

Université de Nice Sophia-Antipolis

Master recherche PMLT

Rapport de stage

présenté en juin 2005

par

Sterenn AUBERT

Le e-learning adaptatif

Nom des responsables de stage : Pierre Crescenzo (laboratoire I3S, équipe OCL)
Michel GAUTERO (laboratoire I3S, équipe Langages)

Nom du rapporteur : Sylvain Lippi

Table des matières

1	Introduction	5
2	L'état de l'art	7
2.1	Les sites web et les plates-formes	7
2.1.1	Les sites web	8
2.1.2	Les plates-formes pour le e-learning	8
2.2	Normes et standards du e-learning	9
2.2.1	LOM (Learning Object Metadata)	10
2.2.2	AICC (Aviation Industry Computer based training Committee)	11
2.2.3	SCORM (Sharable Content Object Reference Model)	11
2.2.4	IMS (Instructional Management Systems)	12
2.3	Le e-learning adaptatif	12
3	Modélisation UML d'un e-learning adaptatif	15
3.1	Introduction	15
3.2	Les différents diagrammes	15
3.2.1	Le diagramme de cas d'utilisation	15
3.2.2	Les diagrammes de classes	17
4	Adaptation des cours	21
4.1	Comparaison entre différents algorithmes génétiques	21
4.2	Explications de ACO (L'algorithme de fourmis)	23
4.3	Utilisation de l'algorithme des fourmis	27
5	Conclusion	29
6	Annexes	31

Chapitre 1

Introduction

Le sujet de ce stage est le **e-learning adaptatif**. Ce stage a été effectué au sein de l'I3S avec la collaboration de Pierre Crescenzo et Michel Gautero.

L'enseignement par Internet (ou télé-enseignement ou e-learning) constitue un des moyens pédagogiques actuels et prometteurs. Il souffre cependant de défauts principalement liés à l'absence relative de l'enseignant et donc à la difficulté d'adaptation de l'enseignement au niveau et au comportement de l'apprenant. [31]

Deux définitions du e-learning peuvent être proposées :

- la première désigne un concept de formation dans lequel la technologie (e pour électronique) se place progressivement dans tous les plans de l'activité de la formation.
- La seconde, un peu plus restrictive, désigne comme e-learning tout processus ou toute organisation de formation utilisant les technologies du Web.

Dans le cas du **e-learning adaptatif**, nous tiendrons compte de la première définition qui est plus complète.

Sur un plan pratique, on utilise une plate-forme, qui est un logiciel regroupant les outils nécessaires aux trois principaux types d'utilisateurs : l'enseignant, l'apprenant et l'administrateur. L'enseignant peut mettre ses cours en ligne, incorporer des ressources pédagogiques multimédias et effectuer un suivi des activités des apprenants. L'apprenant consulte en ligne ou télécharge les cours, a une vue de l'évolution de son travail, effectue des exercices. Il peut parfois communiquer avec un enseignant ou d'autres apprenants via un forum. Quant à l'administrateur, il installe et assure la maintenance du système. Suivant les plates-formes, l'administrateur peut avoir un rôle plus ou moins important.

L'un des principaux enjeux de l'apprentissage en ligne est l'autonomie de l'apprenant. Le **e-learning adaptatif** va permettre d'améliorer l'utilisation des plates-formes en proposant des cours adaptés aux résultats, comportements, goûts... des apprenants, sans que ceux-ci en aient conscience.

L'objectif de ce stage est de réaliser une étude bibliographique sur les deux points suivants :

1. les techniques d'adaptation automatique d'un enseignement au niveau et au comporte-

ment de l'enseigné,

2. les modélisations possibles d'un cours qui a la capacité de s'adapter.

Pour cela, le rapport est partagé en trois parties. Il s'agit dans un premier temps de faire l'état de l'art du e-learning. Dans un second temps, nous proposons une modélisation UML du e-learning adaptatif à l'aide de diagrammes de cas d'utilisation et de classes. Dans un dernier temps, nous verrons les techniques d'adaptations des cours.

Chapitre 2

L'état de l'art

Le e-learning se développe de manière inexorable ces dernières années. Sur le sujet, des recherches sur Internet, montre qu'il existe de nombreux sites parlant du e-learning (pour un moteur de recherche, on trouve plus de neuf millions de références). Faire un état de l'art actuel du e-learning n'est pas une chose aisée car les évolutions sont continues. Une étude faite aux États-Unis [15], en 2000-2001, indique que :

- La formation à distance représente “5% des dépenses de formation professionnelle dans les entreprises pour 10% des volumes de formation réalisés”.
- Les domaines les plus concernés par l'apprentissage à distance sont les langues et la bureautique (70% des volumes) et les formations métier (environ 20%).
- Dans 5 ou 10 ans le e-learning pourrait se substituer à la formation traditionnelle.

Cette étude date de cinq ans et les chiffres ont évolué. Le budget dédié à la formation à distance, aux États-Unis mais aussi en France, a fortement augmenté. De plus, la bureautique et l'étude des langues restent les matières les plus couramment étudiées, mais les formations métiers se développent.

Nous sommes en 2005 et le e-learning n'a pas remplacé la formation traditionnelle. Cependant d'ici cinq ans, si le e-learning continue son évolution, il peut avoir une place dans la formation traditionnelle.

Dans cette partie, nous allons voir les moyens informatiques pour le e-learning puis les normes et standards existant et enfin les travaux effectués sur le e-learning adaptatif.

2.1 Les sites web et les plates-formes

Pour l'utilisateur qui souhaite faire du e-learning, deux choix se présentent : le site web ou la plate-forme. Ces deux méthodes ont vu leur développement considérablement augmenter avec l'arrivée de l'ADSL et la généralisation de l'usage de l'informatique.

2.1.1 Les sites web

Le web est une source intarissable d'informations sur le e-learning. De nombreux sites, à vocations différentes, sont présents. [3, 4, 1]

Des sites spécialisés permettent de se renseigner sur les technologies existantes pour le e-learning. Ils sont nombreux et beaucoup en français. L'un des plus importants est celui de la Commission Européenne [2] qui propose plusieurs rubriques afin de rassembler tous les projets en cours ou réalisés au sein de l'Union Européenne.

On peut parler des sites commerciaux, qui ne diffèrent généralement que par l'interface graphique ou encore par le nombre ou la qualité des cours. Ces sites utilisent le terme e-learning mais ne proposent que de simples cours aux formats .pdf ou .doc : c'est à l'utilisateur de choisir. On parle souvent aussi de e-formation. Les technologies pour ce genre de site ne sont donc pas très adaptatives.

Lors de la conférence TICE¹ qui a eu lieu en novembre 2004, de nombreux travaux concernant des Universités en ligne ont été présentés. Grâce au e-learning, les étudiants peuvent, suivant les Universités, accéder à un certain nombre de cours pour pouvoir passer les examens de fin d'année avec les autres étudiants de la même section. Cela permet à des étudiants qui sont dans l'incapacité de se déplacer ou trop éloigné, mais qui souhaitent suivre les cours, de pouvoir le faire à leur rythme et même de pouvoir contacter l'enseignant pour poser des questions. Ce système est bien implanté dans certaines Universités et, pour certains diplômes, les cours ne sont accessibles qu'en ligne.[27, 18, 30]

2.1.2 Les plates-formes pour le e-learning

Actuellement, la plate-forme est l'outil le plus utilisé pour accéder aux cours et elle permet une meilleure adaptation des cours. Il existe plusieurs centaines de plates-formes éducatives.

LMS est le terme anglo-saxon qui désigne une plate-forme de e-learning complète comprenant le serveur de diffusion de contenu, la base de données gérant le catalogue des formations disponibles, le serveur de gestion des profils des apprenants, les accès aux formations et du suivi des parcours avec mémorisation des résultats obtenus et des progrès. Enfin, celle-ci inclut une brique de gestion des plannings aux sessions de formation selon les disponibilités des tuteurs et des apprenants (scheduling system).

Quelques plates-formes

Les exemples de cette partie sont des logiciels libres.

On peut citer **Wims** [32], qui est utilisée à l'Université de Nice-Sophia Antipolis. Wims² permet de faire du travail interactif de mathématiques sur Internet. Sur ce site, on peut consulter des cours interactifs, répondre aux exercices mathématiques, ou jouer à des jeux

¹Technologie de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement

²WWW Interactive Multipurpose Server

mathématiques. La structure de Wims est particulièrement intéressante pour les activités d'enseignement dans lesquelles le serveur peut analyser individuellement le comportement d'étudiants/élèves, et proposer des activités à chacun d'eux suivant son besoin d'apprentissage.

Comme nous allons le voir par la suite, il existe des normes pour le e-learning. Des plates-formes utilisent les normes IMS et SCORM afin d'avoir des objets d'apprentissage réutilisables. C'est le cas, par exemple, de **ATutor** [8] où l'apprenant se connecte avec un identifiant et un mot de passe et choisit ensuite son cours. Pour ATutor, l'adaptation consiste à pouvoir utiliser un forum ou un chat et avoir accès à des documents en ligne qui ont un lien avec le cours.

D'autres types de plate-forme, utilisant elles-aussi SCORM, proposent une formation incluant une idée de groupe. C'est le cas de **Claroline** [14], **Blackboard** [9], **Dokeos** [16] (basé sur Claroline) ou encore **Ganesha** [20]. L'apprenant n'est plus seul face à son cours et aux interrogations qu'il peut se poser mais fait partie d'un groupe de travail dans lequel il peut communiquer avec les autres participants à l'aide d'un forum ou même d'un chat. Tout le groupe peut consulter en ligne les mêmes cours. Lors d'un envoi de courriel pour une modification de cours par exemple, l'administrateur n'a plus besoin d'envoyer un message à chaque étudiant mais il peut l'envoyer directement à tout le groupe. Seuls quelques points de détails peuvent les différencier comme l'interface graphique ou encore le vocabulaire employé (Ganesha parle de *Module* alors que Claroline parle de *Cours*).

On peut aussi parler de **Moodle** [26], qui est particulièrement apprécié des anglo-saxons et préfère l'utilisation d'une "communauté d'apprentissage", c'est-à-dire partager ses connaissances et communiquer avec les enseignants et les apprenants, plutôt que de mettre en ligne des cours et des exercices.

Enfin, il existe aussi des intranets pédagogiques, comme **Ipinfo** [22] ou **Prométhée** [28], qui permettent de gérer des projets, de travailler en collaboration avec d'autres utilisateurs ou encore de diffuser des documents importants. Ces plates-formes sont principalement utilisées en entreprise.

Aucune de ces plates-formes n'a proposé d'adaptation des cours suivant l'apprenant, seul les paramètres d'affichage peuvent être modifiés.

Toutes ces plates-formes proposent généralement les mêmes fonctionnalités pour les enseignants, c'est-à-dire la création des cours et des exercices. Les enseignants n'ont donc pas à connaître la technologie qui est utilisée.

2.2 Normes et standards du e-learning

L'intérêt du e-learning est de proposer un ensemble de cours aux apprenants mais aussi de faciliter la mise en place des cours pour les enseignants. Si un enseignant souhaite proposer ses cours pour plusieurs plates-formes, l'utilisation d'une norme permet à l'enseignant de n'écrire qu'une seule fois son cours. C'est un autre enjeu du e-learning et

seuls quelques organismes, comme l'IEEE [25]³, ISO [23]⁴ ou encore le CEN [13]⁵, sont accrédités à développer les normes.

Avant d'étudier les principaux standards et normes, donnons deux définitions afin de les distinguer :

- Une *norme* est un ensemble de règles de conformité, édicté par un organisme de normalisation au niveau national ou international.
- Un *standard* est un ensemble de recommandations émanant d'un groupe représentatif d'utilisateurs réunis autour d'un forum, comme l'IETF (Internet Engineering Task Force), le W3C (World Wide Web Consortium), le LTSC (Learning Technologie Standards Committee) et l'IEEE.

2.2.1 LOM (Learning Object Metadata)

LOM [12] est un standard pour les métadonnées de caractérisation (ce n'est pas une norme). Il décrit l'objet pédagogique selon neuf catégories (IEEE, 2002). Dans chacune d'entre elles, plusieurs éléments peuvent être répétés (parfois de façon récursive). LOM est le schéma de métadonnées le plus détaillé et offre un ensemble de vocabulaire de référence. Il s'agit d'un fichier XML qui décrit les caractéristiques du document (dans le cas du e-learning, il décrit le contenu d'un cours ou d'un exercice).

Du côté utilisateur, il permet de retrouver et d'échanger des ressources pédagogiques

Du côté producteur, il permet de partager l'information dans un contexte où les ressources sont nombreuses et leurs productions coûteuses, de réutiliser les ressources ou leurs composants et enfin d'être interopérable avec des systèmes de Gestion de Formation.

Les 9 catégories du LOM se divisent en 71 sous catégories.⁶ Le modèle LOM a été adopté par la plupart des organismes de standardisation (IEEE LTSC, IMS, ADL, ARIADNE) et le plus souvent adapté dans le cadre des profils d'application (SCORM, CanCore, etc). Le modèle Dublin Core qui est un modèle de métadonnées générique défini pour être appliqué à tout type de document numérique a été intégré au LOM. En effet, il constitue l'une des bases les plus utilisées par les autres systèmes d'indexation. Les 15 champs qui

³Institute of Electrical and Electronics Engineers

⁴International Standard Organisation

⁵Comité Européen de Normalisation

⁶

- Général : identifiant, titre, identifiant catalogue, catalogue...
- Cycle de vie : version, date, contribution...
- Méta-métadonnées : identifiant, catalogue, contribution, langage...
- Technique : format, taille...
- Pédagogie : type d'interactivité, niveau d'interactivité, densité sémantique, difficultés...
- Droits : coûts, copyrights...
- Relation : type de relation, ressource, identifiant...
- Commentaires : auteur, date, description...
- Classification : but, classification de références, chemin...

le constituant ont été ainsi repris dans les champs du LOM.

2.2.2 AICC (Aviation Industry Computer based training Committee)

En 1988, des compagnies aériennes, des constructeurs aéronautiques, des producteurs d'enseignements assistés par ordinateur fondent l'Aviation Industry CBT Committee(AICC), se réunissent pour définir des spécifications techniques communes pour les produits d'enseignement assisté par ordinateur qu'ils utilisent.

AICC [7] a progressivement été étendu à l'ensemble des problématiques liées à la formation électronique. La compatibilité avec cette norme permet notamment l'interopérabilité entre plates-formes et contenus hétérogènes offrant ainsi des possibilités d'évolution et d'enrichissement accrus. En ce qui concerne le e-learning, l'AICC définit la structure des contenus, les modes de communication entre la plate-forme de formation et les contenus pédagogiques.

2.2.3 SCORM (Sharable Content Object Reference Model)

SCORM [6] est une norme qui s'inspire d'AICC.

Le Ministère de la défense américaine et l'*Office of Science and Technology* de la Maison-Blanche avaient comme objectif principal de pouvoir réutiliser leurs ressources pédagogiques. Ils ont lancé le programme ADL (*Advanced Distributed Learning*), en 1997, qui a produit en 1999 le modèle SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*), modèle dans lequel la description des cours pouvait se faire à l'aide de "composants" qui correspondent aux éléments du cours (ce sont des *assets* dans le modèle SCORM).

Le SCORM met en place les règles d'un modèle de gestion de l'apprentissage par l'utilisation du Web. Cette initiative doit permettre aux enseignants d'intégrer les cours qu'ils créent dans d'autres applications, sous différentes plates-formes. Le contenu doit être indépendant des contraintes de mise en forme de façon à autoriser son intégration dans différentes applications. Le contenu devra aussi utiliser des interfaces et des données normalisées. Le SCORM comprend un Format de Structure de Cours (Course Structure Format) basé sur le langage XML et qui permet de transférer plus facilement des contenus en définissant les éléments, la structure et les références externes. Ces spécifications intègrent notamment celles d'IMS et d'ARIADNE.

La structuration du contenu est basé sur le standard LOM et permet la réutilisation du code, la recherche de contenu, la définition de parcours pédagogiques et l'interopérabilité.

Une première version est sortie en janvier 2000, mais le SCORM [21] continue à évoluer et aussi à augmenter la portée des caractéristiques en coopérant avec des industries, des gouvernements et des Universités.

2.2.4 IMS (Instructional Management Systems)

L'*Instructional Management Systems* (IMS) *Global Learning Consortium* est un des groupes les plus actifs [12, 29]. Il a pour rôle essentiel de coordonner les travaux comme ceux cités précédemment. L'IMS, groupe de travail né en 1997, est composé de membres issus de l'éducation, d'entreprises et d'organisations gouvernementales. L'IMS a pour objectifs principaux de définir des spécifications techniques pour l'interopérabilité des applications et services de l'éducation distribuée et de supporter l'incorporation des spécifications dans les technologies du Web. Ces spécifications doivent répondre à des principes de base : l'interopérabilité, l'accessibilité, la réutilisation, la pérennité, l'indépendance et la portabilité. Parmi les spécifications qui restent au niveau du contenu pédagogique, on peut citer :

- *IMS-Meta Data Specification* qui définit une structure d'éléments ou métadonnées utiles pour décrire les ressources pédagogiques. Cette dernière reprend le LOM (*Learning Object Metadata*).
- *IMS-Content Packaging Spécification* qui décrit la structure et l'organisation d'un ensemble de fichiers regroupés en package facilitant son échange.
- *IMS-Question and Test Interoperability Specification* qui décrit des méthodes et des contenus d'évaluation.

L'évaluation est une question délicate dans le domaine de la formation et de l'enseignement, en particulier pour le e-learning adaptatif.

La spécification *Question and Test Interoperability* de l'IMS permet de représenter la structure de données d'une question (*item*) et d'un test (*assessment*) ainsi que leurs résultats correspondants. Ces éléments doivent permettre l'échange de ces contenus entre plates-formes d'enseignement à distance et leur intégration avec d'autres contenus. Tout comme pour le LOM, AICC et SCORM, le choix du XML pour présenter la spécification QTI dénote l'intention d'ouverture et de facilitation sans prédire des choix techniques d'implémentation à mettre en œuvre.

À l'instar de XML, la spécification IMS-QTI est extensible et adaptable pour des applications spécifiques. Comme c'est le cas pour les autres spécifications, celle-ci n'influe pas sur les concepts pédagogiques ni sur les choix techniques de programmation et/ou d'interface graphique laissés à la libre appréciation des concepteurs d'outils logiciels et des producteurs de contenus.

Le petit reproche que l'on pourrait faire à IMS/QTI est la complexité du code même pour une petite question, mais cette difficulté est cependant résolue avec l'utilisation d'un éditeur XML.

2.3 Le e-learning adaptatif

Après avoir établi l'état de l'art du e-learning, il est important de parler des recherches concernant le e-learning adaptatif [5]. Les premières adaptations proposées sont la possibilité pour l'apprenant de pouvoir visualiser ses cours en fonction de ses préférences ou encore ne pas refaire un exercice déjà effectué auparavant.

Les premiers processus, très limités, d'interaction entre l'apprenant et le système sont appelés **systèmes tutoriels**. [12] Ils ont évolué vers des systèmes dit adaptatifs capables de générer du matériel didactique selon le comportement global de l'apprenant. Il s'agit des systèmes dits intelligents (STI) qui ont réellement permis, grâce à des techniques d'intelligence artificielle, de créer un processus complètement interactif adapté à l'apprentissage. Plusieurs types de systèmes ont été recensé (Nkambou, 1996) :

- Les STI *socratiques* fonctionnent à l'aide d'un dialogue avec l'apprenant (dialogue socratique, question/réponse). Ils sont appropriés pour présenter des informations factuelles, l'apprentissage de règles et de principe ou l'apprentissage de stratégies de résolution.
- Les STI *procéduraux* sont utilisés - au travers d'exemples, exercices et problèmes - pour enseigner les procédures nécessaires pour accomplir une tâche.
- Les STI *démonstrateurs* imitent ou simulent un phénomène dans le but de l'enseigner à l'étudiant. L'interaction intervient dans la mesure où l'apprenant a la possibilité de pratiquer dans un environnement "réel".
- Les *environnements interactifs d'apprentissage* et les *systèmes hypermédias* permettent à un étudiant d'apprendre tout en explorant de manière guidée ou libre, l'objet d'apprentissage qui est simulé. On parle d'apprentissage par la découverte.
- Les systèmes *critiques* ont pour but de guider l'apprenant dans la résolution de problèmes, en particulier pour les problèmes de conception, dans le but de l'amener vers une solution correcte.
- Les *systèmes sociaux* font intervenir des agents externes : par exemple un ou plusieurs autres étudiants ou encore un ou plusieurs autres enseignants pour communiquer avec l'apprenant pendant la résolution du problème.

Dans tous les cas, ces systèmes s'appuient sur la réelle nécessité de formaliser ou représenter : la matière à enseigner, l'apprenant et les stratégies pédagogiques. Les recherches effectuées pour les plates-formes et les STI ont été réalisées séparément et le but de ce stage est de lier ces deux parties.

Chapitre 3

Modélisation UML d'un e-learning adaptatif

3.1 Introduction

Comme nous avons pu le voir dans le chapitre sur l'état de l'art, l'autonomie de l'apprenant [24] est un des objectifs du e-learning. Nous avons voulu, avant de réfléchir à la technique employée pour gérer l'adaptation des cours, modéliser notre système de e-learning adaptatif.

Cette modélisation UML comprend deux types de diagrammes, le diagramme de cas d'utilisation qui montre les différents acteurs de ce système et les rôles qu'ils peuvent tenir, et les diagrammes de classes (point de vue orienté objet) qui indiquent les relations entre les différentes classes.

3.2 Les différents diagrammes

Les différents diagrammes sont fournis en annexe.

3.2.1 Le diagramme de cas d'utilisation

Notre modélisation est composée de six acteurs principaux : l'administrateur, les apprenants, les enseignants-tuteurs, les enseignants-auteurs, les enseignants-responsables et les adapteurs (c'est ainsi que nous nommons les acteurs informatiques qui réalisent les adaptations nécessaires à la personnalisation de l'enseignement).

L'administrateur

L'acteur qui diffère très peu des systèmes courants [17] du e-learning est celui de l'administrateur. Il s'occupe principalement de la partie technique de la plate-forme. Dans

notre cas, nous lui avons rajouté la possibilité de pouvoir modifier le profil d'un apprenant ou les informations concernant un enseignant.

L'administrateur est là aussi pour répondre aux questions que peuvent se poser les différents utilisateurs de la plate-forme et leur redonner leur mot de passe en cas d'oubli.

L'apprenant

L'apprenant qui souhaite suivre des cours va s'inscrire sur la plate-forme. Lors de cette inscription, de nombreux renseignements vont lui être demandés afin de pouvoir gérer son profil mais aussi pour l'adaptation des cours. Ces renseignements seront différents s'il s'agit d'une plate-forme pour une formation métier ou pour une formation scolaire. Nous verrons plus en détails ce point dans le chapitre suivant.

Une fois l'apprenant inscrit, il va pouvoir consulter les cours qui lui sont proposés et qui correspondent à son niveau.

L'apprenant peut avoir la possibilité de participer aux forums, d'envoyer un courriel à un enseignant auteur d'un cours, à un autre élève ou même à l'administrateur. Il peut aussi lire ses messages, modifier son profil ou encore consulter ses résultats aux différents tests. Les cours de l'apprenant sont adaptés suivant ses résultats aux exercices mais aussi en fonction des résultats des apprenants ayant déjà terminé l'apprentissage de la matière. Il est guidé à travers les enseignements et il devient ainsi plus autonome.

Les enseignants

Comme on peut le voir sur le diagramme de cas d'utilisation (*fig. 6.2*), les enseignants peuvent avoir plusieurs rôles. Ces rôles ne sont pas exclusifs, cela veut dire qu'un enseignant-auteur peut aussi être enseignant-tuteur et/ou enseignant-responsable et vice versa. Les enseignants, quelques soient leurs rôles, doivent dans un premier temps s'inscrire sur la plate-forme et choisir le statut qu'ils veulent avoir, ils peuvent aussi participer aux forums, envoyer des courriels et lire leurs messages.

Nous avons fait le choix d'avoir plusieurs catégories d'enseignants afin d'avoir une meilleure organisation et ainsi de pouvoir mieux gérer les accès aux données présentes dans le système. L'auteur a la charge de mettre ses cours, ses exercices et ses contrôles continus en ligne. Il peut aussi faire les modifications qu'il juge nécessaires pour une partie de ses enseignements. L'intérêt de notre modélisation est que pour une même matière, plusieurs auteurs vont pouvoir proposer leurs cours.

Le tuteur se charge d'aider les apprenants en discutant avec eux par l'intermédiaire d'un *chat* présent sur la plate-forme ou même via une classe virtuelle (les apprenants peuvent voir l'écran de leur tuteur où celui-ci explique plus en détails les points importants du cours). C'est le seul acteur présentiel sur la plate-forme. Sa présence n'est évidemment pas obligatoire 24/24h, mais il peut proposer un planning aux apprenants qui pourront poser leurs questions pendant les créneaux horaires prévus à cet effet. Il ne sera pas rare que le tuteur soit aussi l'auteur du cours car il sera plus à même de répondre aux différentes interrogations.

Quant au responsable, son rôle est important, surtout pour la gestion des résultats des contrôles finaux pour une matière. Comme il existe plusieurs cours pour une même matière et par conséquent plusieurs auteurs pour la même matière, il faut une personne responsable qui choisisse le test de “fin de module” pour tous les apprenants. Le responsable est aussi chargé de la modification du statut de l’enseignant, et peut consulter les résultats des apprenants pour vérifier l’efficacité de certains cours. S’il constate que les cours ne sont pas satisfaisants, il peut demander à l’auteur du cours de faire des modifications.

L’adaptateur

L’adaptateur est un acteur humain dans ce diagramme de cas d’utilisation, mais l’objectif, à court terme, est de le rendre automatique. Il va adapter les cours suivant le profil de l’apprenant mais il va aussi consulter les résultats et les profils des autres apprenants pour pouvoir proposer à chaque nouvel élève la meilleure configuration.

L’adaptateur peut demander des conseils au responsable d’une matière lorsqu’il a une hésitation pour un apprenant. Ce sera souvent le cas au tout début de la mise en place de la plate-forme car peu d’apprenants auront déjà parcouru les cours et donc le choix du cours idéal sera plus difficile. Nous envisageons l’utilisation d’apprenants virtuels pour l’initialisation du système.

L’adaptateur est le rôle central de ce système car sans lui il ressemblerait beaucoup aux autres diagrammes de cas d’utilisation vu dans d’autres articles [21].

3.2.2 Les diagrammes de classes

Afin de faciliter l’étude des liens entre les classes, nous allons les séparer en petits scénarios qui correspondent aux parties importantes du système.

Le rôle de l’administrateur

Comme nous l’avons vu dans la partie sur le diagramme de cas d’utilisation, l’administrateur a plutôt un rôle technique.

L’administrateur (*fig.6.1*) s’occupe de tous les apprenants et tous les enseignants, mais les apprenants et les enseignants ne sont en contact qu’avec un seul administrateur. Il est possible que, pour la plate-forme, plusieurs personnes s’occupent de la gestion technique mais il est important de n’avoir qu’un seul compte administrateur, pour une question de sécurité et d’éviter les conflits en cas de modification d’un profil.

Les différents rôles des enseignants

Chaque catégorie d’enseignant possède ses propres propriétés. (*fig.6.3*)

Les auteurs peuvent participer à plusieurs matières, une matière devant avoir au moins un auteur sinon elle ne fait pas partie du système. L’enseignant-auteur peut proposer des exercices à un contrôle final d’une matière voire il peut suggérer des points cruciaux qu’il faut avoir assimilé au responsable de la matière.

Un enseignant-responsable peut s'occuper d'une ou plusieurs matières et une matière ne peut avoir qu'un seul responsable. C'est lui qui va mettre en ligne le ou les contrôles finaux en ayant auparavant consulté les différents auteurs de la matière. Dans certain cas, son rôle va être de corriger ces contrôles.

Enfin l'enseignant-tuteur peut avoir plusieurs élèves (ici géré avec une inscription) mais pour une matière un élève ne peut avoir qu'un seul tuteur afin qu'il puisse savoir exactement qui il doit contacter pour poser une question.

Gestion de l'inscription d'un apprenant à une matière

Après s'être inscrit sur la plate-forme, les informations de l'apprenant sont conservées dans une base de données et une liste de cours est proposé à l'apprenant. Celui-ci choisit les matières qu'il souhaite étudier et va devoir s'inscrire à chaque matière. Lors de cette inscription, des questions vont lui être posées afin de juger son niveau. L'adaptateur rentre ici en jeu et grâce à tous les renseignements qu'il a pu récupérer, il va pouvoir guider l'apprenant dans son enseignement.

Une fois l'inscription réalisée, l'apprenant est admis à une session. La classe **Session** (*fig.6.4*) permet de gérer les dates et aussi d'indiquer si l'apprenant a déjà passé et réussi cette matière ou bien qu'il l'a passé mais a échoué ou encore qu'il est en train de l'étudier. Nous permettrons à un étudiant de s'inscrire à plusieurs sessions à condition qu'il n'ait pas déjà validé la matière et qu'il ne s'inscrive pas deux fois à la même session. Suivant la matière, l'apprenant aura le droit de s'inscrire un nombre maximal de fois. Cela est possible grâce à la gestion de l'historique lors de l'inscription.

L'adaptateur ayant des informations sur toutes les inscriptions, il pourra facilement récupérer celles qu'il juge nécessaires sur les autres apprenants s'étant déjà inscrits, pour une meilleure adaptation des cours.

Gestion d'une matière

Une matière est constituée de plusieurs chapitres qui correspondent aux chapitres choisis par l'adaptateur pour cet apprenant. (*fig.6.5*)

Chaque chapitre peut ne pas contenir de cours, dans le cas où l'apprenant souhaite, par exemple, ne faire que des exercices ou des contrôles continus, ou encore si l'enseignant ne veut proposer que des questionnaires à ses étudiants. L'adaptateur peut aussi décider de proposer plusieurs cours intéressants pour un même chapitre. Même chose pour les exercices et les contrôles continus. Cela permet une meilleure adaptation suivant les matières et les souhaits des élèves.

Un chapitre peut correspondre à une ou plusieurs matières. Par exemple, un cours d'héritage en Java peut appartenir à la fin de la matière "*Java pour les nuls*" mais aussi au début de la matière "*Java avancé*". L'idéal étant que les adaptateurs ne reproposent pas un chapitre si celui-ci a déjà été vu auparavant.

Pour valider une matière, il faut passer un contrôle final. Chaque contrôle final appartient à une seule matière et on ne peut passer qu'un seul contrôle final par matière et par session.

Ce contrôle est commun à tous les apprenants qui suivent la même matière.

Gestion des résultats d'un apprenant

Pour terminer, il faut pouvoir noter un apprenant pour l'aider dans la ou les matières où il a des difficultés. (*fig.6.6*)

Dès qu'un apprenant passe un contrôle final ou continu, ses résultats sont conservés en mémoire grâce à la classe **Résultat**. Si le responsable le souhaite, il peut ainsi récupérer tous ces résultats à la fin d'une session pour en faire une moyenne.

Un apprenant peut avoir à passer plusieurs contrôles continus ou finaux mais ce n'est pas une obligation. Le *MAX*, que l'on voit dans ce diagramme de classes, correspond au nombre de fois maximal que l'apprenant peut présenter la matière.

Chapitre 4

Adaptation des cours

Nous venons de définir la partie UML de notre système. À présent, il faut réfléchir aux moyens d'adapter les cours et aux paramètres qui vont rentrer en jeu. L'intelligence artificielle répond à ce genre de problématique. Dans ce domaine, les recherches sont encore récentes et les résultats encore incertains. Il faut donc savoir choisir l'algorithme qui correspond le mieux à nos besoins et étudier les algorithmes génétiques qui existent afin de trouver le meilleur pour l'adaptation des cours d'une plate-forme e-learning.

4.1 Comparaison entre différents algorithmes génétiques

Les algorithmes génétiques (AGs) ont été développés par John Holland à l'Université du Michigan et sont inspirés des mécanismes de la sélection naturelle et de la génétique. Ils utilisent à la fois les principes de la survie des individus les mieux adaptés (ceux qui ont la meilleure *fitness*) et ceux de la propagation du patrimoine génétique.

De façon très intuitive, on identifie le problème à un environnement donné et les solutions à une population d'individus (codés sous forme de chaînes de symboles) évoluant dans cet environnement. À chaque génération, on ne retient que les individus les mieux adaptés à cet environnement. Au bout d'un certain nombre de générations, les individus restants sont particulièrement adaptés à l'environnement donné. On obtient donc des solutions très proches de la solution idéale du problème.

Bien qu'utilisant le hasard, les AGs ne sont pas purement aléatoires car ils suivent des lois probabilistes.

Les problèmes résolus par les algorithmes génétiques sont des problèmes exponentiels ou NP-Complets. Ce type de problème nécessite une approche s'éloignant de la démarche classique déterministe.

Afin de pouvoir comparer les différents algorithmes génétiques qui existent, énumérons les méthodes connues afin de voir leurs avantages et leurs inconvénients.

Méthodes énumératives

Les méthodes énumératives recherchent les solutions du problème en affectant les variables aux différentes valeurs de leurs domaines de définitions. L'espace utilisé est un espace fini

et ces méthodes sont applicables pour tout problème. L'ordre de parcours est fixé. Ce sont des méthodes globales mais qui sont coûteuses et non fiables pour des problèmes continus.

Méthodes stochastiques

Les méthodes de recherche stochastiques s'appuient sur la génération de solutions candidates ensuite évaluées. Si la solution trouvée n'est pas assez bonne pour le système, alors celui-ci génère autant d'itération que nécessaire pour trouver de nouvelles solutions et les tester à nouveau. La recherche des bonnes solutions d'optimisation repose sur la génération de nouvelles solutions candidates.

"Hill-Climbing" : Cette méthode, adaptée à la recherche locale produit continuellement de nouvelles solutions candidates, qui sont de légères variations de la solution actuelle. Cet algorithme permet de trouver très rapidement, à partir d'un candidat de l'espace de recherche, l'optimum local lié à ce premier candidat.

Recuit Simulé (Kirkpatrick, Gelatt et Vecchi, 1983) : Dans cette méthode, la solution actuelle peut changer de manière aléatoire, en mieux ou en moins bien, mais toujours en réduisant la probabilité d'accepter un plus mauvais déplacement, jusqu'à n'accepter que les meilleurs déplacements.

Recherche Tabou (F. Glover, 1977 and 1989) : Tout comme le recuit simulé, la recherche Tabou repose sur des heuristiques qui permettent des déplacements sur l'espace des solutions possibles, tout en cherchant constamment à améliorer la meilleure solution courante et en conservant en mémoire la liste des précédents déplacements et ainsi guider la recherche en dehors de zones précédemment parcourues.

Ces algorithmes peuvent tous être combinés ou intégrés les uns dans les autres afin de rechercher des optima locaux et d'extraire des bassins d'attraction de l'espace de recherche pour réaliser une recherche plus globale de l'optimum de la problématique posée, le problème étant qu'elles sont généralement assez coûteuses.

Évolution Artificielle

Il s'agit d'une méthode de résolution ou d'optimisation de problèmes complexes en employant métaphoriquement les concepts, principes ou mécanismes sous-tendant l'évolution naturelle, et plus spécifiquement le principe de sélection Darwinienne.

Les solutions à un problème donné peuvent souvent être représentées comme une série de paramètres qu'il faut optimiser.

Les algorithmes évolutionnaires ont pour principal avantage d'explorer très largement l'ensemble des solutions possibles, appelé espace de recherche. Ainsi, ils se font moins facilement piéger par des optima locaux que les algorithmes d'optimisation classiques, comme le "recuit simulé", qui ont du mal à les contourner. Cela dit, ils ne deviennent réellement compétitifs que là où toutes les autres méthodes échouent. Ce sont un peu les algorithmes de la dernière chance, pour trouver de très bonnes solutions à des problèmes dont on a montré mathématiquement qu'il n'existait aucune autre méthode pour les résoudre que d'explorer combinatoirement toutes les possibilités - problèmes dits NP-complets ou NP-difficiles.

Leur autre avantage est de pouvoir résoudre des problèmes difficiles à exprimer mathématiquement. Les algorithmes classiques optimisent les paramètres de problèmes mis préalablement

en équations mathématiques. Dans le cas des algorithmes évolutionnaires, ceci n'est pas nécessaire. L'évaluation des individus créés peut se faire par comparaison avec un résultat recherché, ou, cas extrême, en demandant son avis à l'utilisateur sur la qualité de la solution trouvée.

Les algorithmes évolutionnaires sont les plus intéressants pour l'adaptation des cours. Le choix s'est porté entre l'algorithme d'optimisation par Colonies de Fourmis ([33] trouver le meilleur chemin en utilisant le comportement collectif), la co-évolution (essaims, modèle proie-prédateur), Boids ([10] chercher à aller au centre de l'essaim en allant à la même vitesse que les autres et en évitant de rentrer en collision avec eux) ou steady state ([19] algorithme utilisé pour un moteur de recherche sur internet), qui sont les principaux algorithmes ayant prouvé leur efficacité pour d'autres problèmes.

La technique d'Optimisation par Colonie de Fourmis, apparu à la fin des années 1980, semble adaptée à notre problématique. En effet, les cours sont constitués de centaines de pages HTML ou XML qui sont reliées entre elles par des liens hypertextes en une structure proche d'un graphe, et cette technique est connue pour très bien s'implanter sur des graphes. De plus, la contrainte principale de cet algorithme est qu'il y ait suffisamment de fourmis pour qu'un comportement collectif de type fourmilière puisse apparaître et le grand nombre d'utilisateurs d'une plate-forme de e-learning va permettre de considérer chaque apprenant comme une fourmi virtuelle. Cet algorithme va pouvoir allier des paramètres collectifs mais aussi individuels, ce qui constitue la principale qualité que nous cherchons. De fait, c'est le premier algorithme que nous avons testé mais nous allons poursuivre nos essais.

4.2 Explications de ACO (L'algorithme de fourmis)

Les parties en italique sont des passages tirés de l'article [33]

Cette méthode a été inventée en 1996 par Marco Dorigo de L'Université Libre de Bruxelles [35, 34]. L'idée initiale est inspiré d'un travail de biologiste (Deuneubourg *et al* 1983) sur l'observation des fourmis. Celles-ci ont la capacité de trouver le chemin le plus court entre leur nid et une source de nourriture en contournant les obstacles qui jonchent leur chemin. Pour cela, les fourmis collaborent et mélangent le comportement d'exploration aléatoire et le suivi des traces chimiques laissées par leur consœurs. Ces traces chimiques, les "phéromones", sont utilisées par les fourmis pour communiquer entre elles.

Nous allons expliquer cet algorithme en l'appliquant sur un modèle concret, la structuration automatique d'un parcours pédagogique :

Pour mieux comprendre la façon dont fonctionnent les colonies de fourmis, reprenons l'exemple traditionnellement donné pour illustrer leur capacité à trouver des chemins optimaux. La figure ci-dessous (fig.4.5) illustre une situation où il y a un nid, où les fourmis vivent, et une source de nourriture, que les fourmis doivent trouver et dont elles doivent ramener les provisions vers le nid.

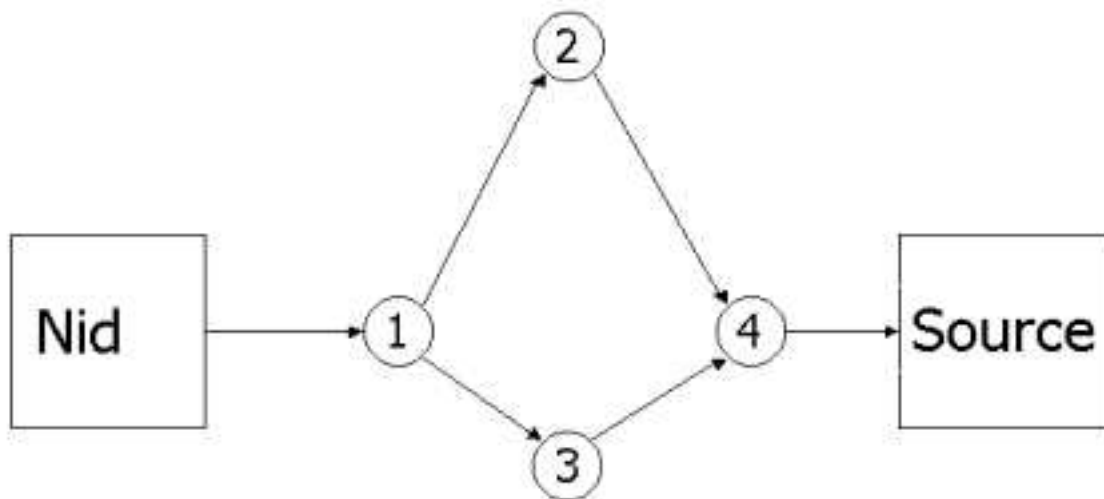


FIG. 4.1 – Illustration de ACO

Il existe deux chemins possibles pour atteindre la source : un long, un court. Les fourmis explorent aléatoirement les deux. Lorsqu'elles trouvent la source, elles se chargent de nourriture, et retournent au nid par où elles sont venues en libérant des phéromones tout au long de leur chemin. Le chemin le plus court étant aussi le plus rapide, sa concentration en phéromones augmentera plus vite et les fourmis, qui suivent les traces chimiques, seront très vite, par un phénomène de renforcement, encouragées à suivre le chemin le plus court. Le chemin du nid à la source a été optimisé. Cette façon de procéder est déjà efficace en soi mais il manque deux phénomènes essentiels pour qu'elle soit tout à fait complète.

Le premier phénomène est qu'il arrive quelquefois que des fourmis étourdies se trompent et s'écartent du chemin de phéromones. Si, par chance, une fourmi égarée par erreur trouve un chemin plus court, la trace de phéromone qu'elle laissera derrière elle sera plus fraîche, indiquant par là même aux autres fourmis qu'il existe un chemin plus court pour accéder à la nourriture. Ainsi, c'est le mécanisme d'erreur dans le suivi de trace de phéromone qui permet la découverte de raccourcis, aboutissant à l'établissement d'un chemin optimal entre fourmilière et nourriture.

Le deuxième phénomène est que les phéromones s'évaporent dans le temps, rendant ainsi leurs traces éphémères. C'est ce deuxième mécanisme qui permet aux chemins établis de ne pas être statiques, et de s'adapter aux modifications de l'environnement. Supposons maintenant que seul le chemin le plus long soit disponible (une brindille obstrue le chemin court). Les fourmis vont donc l'utiliser et le charger en phéromones. Supposons maintenant que le chemin redevienne tout à coup disponible (la brindille a été poussée par le vent), notre colonie se trouve dans une situation non optimale : une piste de phéromones encourage les fourmis à suivre un chemin qui n'est pas le meilleur puisqu'elles suivent le chemin long alors que le court est à nouveau disponible. La situation est rétablie par le caractère volatil des phéromones : sans apport de phéromone important, le chemin le plus long finit par s'ef-

facier pour disparatre presque complètement. Grâce à l'action conjuguée de l'évaporation et de la croissance rapide de la concentration en phéromones sur le chemin court, le chemin long va rapidement tomber en désuétude et l'optimalité sera rétablie.

Tous les facteurs décrits ci-dessous (W, S, F et facteurs particuliers) sont unifiés par une fonction dite de "fitness", par analogie avec la littérature des algorithmes génétiques :

Fourmis et phéromones : S, F et W

Chaque arc porte une valeur réelle nommée W qui représente sa "pertinence" pédagogique. Cette valeur est relative et place l'arc par rapport à ses voisins, c'est-à-dire par rapport aux arcs qui sortent du même noeud que lui. C'est l'auteur du cours qui va devoir donner une valeur à W. Plus la valeur de W sera élevée et plus le lien sera conseillé par l'auteur. L'élève n'est pas obligé de suivre la suggestion faite par les fourmis : s'il le souhaite, il peut se diriger vers un noeud non suggéré.

Chaque élève qui parcourt le graphe est représenté par une fourmi, un micro-agent, qui navigue sur le graphe sous-jacent. À l'issue de chaque exercice, ou de chaque leçon suivie d'un questionnaire, la fourmi libère des phéromones. Si l'exercice est validé avec succès, ce seront des phéromones de succès (S), sinon ce seront des phéromones d'échec (F pour Failure). Chaque arc portera donc, en plus de W, deux valeurs S et F.

Rétro-propagation et portée pédagogique spatiale

Les phéromones, qu'il s'agisse de S ou de F ne sont pas simplement libérées sur l'arc qui a mené la fourmi au noeud/exercice courant mais sur les n derniers arcs que la fourmi a suivi. Ceci est fait pour refléter le fait pédagogique que le succès (ou l'échec) à un endroit donné est conditionné par ce qui a été vu avant par l'élève. Bien évidemment, cette influence diminue avec le temps et l'espace : plus le noeud est éloigné dans l'histoire de la fourmi, moins il a d'importance. Pour que cela soit pris en compte, la quantité de phéromone déposée diminue à mesure que la rétro-propagation avance.

Évaporation

Le fait que les phéromones naturelles s'évaporent avec le temps est extrêmement important car cela permet à la colonie de fourmis de se fier à des informations constamment mises à jour. Dans notre système artificiel, il est important d'implémenter une forme d'évaporation pour éviter que le système ne reste "coincé" dans un optimum local ainsi que pour ouvrir la porte aux caractéristiques attendues d'adaptativité dynamique.

$$S_t = \tau^x S_{t-1}$$

FIG. 4.2 – Évaporation des phéromones

L'équation est la même pour F.

Facteurs individuels

Les valeurs W, S et F évoquées jusqu'ici sont des facteurs dits collectifs, ils concernent l'ensemble des élèves qui vont se servir de l'information qu'elles contiennent pour construire leur cheminement. Les facteurs individuels que l'on peut prendre en compte sont nombreux (préférences, excellence, agenda de travail, etc.). Ceux de notre plate-forme adaptative sont fixés dans la dernière partie de ce chapitre.

L'équation de fitness ci-dessous, mesure l'excellence d'un arc donné, sa " désirabilité ".

$$f(a_{n_1 n_2}, i) = \omega_H H(n_2, i) (\omega_W W + \omega_S S - \omega_F F)$$

FIG. 4.3 – Fonction de fitness

Lorsqu'un étudiant valide un noeud, le noeud suivant sera choisi suivant une procédure de sélection. Cette sélection dépend de la valeur de fitness des différents arcs reliant le noeud à ses noeuds fils. Il existe plusieurs modes de selections, tous reposant sur des probabilités. Décrivons quelques-uns de ces modes de sélections :

Sélection par roulette : *la probabilité de sélectionner chaque arc est strictement proportionnelle à sa fitness ; cette méthode est entièrement automatique, il n'existe aucun moyen de régler la pression sélective. L'avantage, c'est que cette méthode est sensible aux variations subtiles dans les mesures de fitness mais il y a un revers à cette médaille de sensibilité : si d'aventure un arc devient prééminent au point d'en écraser les autres, ces derniers n'auront pratiquement plus aucune chance d'être suivis et l'exploration disparaîtra au profit d'une exploitation entêtée.*

$$p(a_{n_i n_j}) = \frac{f(a_{n_i n_j})}{\sum_{n_k \in E} f(a_{n_i n_k})}$$

FIG. 4.4 – Probabilité de selection d'un individu

Sélection par le rang, seuils automatiques : *pour pallier ce défaut, on peut utiliser une sélection par le rang : la probabilité d'être choisi est inversement proportionnelle au rang. S'il y a trois arcs par exemple, le meilleur d'entre eux aura une probabilité $3/(1+2+3) = 3/6 = 1/2$ d'être choisi, le second une probabilité de $2/6 = 1/3$ et le dernier une probabilité*

de 1/6. Un problème est évité mais au détriment de la sensibilité aux variations graduelles. Qui plus est, on n'a pas non plus de contrôle sur la pression sélective.

Sélection par le rang, seuils manuels : plutôt que de calculer automatiquement les probabilités de choix en fonction du rang, on attribue manuellement une probabilité à chaque rang. On pourra décider par exemple que le premier a une probabilité 0.77 d'être choisi, le second 0.13, le troisième 0.05 et le quatrième également. Il s'agit bien d'une sélection par le rang, avec son avantage et son inconvénient mais elle est complètement paramétrable, au prix d'un réglage sans doute fastidieux des différents seuils, vu qu'il existe des milliers d'arcs dans le graphe.

Sélection par tournoi : cette procédure très classique consiste à tirer s individus au hasard et de choisir le meilleur. On voit bien que s conditionne la pression sélective : plus s est grande, plus il est probable que les arcs forts l'emportent. Outre son efficacité algorithmique, cette méthode a l'avantage d'être très simplement paramétrable.

Sélection par tournoi stochastique : l'arc le plus faible est choisi par défaut. s_1 challengers tirés au hasard l'"affrontent" ensuite l'un après l'autre. À chaque tour, le "challenger" remplace le "tenant du titre" avec une probabilité s_2 . Cette modification permet de régler la pression sélective plus finement en jouant sur un entier et un flottant.

Le choix du mode de sélection est important. Des recherches sont encore effectuées afin de savoir lequel est le plus adapté pour l'algorithme d'optimisation de fourmis. Ce choix sera à faire lors de l'implémentation.

4.3 Utilisation de l'algorithme des fourmis

Les choix importants que nous devons faire, sont de définir avec plus de précision les caractéristiques d'un profil d'un apprenant, ainsi que celles d'un cours et les paramètres de la fonction de fitness.

Lors de l'explication de l'algorithme des fourmis, les noeuds du graphe correspondaient aux pages HTML du cours et les arcs les liens qui sont possibles vers d'autres pages HTML. Ceci est une bonne conception, cependant nous avons envisagé une autre modélisation. En effet, les cours écrits par les enseignants-auteurs sont en XML, or il s'avère qu'un document XML peut être représenté par un graphe. Il est donc intéressant d'exploiter ce graphe plutôt que de travailler sur des pages HTML qui restent statiques. L'avantage d'exploiter un fichier XML est que le cours obtenu est dynamique et exploite réellement toutes les connaissances et les données récoltées lors de l'apprentissage.

Concernant la fonction de fitness, il faut réfléchir aux paramètres qui vont être pris en compte. La fonction de fitness peut s'écrire [11] :

$$f(e,l) = P(e,l)(\omega_W W + \omega_S S - \omega_F F)$$

FIG. 4.5 – Fitness

$P(e,l)$ correspond aux paramètres personnels et les valeurs Ω_W , Ω_S et Ω_F sont des pondérateurs qui permettent de donner plus ou moins d'importance à chacun des coefficients.

La valeur \mathbf{W} ou le coefficient pédagogique, correspond dans notre cas à l'importance accordé par un auteur pour les différentes parties du cours. Si certaines parties d'un cours ne sont pas obligatoires ou rentrent un peu plus dans les détails, l'adaptateur peut ne pas le proposer à l'apprenant s'il ne le juge pas nécessaire.

Pour les valeurs de \mathbf{S} et \mathbf{F} , ce sont les mêmes calculs que pour l'exemple précédent.

Par contre les différences vont concerner les valeurs individuels de chaque apprenant. Maintenant que nous avons vu les paramètres de la fonction de fitness, il faut expliquer plus en détails les renseignements importants concernant un apprenant, autrement dit les facteurs individuels. Le plus simple est la présentation des cours, plusieurs propositions pour l'affichage des cours sont faites et l'apprenant peut choisir celle qu'il préfère.

Dans l'article de Yann Semet et Pierre Collet [33], le facteur individuel utilisé est la gestion de l'historique. Ce paramètre nous semble aussi nécessaire, car un apprenant ne doit pas accéder deux fois aux mêmes cours ou aux mêmes exercices.

L'apprenant doit aussi estimé son niveau (qui sera modifié par l'adaptateur s'il a mal jugé son niveau et par la suite lorsqu'il aura progressé) et donner des informations sur les formations qu'il a déjà suivi.

Il faut savoir quelle connexion va être utilisée, car on peut envisager dans l'avenir que les cours seront disponibles via le téléphone portable ou d'autres technologies en plus d'internet et il faut en tenir compte. Si l'apprenant attend trop de temps pour l'affichage de son cours, il risque de rapidement perdre patience et d'abandonner. L'adaptateur peut enlever quelques parties du cours ou animations non pertinentes et évite ainsi un chargement trop long de la page.

Les dates aussi sont significatives, car si l'apprenant a une date de fin d'apprentissage qui va bientôt arriver à échéance, il faut adapter le cours pour qu'il puisse étudier les parties les plus importantes. Ces dates sont gérées lors de l'inscription à une session.

Cette liste de paramètres n'est pas exhaustive et il n'est pas impossible lors de travaux futurs que cette liste soit complétée par d'autres caractéristiques.

Pour la gestion des cours, ceux-ci sont en XML et l'utilisation d'une norme, comme SCORM et IMS, est envisageable. Cependant, dans l'état actuel des travaux pour les normes, aucune ne propose la possibilité de fournir un coefficient pédagogique entre les différentes parties d'un cours. Avec un éditeur de texte pour les auteurs, qui propos cette fonctionnalité et qui l'ajoute au code XML normalisé, le cours est exploitable par d'autres plates-formes car la structure est la même et surtout par notre plate-forme et permettre une meilleure adaptation.

Chapitre 5

Conclusion

Les objectifs de ce stage étaient de définir une modélisation UML de notre plate-forme adaptative et une technique d'adaptation des cours d'un enseignement au niveau et au comportement de l'apprenant. Ces deux objectifs ont été réalisés et expliqués dans les chapitre 3 et 4 de ce rapport. Concernant la partie "Adaptation des cours", la première solution étudiée est l'algorithme des fourmis, mais d'autres seront examinées. Il reste encore la méthode de sélection à définir.

Ce stage de Master Recherche a permis de fournir les bases d'une réflexion avant de mettre en place la plate-forme. La suite de ce stage, si cela est possible en thèse, serait d'implémenter cette plate-forme ou d'appliquer l'algorithme des fourmis pour une plate-forme qui existe déjà. Il faudra dans ce dernier cas faire quelques modifications notamment au niveau des cours en XML.

La partie "Modélisation UML d'un e-learning adaptatif" a été proposée en publication pour le Cemaforad2 qui aura lieu au mois de Novembre à Bejaia (Algérie). La proposition de communication a été conditionnellement acceptée et le sera définitivement à la réception du texte final le 15 juillet.

Chapitre 6

Annexes

Les diagrammes ayant été réalisés avec xfig et ayant un clavier qwerty, les accents ne sont pas présents sur ces schémas

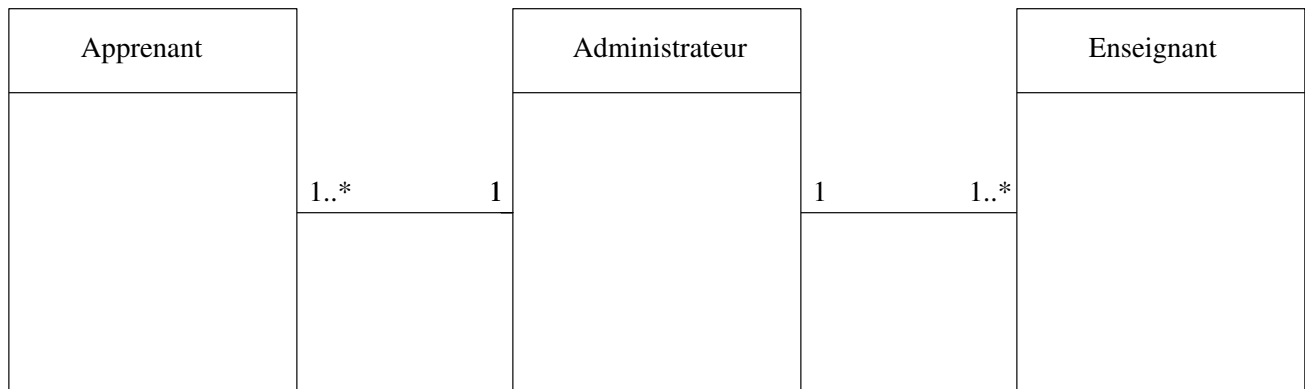


FIG. 6.1 – Le rôle de l'administrateur.

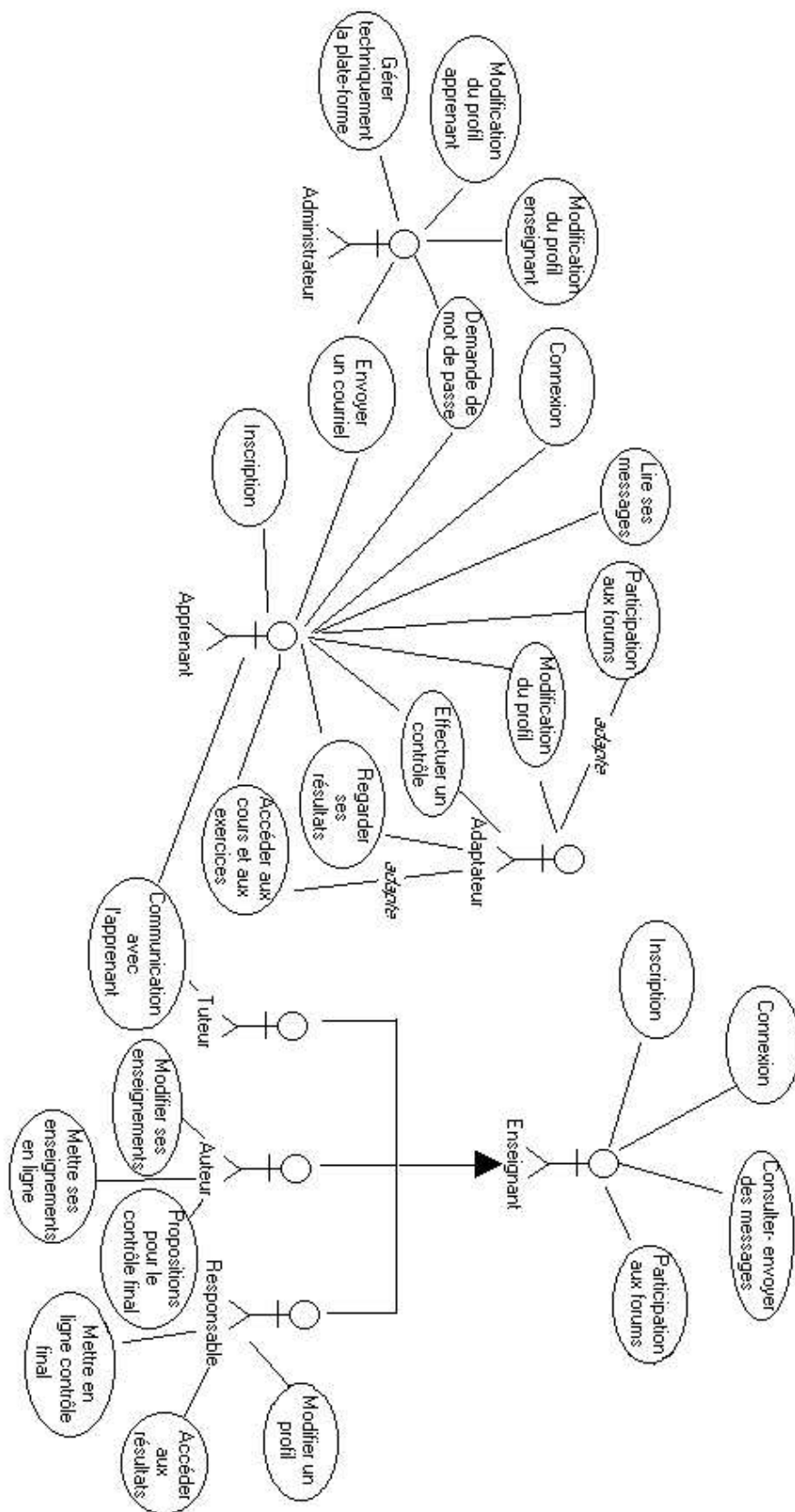


FIG. 6.2 – Diagramme de cas d'utilisation

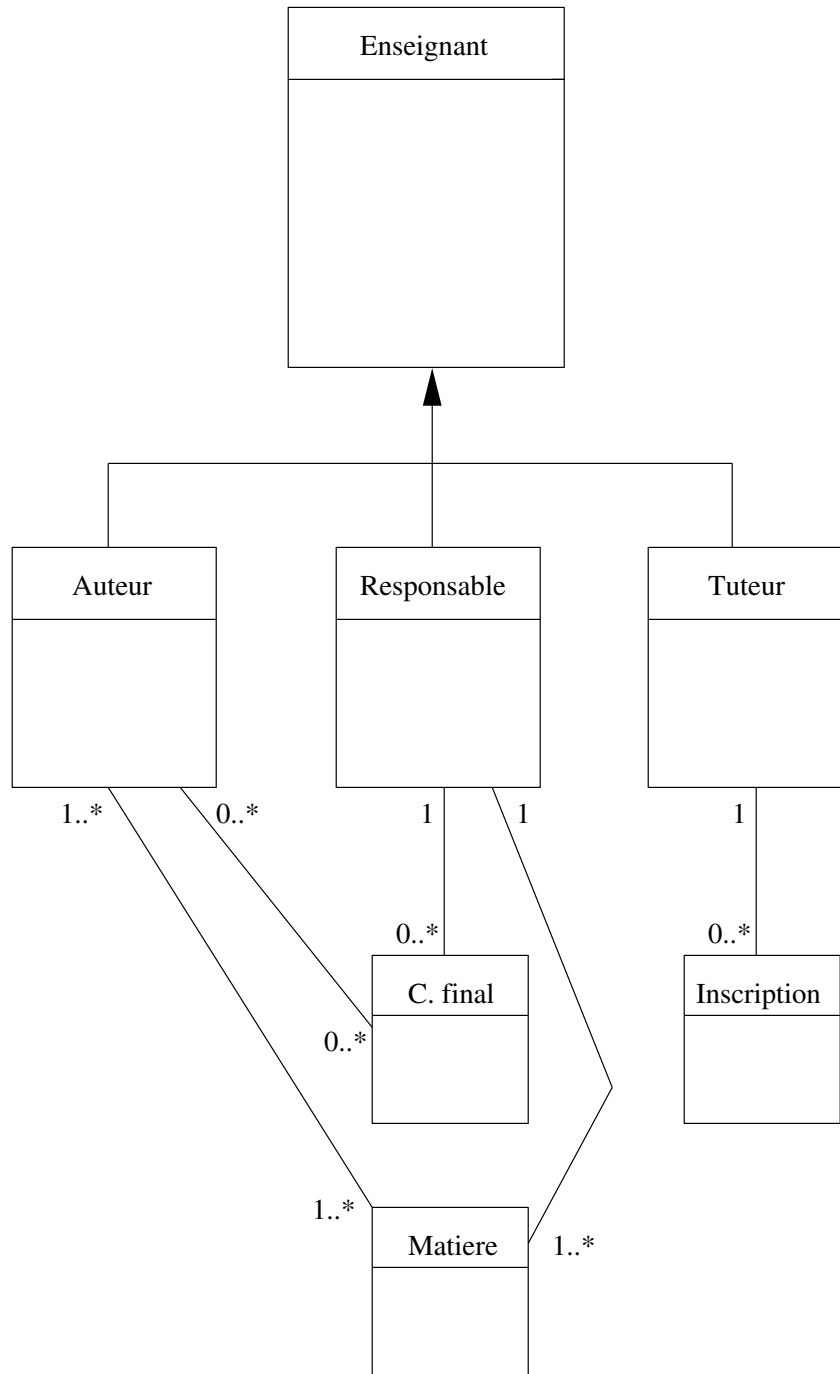


FIG. 6.3 – Les différents rôles d'un enseignant.

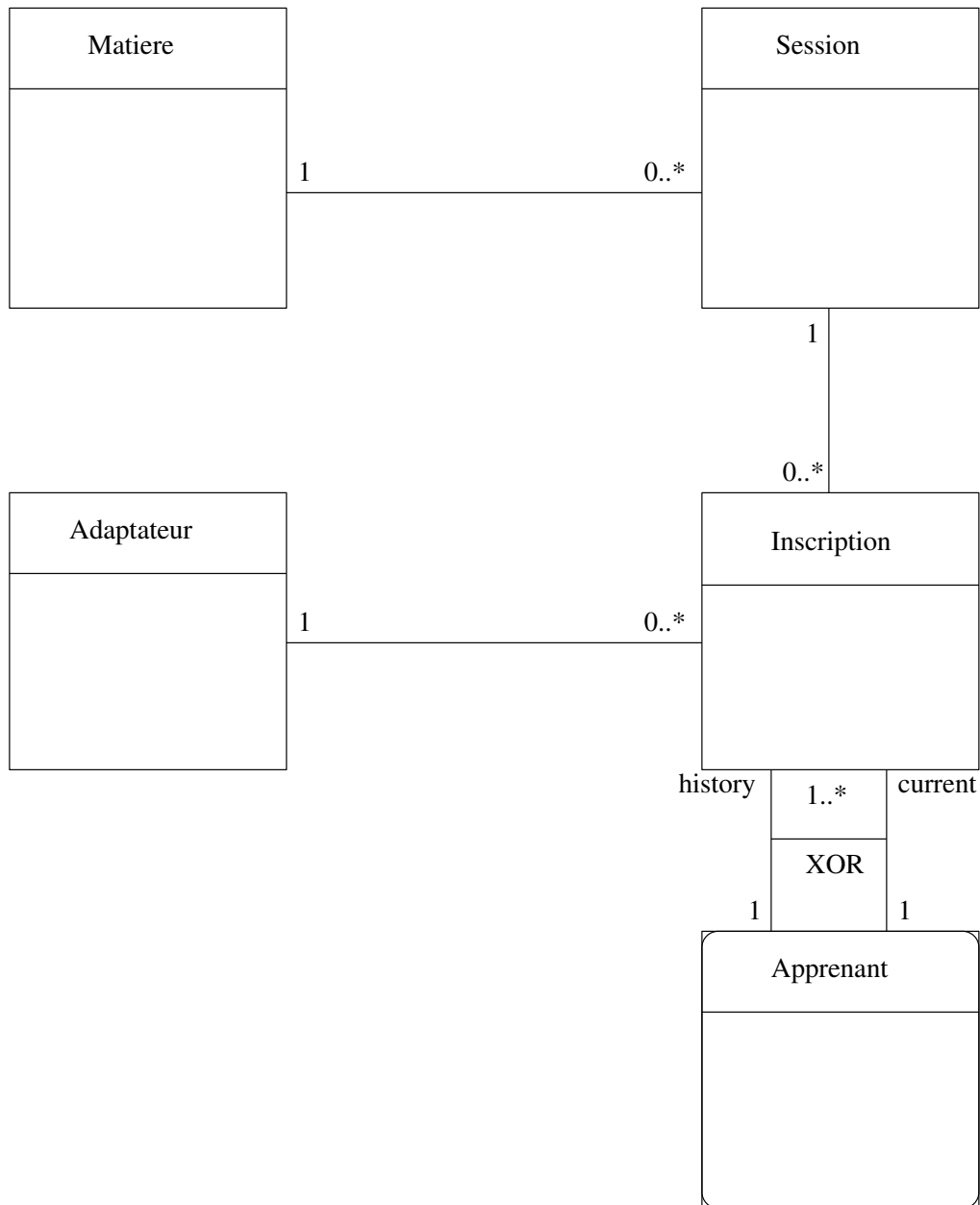


FIG. 6.4 – Gestion de l'inscription d'un apprenant à une matière.

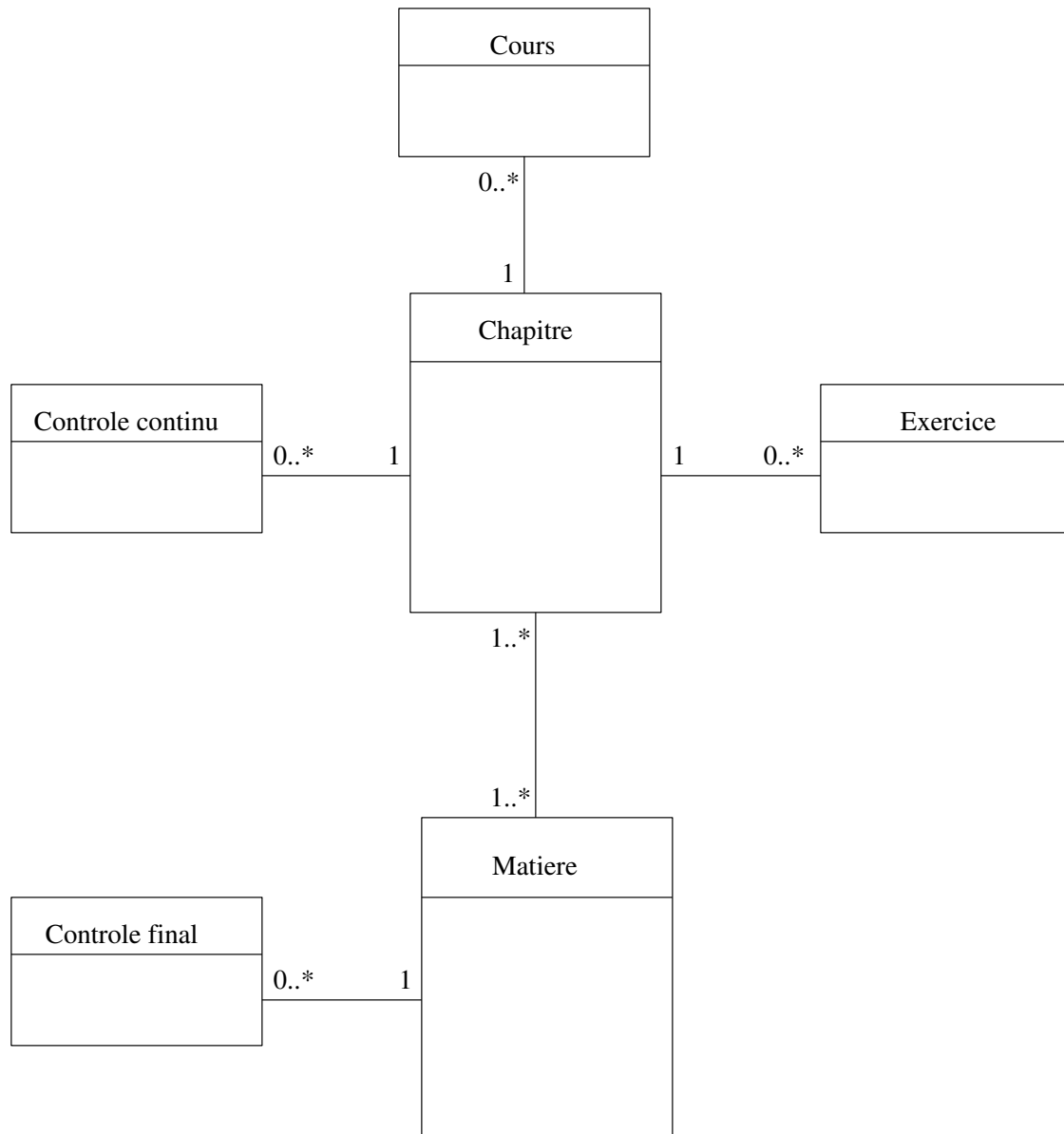


FIG. 6.5 – Gestion d'une matière.

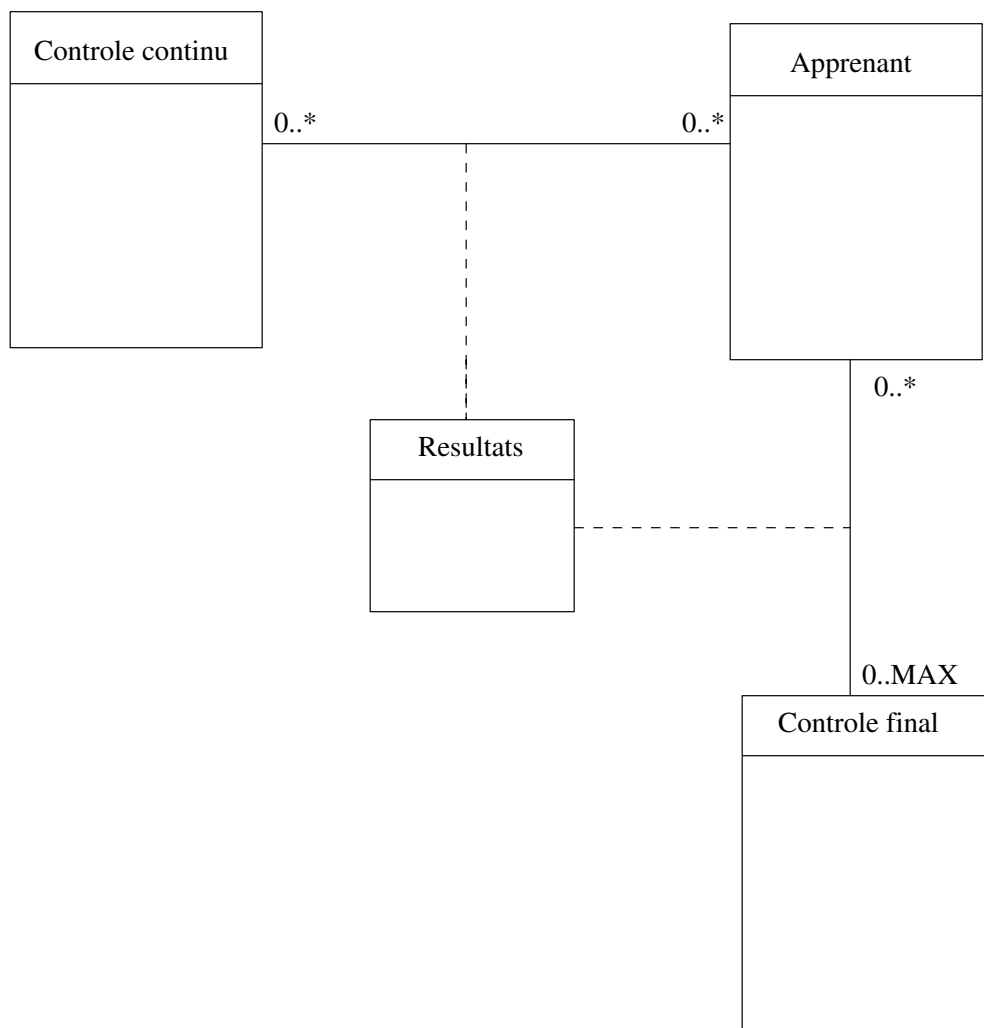


FIG. 6.6 – Gestion des résultats d'un apprenants.

Bibliographie

- [1] <http://www.efcformation.com>.
- [2] <http://www.elearningeuropa.info>.
- [3] <http://www.legendreontheweb.com>.
- [4] <http://www.toutapprendre.com>.
- [5] N.Ihadaden A.Hanouh A.Balla, K.W. Hidouci. Un modèle de système pédagogique adaptatif. *Colloque international TICE Méditerranée 2004*, Novembre 2004.
- [6] ADL. Adl (advanced distributed learning) scorm 2004 overview. <http://www.adlnet.org/>, 2004.
- [7] M. Arnaud. Normes et standards de l'enseignement à distance : enjeux et perspectives. *Technologies de l'Information et de la Communication dans les Enseignements d'ingénieurs et dans l'industrie*.
- [8] ATutor. <http://www.atutor.ca/index.php>.
- [9] Blackboard. <http://www.blackboard.com>.
- [10] boids. C. reynolds : <http://www.red3d.com/cwr/boids/>.
- [11] J. Guillot L. Joly B. Missonier E. Rouch C. Albarelli, P. Behem. E-learning évolutif. *Travail d'étude et de Recherche de Maîtrise d'informatique*, Juin 2004.
- [12] S. Rouissi C. Michel. E-learning : normes et spécifications. étude des spécifications lom et ims-qtI caractérisant des documents numériques inter-échangeables et réutilisables pour l'acquisition et l'évaluation des connaissances. *la Revue Document Numérique numéro spécial sur les nouvelles facettes du document électronique dans l'éducation*, mai 2003.
- [13] CEN. <http://www.cen.org>.
- [14] Claroline. <http://claroline.net>.
- [15] Etat de l'art du e-learning en France. <http://www.oec-paris.fr/archi/elearning/definition.asp>. 2000.
- [16] Dokeos. <http://www.dokeos.com>.
- [17] M.N. Terrasse E. Leclercq, M. Savonnet. Adaptation d'une plate-forme d'e-learning à un modèle pédagogique. *3rd Annual Ariadne Conference, Leuven*, 2003.

- [18] J. Guibal F. Castex, L. Salhi. Du présentiel à la formation ouverte et à distance : transformation réussie pour une formation diplômante en biotechnologie. *Colloque international TICE Méditerranée 2004*, Novembre 2004.
- [19] A. Oliver G. Venturini F. Picarougne, N. Monmarch. Geniminer, un moteur de recherche gntique. *In 3mes journées Francophones sur l'Extraction et la Gestion de Connaissances (EGC 2003)*, pages 319–330, 2003.
- [20] Ganesha. <http://www.anemalab.org/ganesha>.
- [21] R. Godwin-Jones. Emerging technology learning objects : Scorn or scorm ?, year =.
- [22] Ipinfo. <http://ipinfo.univ-poitiers.fr>.
- [23] ISO. <http://www.iso.org>.
- [24] J.C. Carrey J.F. Auvergne. Tutorat et autonomie de l'apprenant en foad par internet ? *Colloque international TICE Méditerranée 2004*, Novembre 2004.
- [25] IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC). Draft standard for learning object metadata. *Learning Object Metadata Group*, 2002.
- [26] Moodle. <http://www.moodle.org>.
- [27] A. Piponnier P. Champollion. Première approche de la construcion du processus qualité dans les sites webs interculturels. *Colloque international TICE Méditerranée 2004*, Novembre 2004.
- [28] Prométhée. <http://promethee.eu.org>.
- [29] S. Ringger. Vous produisez des évaluation en ligne ? 2004.
- [30] O. Tholozan. Temporalité et contenu communicationnel d'un enseignement en ligne : l'exemple du daeu de la mfc de l'université d'aix marseille 3. *Colloque international TICE Méditerranée 2004*, Novembre 2004.
- [31] J. Gallaher J. La Fleur C. Wang A. Kanfer T.L. Wentling, C. Waight. E-learning - a review of literature. *National Center for Supercomputing Applications (NCSA)*, septembre 2000.
- [32] WIMS. <http://wims.unice.fr>.
- [33] P. Collet Y. Semet. Application de l'optimisation par colonies de fourmis à la structuration automatique de parcours pédagogique. *Revue Enseignement Public et Informatique*, Septembre 2003.
- [34] P. Collet Y. Semet, E. Lutton. Ant colony optimisation for e-learning : Observingthe emergence of pedagogic suggestions. *IEEE Swarm Intelligence Symposium*, 24-26 avril 2003.
- [35] R. Biojout E. Lutton P. Collet Y. Semet, Y. Jamont. Artificial ant colonies and e-learning : An optimisation of pedagogical paths. *Proceedings of HCII'03 - Human Computer Interaction International*, 22-27 juin 2003.