environnement de collaboration où les utilisateurs pourront accéder rapidement à des ressources d'apprentissage et obtenir le support didactique adéquat pour créer ou modifier

des objets d'apprentissage. On visera également, à partir des cas d'utilisation décrit précédemment, à démontrer l'importance de la collaboration durant le processus complet de l'apprentissage. De cette façon, les utilisateurs contribueront à améliorer le contenu des objets d'apprentissage et supporteront davantage le développement des autres membres de la communauté.

5.4.2 Spécifications

5.4.2.1 Fonctions

Les principales fonctionnalités de DyCoLo permettent:

- de visualiser les profils des membres d'une communauté virtuelle;
- d'offrir un service de la messagerie instantanée;
- d'adhérer à un forum de discussion ;
- de rechercher des objets d'apprentissage ;
- d'envoyer un courriel à des utilisateurs ;
- de consulter la liste des objets d'apprentissage appartenant à un membre de la communauté ;
- d'établir l'historique d'un objet d'apprentissage ;
- de publier une ressource au membre de sa communauté.

5.4.2.2 Avantages

Le principal avantage de DyCoLo réside dans l'importance accordée à la formation des communautés virtuelles à travers la grille d'apprentissage. Ce regroupement d'utilisateurs partageant le même centre d'intérêt facilite les discussions et encourage la collaboration entre les membres de la communauté. De plus, puisque DyCoLo est basé sur la grille informatique, il peut accéder à des ressources hétérogènes qui sont géographiquement dispersées. Il n'y a donc pas de limite reliée au nombre de ressource auquel l'utilisateur peut accéder.

Notons également que les outils de collaboration jouent un rôle fondamental dans la dynamique de collaboration. Ils ont un impact majeur sur l'autonomie de l'utilisateur ainsi que sur son évolution. Étant donné que les services de collaboration sont restreints aux

membres de la communauté virtuelle, ils seront beaucoup plus efficaces pour éduquer l'utilisateur par l'entremise du savoir collectif de la communauté.

5.4.2.3 Limitations

Actuellement, il y a seulement deux services de collaboration : le service de la messagerie instantanée et le service de forum de discussion. Éventuellement, il serait intéressant d'augmenter le nombre de services de collaboration existant en offrant d'autres services, qui sont habituellement intégrés dans les applications d'e-learning, tels que les boîtes de dialogue et la gestion de conférence en ligne.

De plus, la gestion des communautés virtuelles pourrait être considérablement améliorée si on renforçait le processus de e-Qualification. En effet, le service de e-Qualification est responsable de qualifier un utilisateur lorsqu'un changement survient dans son e-Portfolio. Cependant, l'impact d'un tel changement devrait modifier dynamiquement l'appartenance à ses communautés virtuelles. Ce qui pourrait être fait en ajoutant un mécanisme de notification.

5.4.3 Interfaces graphiques

La première interface présentée à l'utilisateur est un dialogue de login. L'utilisateur entre sur la grille en inscrivant son nom d'utilisateur ainsi que de son mot de passe. En cliquant sur le bouton *Entrer sur la grille*, l'utilisateur sera automatiquement authentifié et associé aux communautés virtuelles auxquelles il a accès.

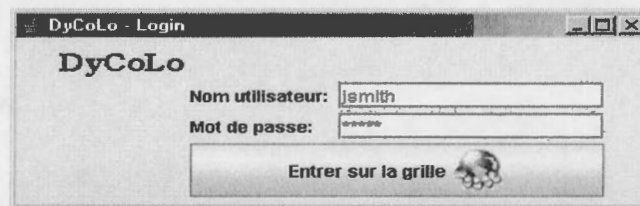


Figure 5.1 Dialogue de login.

La figure suivante représente l'interface principale de DyCoLo.

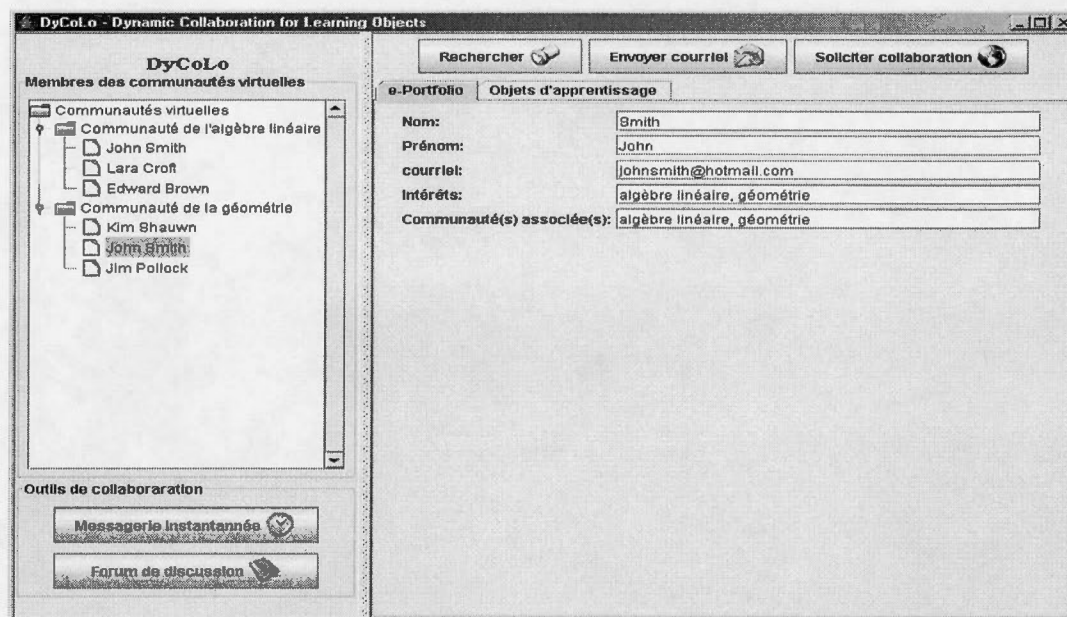


Figure 5.2 Interface générale de DyCoLo (onglet e-Portfolio)

De façon générale, DyCoLo permet de voir la liste des communautés virtuelles dans lesquelles l'utilisateur appartient avec tous les membres qui la composent. En sélectionnant chacun des membres, l'utilisateur accèdera au profil et aux ressources d'apprentissage de tous les membres de sa communauté. La figure 5.2 illustre un exemple de profil d'utilisateur. Elle permet entre autre de connaître les intérêts de chaque membre envers la communauté.

De plus, DyCoLo dispose d'une palette d'outils de collaboration. Elle est composée de services de collaboration tels que le service de la messagerie instantanée et le service de forum de discussion. D'autres fonctionnalités sont également disponibles, comme l'envoi d'un courriel à un utilisateur ainsi que la recherche d'objets d'apprentissage sur toute la grille d'apprentissage.

La figure 5.3 représente l'interface fournissant la liste des objets d'apprentissage. Chaque objet d'apprentissage a été identifié par son nom, son auteur, sa date de création et de modification ainsi que de son statut actuel. L'interface permet de visualiser la disponibilité

de la ressource. La ressource peut être soit *Active* ou *Inactive*. Si elle est *Active*, on considérera que l'objet d'apprentissage a été publié et est accessible à tous les membres de la communauté. En mode *Inactive*, elle restera exclusivement accessible à l'auteur de la ressource.

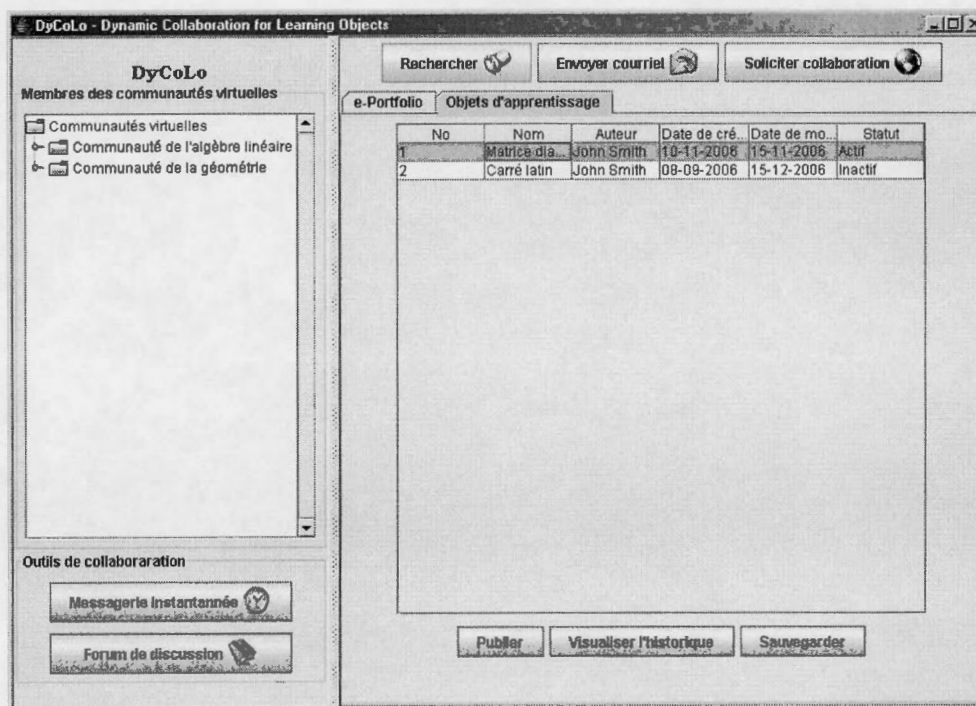


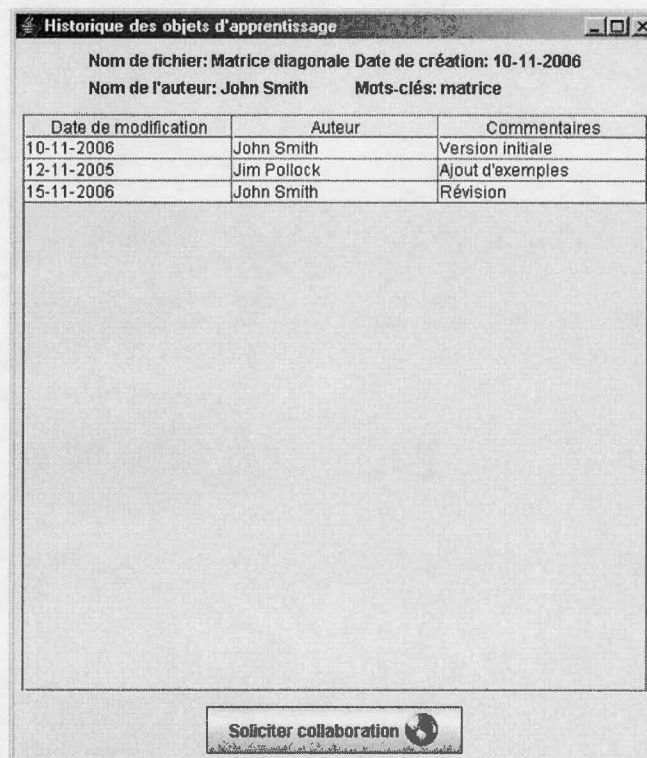
Figure 5.3 Représentation de la liste des objets d'apprentissage d'un utilisateur.

Par l'interface, la liste des objets d'apprentissage permet également de :

- consulter son historique;
- publier son contenu aux membres de sa communauté;
- sauvegarder une copie de travail localement.

La figure 5.4 présente l'historique d'un objet d'apprentissage. Toutes les modifications apportées à la ressource d'apprentissage ont été enregistrées. À partir de ce dialogue, on peut solliciter les services de collaboration (messagerie instantanée, forum) en cliquant

directement sur le bouton *Solliciter Collaboration*. Ceci limitera les outils de collaboration exclusivement aux utilisateurs ayant contribué à l'évolution de la ressource d'apprentissage concernée.



Historique des objets d'apprentissage		
Nom de fichier: Matrice diagonale Date de création: 10-11-2006		
Nom de l'auteur: John Smith Mots-clés: matrice		
Date de modification	Auteur	Commentaires
10-11-2006	John Smith	Version initiale
12-11-2005	Jim Pollock	Ajout d'exemples
15-11-2006	John Smith	Révision

Solliciter collaboration

Figure 5.4 Visualisation de l'historique.

DyCoLo permet également de rechercher un objet d'apprentissage. En effet, lorsqu'on clique sur le bouton *Rechercher* de l'interface principale, on obtient un dialogue de recherche d'information (figure 5.5). Ce dialogue oriente l'utilisateur pour la recherche d'un objet d'apprentissage. Par défaut, la recherche sera restreinte seulement aux communautés virtuelles appartenant à l'utilisateur. C'est-à-dire à l'ensemble des organisations virtuelles associées aux communautés virtuelles de l'utilisateur.

Rechercher un objet d'apprentissage

Spécifier un mot contenu dans la description:

matrice

☒ Rechercher via mes communautés virtuelles.

☐ Rechercher via toutes les communautés virtuelles.

Rechercher

Figure 5.5 Dialogue de recherche d'objets d'apprentissage.

Le résultat de la recherche donnera un résultat similaire à ce qui apparaît à la figure 5.6. En cliquant sur la ressource et en appuyant sur le bouton *Consulter*, on aura accès au contenu de l'objet d'apprentissage.

Rechercher un objet d'apprentissage

Sélectionner la ressource que vous voulez accéder et appuyer sur consulter.

Objet d'apprentissage	Auteur	Communauté virtuelle
Matrice Diagonale	Lara Croft	Algèbre linéaire
Matrice Triangulaire	Edward Brown	Algèbre linéaire

Consulter

Figure 5.6 Dialogue résultant de la recherche d'objets d'apprentissage.

Notons également que lorsque la ressource demandée est dans l'organisation virtuelle associée à une des communautés de l'utilisateur, ce dernier peut sans restriction, la consulter. Sinon, il sera invité à se joindre à la communauté virtuelle concernée et le dialogue suivant apparaîtra.

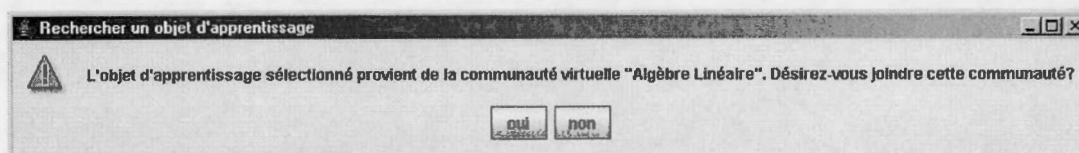


Figure 5.7 Dialogue utilisé pour se joindre à une communauté virtuelle.

De plus, DyCoLo offre le service de la messagerie instantanée. Le dialogue de la figure 5.8 apparaît lorsqu'on initie ce service.

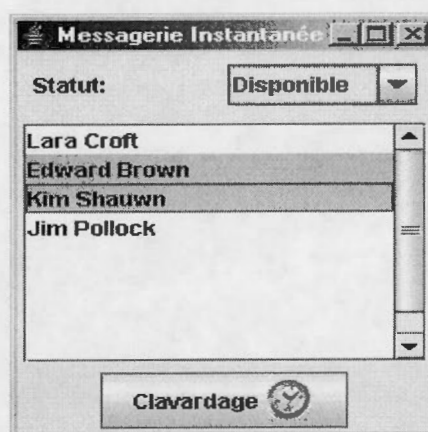


Figure 5.8 Dialogue de messagerie instantanée.

L'utilisateur sélectionne parmi la liste de ses membres, un ou plusieurs utilisateurs. Il appuie ensuite sur le bouton *Clavardage* afin d'initier une discussion avec les membres sélectionnés.

Ce service offre également une certaine flexibilité à l'utilisateur. Il lui permet, à l'aide de son statut, de déterminer s'il veut ou non être sollicité par les autres membres de sa communauté. Seuls les utilisateurs qui sont *Disponibles*, apparaîtront dans la liste associée au service de la messagerie instantanée.

La figure 5.9 est montrée aux utilisateurs lorsqu'ils sont en session de clavardage. Dans le dialogue, il y a l'historique complet de la conversation, la liste des utilisateurs participant à la discussion ainsi qu'un espace réservé pour interagir durant une session de clavardage.

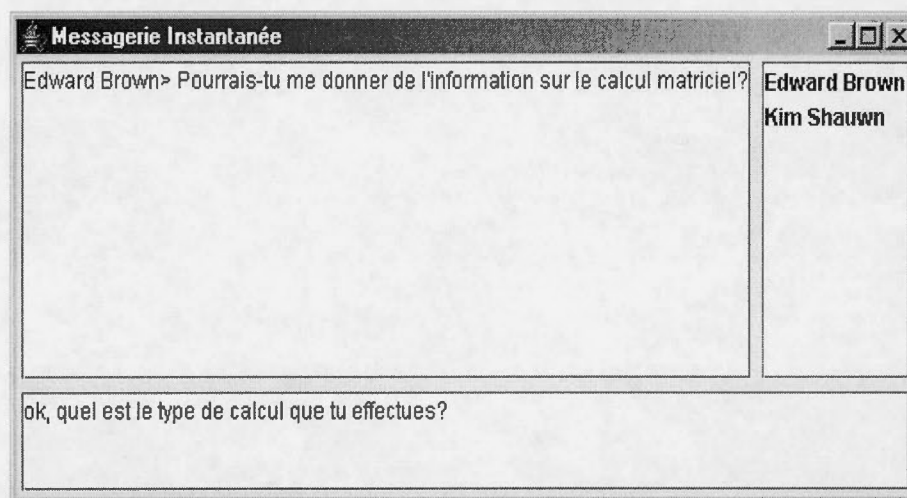


Figure 5.9 Dialogue de discussion de la messagerie instantannée.

Ces quelques détails de l'implémentation démontrent que DyCoLo est essentiellement axée sur les services de collaboration. Ces services ont été développés pour créer une synergie entre les membres d'une communauté virtuelle et pour optimiser le partage des ressources d'apprentissage.

CONCLUSION

L'objectif de ce travail vise à démontrer une nouvelle plate-forme d'apprentissage axée sur la collaboration. Elle a été introduite afin de satisfaire les besoins actuels du e-learning. Elle doit être apte à fournir un environnement adéquat pour partager un grand nombre de ressources d'apprentissage qui sont géographiquement dispersées ; regrouper les apprenants et les experts du domaine en communautés virtuelles afin de favoriser la collaboration entre apprenants ainsi qu'entre experts du domaine; et fournir un éventail de services de collaboration permettant d'améliorer les communications et les interactions entre les membres de la communauté.

Pour répondre à ces besoins, nous avons développé une nouvelle plate-forme d'apprentissage en utilisant comme mode de distribution, la grille informatique. Cette approche de distribution a été choisie d'une part pour maximiser l'utilisation des ressources hétérogènes qui sont géographiquement dispersées et d'autre part pour garantir une certaine flexibilité dans le partage des ressources. De plus, pour favoriser le développement de cette plate-forme nous avons utilisé le Globus Toolkit, qui intègre la plupart des fonctionnalités d'OGSA. Il fournit entre autre des mécanismes permettant de créer et de modifier les membres d'une communauté virtuelle en considérant les intérêts et les compétences de chaque utilisateur. Ensuite, pour favoriser la création de nouvelles ressources d'apprentissage, nous avons développé des services de collaboration qui sont en partie responsables de la synergie à l'intérieur des communautés virtuelles. Quant à l'interface DyCoLo, elle a été implémentée pour bien démontrer le dynamisme d'une telle plate-forme de distribution dans un environnement collaboratif.

Bien que notre plate-forme de distribution soit adéquate pour le e-learning, elle comporte également un certain nombre de limitations. D'abord, le processus actuel de e-Qualification a été simplifié. Il permet d'initier les communautés virtuelles, à partir du

portfolio de l'utilisateur, sans toutefois reconsidérer son appartenance à la communauté. En effet, le processus de qualification pourrait être amélioré en considérant davantage les habitudes des utilisateurs ce qui permettrait d'avoir plus d'un critère pour qualifier un utilisateur dans une communauté virtuelle. Ensuite, le développement d'outils de collaboration tels que les conversations vocales, les conversations vidéos, les boîtes de dialogue et les conférences devraient être encouragés afin de favoriser la communication entre les membres d'une communauté virtuelle.

Mentionnons également que pour réaliser ce projet de recherche, nous avons développés la plate-forme en trois phases :

1. Intégration des composantes de l'OGSA : Les composantes ont été choisies afin de répondre adéquatement aux besoins actuels du e-learning;
2. Implémentation des services de collaboration fournis par le GLS : Ils ont été développés afin de compléter les services de base de l'OGSA, qui étaient incomplets pour fournir des services de collaboration adéquats;
3. Implémentation de DyCoLo : Cette interface utilisateur sert à illustrer les différents scénarios de collaboration dans un environnement complètement voué au partage d'objets d'apprentissage.

Finalement, lors des travaux futurs il serait intéressant de revoir le processus de e-Qualification et les services de collaboration fournis par le GLS afin d'améliorer davantage la plate-forme de distribution ainsi que la synergie entre les membres d'une communauté virtuelle.

La plate-forme de distribution proposée est une preuve de concept qui a été développée dans un contexte relié au e-learning. Toutefois, elle pourrait également s'intégrer au système tutoriel intelligent...

BIBLIOGRAPHIE

- Abbas, Ahmar. 2004. Grid Computing: A Practical Guide to Technology and Applications. Charles River Media, 408 p.
- Agrawal, Nupur, 2006. Learning object: Features and categories, *ICT Conference Digital Learning Environment 11 au 13 janvier 2006, DRTC, Bangalore.*
- Anken, Etienne. 2004. Spécifications et standards e-learning, *L'informatique à l'EPFL.*
- Arnal, Philippine, 2003. Solutions de e-learning : voyage dans la jungle des plates-formes. *Journal JDNet.*
- Baker, Mark, Amy Apon, Clayton Ferner, et Jeff Brown. 2005. Emerging Grid Standards, *Computer*, vol. 38, no 4, p. 43-50.
- Berlanga, Adriana J. et Francisco J. Garcia. 2005. IMS LD reusable elements for adaptive learning designs, *Journal Of Interactive Media in Education*. Special Issue, eds. Colin Tattersall, Rob Koper.
- Bordage, Frédéric et Jérôme Saiz. 2002. Le Grid Computing, *Décision Micro (no. 259) le 25/11/2002.*
- Capuano, Nicolas, Angelo Gaeta, Giuseppa Laria, Francesco Orciuoli, Pierluigi Ritrovato. 2003. How to Use GRID Technology for building the Next Generation Learning Environments, *2nd International workshop on e-learning and Grid Technologies: a fundamental challenge for Europe.*
- Cerri, Stefano A.. 2003. Human and Artificial Agent's Conversations on the GRID. *1st LEGE-WG international workshop on e-learning and GRID Technologies: Educational models for GRID based services.* septembre 2003.
- Chalfan, Scott et John Antony. 2004. Jini and JavaSpaces: Enabling Grid, Pearson Education, Inc. InformIT, p. 2-3.
- Chen, Jianhao, Joel McKinney, S. Sawyer and L. Zhang. 2004. Defining Simple Sequences for RLOs Using XML. *IEEE Learning Technology newsletter*, vol. 6 issue 2, April 2004.
- Colombier, François, 2004. La Grille : Etat des lieux. *Ministère de l'éducation Nationale Université Montpellier II.*

- Crochet Damais, Antoine, 2002. Des Web Services aux Grid Services. *Journal JDNet*
- David, Romaric, 2003. Une grille de calcul pour la recherche. Lille. novembre 2003.
- Del Pozo, Anne, 2005. Les plates-formes e-learning gagnent de la maturité, *Journal 01.net*. mai 2005.
- Eckel, Bruce, 2000. Penser en Java. 2^e édition. p.419-416.
- Foster, Ian, Nicholas R. Jennings et Carl Kesselman, 2004. Brain Meets Brawn: Why Grid and Agents Need Each Other, *Autonomous Agent and Multiagent Systems, Proceedings of the third International Joint Conference on*, p.8-15.
- Foster, Ian, Carl Kesselman, J. Nick et Steven Tuecke. 2002. The physiology of the Grid: An Open Grid Services Architecture for Distributed Systems Integration, rapport technique, Globus Project, Juin 2002.
- Foster, Ian, Carl Kesselman, Steven. Tuecke. 2001. The anatomy of the Grid: Enabling Scabbling Virtual Organizations, *International Journal of High Performance Computing Applications*, vol. 15, no. 3, p. 220-222, SAGE Publications.
- Foster, Ian et Carl Kesselman. 1998. The Grid, Blueprint for a new Computing Infrastructure. San Francisco (USA), Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Furmento, Nathalie, Jeffrey Hau, William Lee, Setven Newhouse et John Darlington. 2003. Implementation of a Service-Oriented Architecture on top of Jini, JXTA and OGSA. London. UK.
- Gouardères, Guy, Mansour Saber, Roger Nkambou, Roland Yatchou. 2005. The Grid e-card Architecture to share Collective Intelligence on the Grid. *Applied Artificial Intelligence Journal*, vol.19 No.9, p.1043-1043.
- Gouardères, Guy, Roger Nkambou, Roland Yatchou. 2004. Toward Learning Grid Infrastructures: Report on the Grid Learning Services Workshop. *The seventh International Conference on Intelligent Tutoring Systems*.
- Graf, Sabine et Rachel Bekele.2006. Forming Heterogeneous Groups for Intelligent Collaborative Learning Systems with Ant Colony Optimization, *ITS 2006*, p. 217-226.
- Greer, J., G. McCalla, J. Vassileva, R. Deters, S. Bull et L. Kettel. 2001. Lessons Learned in Deploying a Multi-Agent Learning Support System: The I-Help Experience, *Proceedings of AIED 2001: International Conference on AI in Education*, p.410-421.
- Greer, J., G. McCalla, J. Cooke, J. Collins, V. Kumar, A. Bishop et J. Vassileva. 1998. The Intelligent Helpdesk: Supporting Peer-Help in a University Course. *Intelligent Tutoring Systems: 4th International Conference, ITS 98*, p. 494-503.

- Jonquet, Clement et Stefano. A. Cerri. 2004. Agents communicating for Dynamic Service Generation, *GRID Learning Services in Proceedings of the 1^e Workshop on Grid Learning Service (GLS04)*, pages 39-53, Marceio, Brésil. Septembre 2004.
- Kumar, Vive. 1999. User models for helping the helper in peer help networks, *UM99—User Modeling: Proceedings of the Seventh International Conference*, p. 335-336. Banff, AB.
- Lambert, Céline. 2003. Introduction à l'organisation virtuelle. *Centre de recherche public Gabriel Lipmann*.
- Lamontagne, Denys. 2005. Le répertoire Thot des dépôts d'objets d'apprentissage. 42 dépôts, plus de 1 million d'objets!
- Lee, Craig et Domenico Talia. 2003. Grid Programming Models: Current tools, Issues and Directions, Series: Wiley Series in Communications Networking & Distributed Systems.
- Lessard, Yvan et Robert Bibeau. 2001. Etude sur les outils de télécollaboration en éducation. *Commission scolaire des sommets*.
- Liao, Ching-Jung, 2004. The collaboration of Learning Objects in a Grid Environment, *Learning Technology newsletter*, vol. 6, Issue 2, p. 19-22.
- Liao, Ching-Jung et Fang-Chuan Ou Yang. 2004. A workflow Framework for Pervasive Learning Grid Composition by Employing Grid Services Flow Language. *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*.
- Liao, Ching-Jung, Fang-Chuan Ou Yang, Kevin Chihchebg Hsu. 2005. A Service-Oriented Approach for Pervasive Learning Grid. *Journal of Information Science and Engineering* 21, p.959-971.
- Matkin, Gary W. 2002. Learning Object Repositories: Problems and Promise.
- Meta Group. 2003. Collaboration and Evolution of the Enterprise: Improving Business Efficiencies through collaboration, *A META Group White Paper*.
- Ministère de l'économie des finances et de l'industrie. 2003. Le grid computing ou le calcul partagé. *Revue de Web*, 22/07/2003.
- Németh, ZSolt et Vaidy Sunderam. 2003. Characterizing Grids: Attributes, Definitions, and Formalisms, *Journal of Grid Computing* 1, p. 9-23.
- Navarro, Leonel Iriate, Alexander Sanchez Diaz, Manuel Macro Such, Daniel Moron Martin et Pedro Pernias Peco. 2005. Learning Units Design Based in Grid Computing, *Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05)*, p. 562-566.

- Neumann, Fred et Rudiger Geys. 2004. SCORM and the learning Grid, 4th International LeGE Workshop - *Toward a European Learning Grid Infrastructure: Progressing with a European Grid*.
- Nkambou, Roger, Guy Gouardères et Beverly P. Woolf. 2005. Toward Learning Grid Infrastructure: An Overview of Research on Grid Learning Services, *Applied Artificial Intelligence*, vol.19 No.9, p.811-824.
- Page, Kevin R., Danius T. Michaelides, Simon J. Buckingham Shum, Yun-Heh Chen-Burger, Jeff Dalton, David C. De Roure, Marc Eisentadt, Stephen Potter, Nigel R. Shadbolt, Austin Tate, Bachler, Michelle, Jiri Komzak. 2005. Collaboration in the Semantic Grid: a Basis for e-Learning. Taylor & Francis. *Applied Artificial Intelligence*, vol. 19, issue 9 & 10, p. 881-904.
- Pankratius, Victor et Gottfried Vossen. 2003. Towards E-Learning Grids: Using Grid Computing in Electronic Learning, *IEEE Workshop on Knowledge Grid and Grid Intelligence (in conjunction with 2003 IEEE/WIC International Conference on Web Intelligence/Intelligent Agent Technology)*, p.4-15.
- Pernin, Jean-Philippe et Anne Lajeune. 2004. Dispositifs d'apprentissage instrumentés par les technologies : vers une ingénierie centrée sur les scénarios.
- Pierluigi Ritrovato. 2004. Learning GRID, Kaleidoscope Learning GRID SID.
- Prost, Jean-Pierre. 2004. Open Grid Services Architecture Evolution, *IBM Corporation*.
- Reklaitis, V., A. Masevicius et K. Baniulis. 2004. Towards e-learning application architecture based on GLOBUS framework..
- Unger, Jay et Haynos Matt, 2003. A visual Tour of Open Grid Services Architecture. *IBM*.
- Volz, Rainer. 2001. Collaboration with Enterprise P2P, *Virtual Projects*, *vrtpj.com*.
- Yatchou, Roland, Guy Gouardères, Roger Nkambou. 2004. Ubiquitous knowledge Prosthesis for Grid Learning Service: The Grid-e-Card, In: *7th Int. Conf. On Intelligent Tutoring Systems (ITS-2004)-Workshop on GRID Learning Service (GLS04)*. J. Mostow and P.Tedesco(eds). p. 24-38.