

Approche instrumentée support de l'auto-évaluation des connaissances au service des formations de Master : perceptions, pratiques et pistes de propositions

[A Technology-Enhanced approach to automate assessments for Master's trainings: perceptions, practices and track proposals]

Ouidad LABOUIDYA¹, Abdelhak AQQAL², and Najib ELKAMOUN¹

¹Laboratoire STIC - Département de Physique,
Faculté des Sciences - Université Chouaib Doukkali,
El Jadida, Maroc

²Laboratoire de Technologie de l'Information,
ENSA - Université Chouaib Doukkali,
El Jadida, Maroc

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Any assessment is an objective driven process. In our case, the objective is to support training sessions by utilizing Technology-Enhanced approach, particularly ontologies and web semantic paradigms. Hence, we emphasize the idea that to provide a training which could fulfill individually the needs of all learners, we should establish an assessment of their prerequisites knowledge first. We call such method "Assessment Module". Such assessment is still a complex task and intellectually demanding for teachers. To suit our scenario of use and to meet the teacher's needs, we propose the modeling and the implementation of a new methodology for the learner's assessment in order to set-up an automated assessment for a better individualized training, particularly in Masters' training. Our approach is based on a conceptualization of knowledge and on a modeling of MCQ assessment added to a fuzzy-modeling method to refine the assessment's results. In this article, we present in detail our approach as well as two study cases we did as proof of concept, and the experimental results we got later on. The experimentations has validated our assumptions and has demonstrated that the framework we proposed and the way how it was designed provide a distinguished assessment of learners almost similar to when it is done manually by a human evaluator. Fulfilling this requirement is the prior step toward any Technology-Enhanced Individualization of training in higher education.

KEYWORDS: Assessment, Modeling, Ontology, Decision processes, Teaching/Learning, Experiments.

RESUME: Nous proposons dans cet article l'élaboration et la mise en place d'une méthodologie d'instrumentalisation de l'auto-évaluation des connaissances de l'apprenant pour les systèmes éducatifs, particulièrement dans le cas des formations de Master. Notre approche consiste en la conceptualisation et la modélisation de connaissances et de QCM d'évaluation produits à base d'ontologies couplée avec un raisonnement flou. Nous présentons ensuite les résultats expérimentaux qui vont permettre de valider nos hypothèses de travail. L'originalité de cette contribution est qu'elle entretient l'expertise pédagogique de l'évaluation des acquis de l'apprenant le long de sa conception. Dans cette perspective, l'obtention d'information profitable sur les acquis de l'apprenant permet de mieux orienter l'apprentissage ainsi que les pratiques pédagogiques dans l'enseignement supérieur.

MOTS-CLEFS: Evaluation, Modélisation, Ontologie, Processus de Décision, Enseignement/Apprentissage, Expériences.

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

A l'heure actuelle, les formations supérieures au Maroc de niveau Master s'affirment en tant qu'un vrai hub universitaire faisant converger des étudiants issus de formations de Licences d'origines différentes. Cette tendance se confirme notamment dans les formations de Masters professionnels qui accueillent des effectifs croissants d'étudiants ayant des besoins éducatifs accrus et variés du point de vue adaptation de parcours de formation. Par exemple, le Master de Télécommunications et Réseaux à l'université d'El-Jadida (notre étude de cas) intègre éventuellement des candidats issus de 4 Licences majeures, à savoir : Licence Electronique, Licence Informatique, Licence STIC et Licence Réseaux et Télécommunications. Une autre contrainte, qui rend plus ardu l'enseignement de ce type de formations, est l'effectif réduit des enseignants-chercheurs spécialistes intervenants dans ces formations. En plus de leurs activités de recherche, ces derniers sont dans l'obligation d'assurer conjointement plusieurs tâches à savoir : l'enseignement, l'encadrement et l'évaluation. Parmi ces trois principales tâches, l'évaluation constitue le repère qui permettra entre autres aux enseignants de situer les acquis de leurs étudiants au début de la formation (évaluation diagnostique), de mesurer leur évolution au cours des enseignements pour y ajuster au besoin les choix pédagogiques appliqués (évaluation formative) et enfin de vérifier que leurs étudiants ont acquis les connaissances suffisantes tout en certifiant le(s) niveau(x) requis (évaluation sommative). Par conséquent, la prise en compte des acquis des apprenants nécessite de disposer d'informations sur ces derniers. Toutefois, et selon plusieurs critiques [1] ; [2] ; [3], l'évaluation telle qu'elle est pratiquée dans l'enseignement supérieur restent très critiquable dans le sens où elle n'est pas conduite d'une façon qui bénéficie comme elle le devrait aux apprenants et à leurs apprentissages. « ...on enseigne ce qui peut se mesurer ; on ne mesure pas ce qui devrait s'apprendre pour parvenir à mieux l'enseigner » [4]. Ce constat est confirmé particulièrement dans le cas des universités marocaines où les dispositions de l'évaluation restent parfois rares, trop subjectives ou en retard par rapport au progrès technologique réalisé et aux améliorations récentes dans le système d'enseignement [5] ; [6] ; [7].

A la lumière de ces constatations, il apparait combien est très problématique le fait de concevoir un système d'enseignement supérieur de qualité, capable de s'adapter à des étudiants issus de formations hétérogènes intégrant de plus en plus des formations de Master sans avoir nécessairement le nombre suffisant d'enseignants spécialisés pour les former, les encadrer et les évaluer convenablement (évaluations diagnostique, formative et sommative). D'où l'intérêt et la nécessité de faire appel à des méthodologies préconisant de l'aide instrumentée pour assister ces formations. Néanmoins, fournir un tel soutien est un processus complexe qui soulève plusieurs défis [8].

Pour notre part et depuis plus de dix ans, nous avons proposé pour résoudre cette problématique de recherche plusieurs dispositifs de Formation Ouverte et A Distance (FOAD) comme appui à des formations supérieures présentielle spécialisées en Télécommunications et Réseaux [9]. En résumé, il s'agit d'une plateforme FOAD collaborative orientée métaphore spatiale (appelée M@roc Téléformation) et couplé avec un système d'observation d'usage récoltant les traces des étudiants au cours leurs formations [10], d'un environnement informatique appelé SMART-Project, dédié à la pédagogie par projet, médiatisé par un système multi-agents [11] et un environnement informatique support de la modélisation sémantique et de la production collaborative des contenus en contexte d'apprentissage en ligne (appelé Moulinette) [12]. Ces contributions visent à aider les enseignants dans le cadre des formations hybride (Face-to-Face et enligne) essentiellement en matière de formation collaborative, d'encadrement et de production de supports pédagogiques. Par ailleurs, en ce qui concerne l'évaluation et puisque nous nous sommes intéressés dans un premier temps à l'évaluation dans le cadre de l'apprentissage en autoformation comme complément à la formation présentielle, nous avons identifié la nécessité d'avoir une approche d'évaluation diagnostique (baptisé Positionnement) au préalable d'une autoformation pour qu'elle soit fortement individualisée (pour un Systèmes Tuteurs Intelligents (STI) par exemple) [13].

1.2 CADRE DE RECHERCHE ET OBJECTIFS

Dans cette étude, nous considérons que la méthodologie que nous avons adoptée pour le positionnement de l'apprenant n'est pas uniquement valable au début d'une formation ou restreinte à l'autoformation mais peut s'opérer à tout moment et pour tout type de formation. Partant de ce postulat particulier et des constats précités concernant nos formations masters, ce travail a pour objectifs (1) de fournir aux enseignants une approche générique d'aide à l'évaluation automatisée facilitant les pratiques évaluatives et (2) de renforcer par la même occasion l'apport de l'évaluation pour le développement des enseignements. Ainsi nous associons à nos objectifs spécifiques (1) et (2) nos hypothèses de travail (H1) et (H2) respectivement :

- **H1** : dans le contexte actuel, il doit y avoir une approche d'émulation capable d'automatiser le processus de l'évaluation de manière à se rapprocher étroitement de l'expertise humaine;
- **H2** : si cette approche existe, elle pourra être instrumentée pour qu'elle soit suffisamment générique (indépendance vis-à-vis du domaine d'enseignement, du moment de l'évaluation et du public cible) et permettra ainsi d'inciter les enseignants à tenter fréquemment des évaluations pour mieux appréhender l'hétérogénéité de leurs étudiants et mesurer la pertinence de leurs choix pédagogiques durant toute la formation.

A la croisée de ces deux prémisses, le travail de recherche que nous présentons ici concerne la mise en place d'un support instrumenté d'aide à l'évaluation des connaissances afin d'apporter des éléments de réponses à notre problématique liée aux formations spécialisées ayant un public cible hétérogène et ce dans le cadre d'une démarche expérimentale. Nous visons la proposition d'un méta-modèle d'évaluation instrumenté par des ontologies, d'un modèle de QCM (Questionnaire à Choix Multiples) et d'un processus de jugement (Décision) basé sur la logique floue. Pour ce faire, nous positionnons dans un premier temps notre travail vis-à-vis de l'état de l'art, en particulier la prise en compte de l'hétérogénéité des connaissances des étudiants au lancement de formations au supérieur (et d'autoformation éventuellement) et le rôle de tel diagnostic dans l'amélioration des enseignements dans le contexte de notre travail. Dans un second temps, nous exposons notre approche en présentant les postulats sur lesquels il est fondé ainsi que les méthodologies mises en œuvre, que ce soit lors de sa modélisation ou de son implémentation. Nous détaillons surtout notre démarche pour la construction des différents éléments constitutifs de notre méta-modèle et leurs relations concourantes inspirées de l'expertise pédagogique, étape suivie par la description et l'implémentation du processus de jugement de l'enseignant-expert pour une estimation pertinente du niveau de connaissances des apprenants.

Afin d'évaluer notre approche, nous exposons les expérimentations que nous avons réalisées au sein du laboratoire STIC pour différentes formations supérieures (spécialité Télécommunications et Réseaux) depuis l'année 2007 à 2014 : [3] ; [14] ; [7]. Nous allons aborder l'analyse de nos résultats de manière rétroactive pour pouvoir examiner judicieusement le processus de notre approche. En effet, d'après l'auteur Baron, "un axe prometteur est celui des recherches visant à analyser des dynamiques d'appropriation d'outils technologiques dans des systèmes d'activité" [15]. Par souci de simplicité et de clarté, nous exposons un retour d'expérience sélectif selon les aspects que nous désirons souligner à travers telle ou telle expérience. Nous nous référerons d'abord, à notre première expérimentation que nous avons menée dans le domaine des réseaux informatiques au sens d'illustrer notre travail à l'aide d'une étude de cas et valider notre première hypothèse (H1). Puis, nous vérifierons que l'hypothèse H2 est valide à travers l'analyse des résultats de notre deuxième expérimentation (Domaine des Communications Numériques) tout en reconsidérons ceux de la première expérimentation (Domaine des réseaux informatiques). Il s'ensuivra enfin une conclusion récapitulant nos contributions et leurs impacts sur la qualité des enseignements/apprentissages dans le contexte de notre travail tout en dressant les perspectives de la recherche présentée.

2 ASPECTS FONDAMENTAUX DE L'ÉVALUATION ET CHOIX CONCEPTUEL

2.1 POURQUOI UNE ÉVALUATION DIAGNOSTIQUE EST-ELLE NÉCESSAIRE DANS LE CADRE D'UNE FORMATION HÉTÉROGÈNE ?

La qualité d'un système d'enseignement professionnel dépend essentiellement de la prise en compte de l'hétérogénéité du public cible du point de vue connaissances requises par rapport au domaine d'apprentissage, ce qui offre à ce système la possibilité de s'adapter à chaque apprenant [16]. Pour cela, nous avons besoin d'être informé à travers une évaluation sur les connaissances pré-acquises de l'apprenant concernant la matière en question pour pouvoir situer le niveau actuel de ses acquis juste avant le début de sa formation par rapport à une échelle présumée des niveaux de connaissances et des objectifs pédagogiques à atteindre. Par exemple, nous considérons deux apprenants A et B en début d'une formation de Master Télécommunications et Réseaux (T&R). L'apprenant A est de spécialité Réseaux et B est de spécialité Electronique. Sans une évaluation diagnostique des connaissances de ces deux apprenants, la formation pourrait commencer d'une manière uniforme indépendamment du niveau de chacun. On se trouvera alors confronté à l'une de ces deux situations : l'apprenant A sera dans l'obligation embarrassante et ennuyeuse de réétudier les concepts qu'il a déjà acquis ou c'est l'apprenant B qui aura des difficultés à combler ses lacunes par rapport à tous les nouveaux concepts à étudier. Dans les deux cas et si on ne prend pas les mesures adéquates, la motivation et la qualité de l'apprentissage des étudiants seront remises en question. Ce constat est valable même au sein d'un groupe d'apprenants de spécialité identique étant donnée l'hétérogénéité des programmes interuniversitaires ou celle des niveaux des apprenants de la même promotion. En pratiquant une évaluation diagnostique, l'enseignant aura plus de visibilité sur l'ensemble de ses apprenants et pourra donc entreprendre des enseignements différenciés (rappels, projets, autoformation, travail de groupe, ...) [7] pour uniformiser progressivement les

niveaux de connaissances des apprenants à travers une adaptation dynamique au cours de la formation (observation de l'activité de l'apprenant, évaluation/régulation) [17]. Certes, de telles opérations sont fastidieuses pour un enseignant mais elles peuvent éventuellement être réalisées d'une manière propice si elles sont partiellement ou complètement automatisées.

2.2 ÉVALUATION COGNITIVE

L'évaluation dans l'enseignement est un terme unique mais s'exerçant sous forme de processus multiples à des moments distincts et pour des objectifs différentes par rapport à une même formation. Nous reprenons ici la définition de ce terme donnée par les auteurs Daniau et Bélanger : « l'évaluation consiste à établir un jugement de valeur sur un objet à partir d'informations méthodiquement recueillies. Elle vise ensuite à prendre des mesures qui découlent de ce jugement afin d'améliorer ce qui a été évalué » [18]. Selon De Ketele et al, ce jugement de valeur est traduit en termes de prise de décision [19] où l'acte d'évaluation est « un processus qui commence quand on se fixe un objectif à atteindre, et qui se termine quand on a pris une décision en rapport à cet objectif. Cela ne signifie pas que le processus global se termine avec la décision. Au contraire, celle-ci marque le début du processus de rétroaction qui est tout aussi important que l'évaluation ». En plaçant ces définitions dans un cadre conceptuel, nous repérons des opérations corrélées dont émergent les démarches du modèle général de l'approche que nous cherchons à élaborer. En effet, la généricité de cette approche suppose des choix qui devraient inclure une réflexion sur le diagnostic manuel tel qu'il est réalisé habituellement par les enseignants et une modélisation des apprenants qui soit pragmatique. Le modèle de l'apprenant selon [20], représente l'état courant des connaissances de l'apprenant. Les auteurs en distinguent divers sous-modèles qui peuvent être répertoriés en trois composantes principales :

- modèle statique (données générales sur la personne : nom, identificateur, âge, objectifs,...);
- modèle cognitif (connaissances possédées);
- modèle affectif (préférences, style d'apprentissage, profil psychologique, état émotionnel ou motivationnel)

Dans le processus éducatif de notre approche, les objectifs sont principalement axés sur l'aide à l'apprentissage cognitif [21]. Nous nous focalisons donc sur l'adaptation par rapport au niveau de connaissances de l'apprenant (modèle cognitif) pour pouvoir éventuellement individualiser son apprentissage afin de lui permettre de progresser. Nous cherchons donc à expliciter et à formaliser l'expertise de l'enseignant dans son travail de diagnostic des connaissances des apprenants. Ceci est concrétisé à travers des éléments et étapes intervenants dans la construction de notre modèle instrumenté d'autoévaluation des connaissances. Or, d'une manière générale la question de la modélisation des connaissances de l'apprenant est un problème plutôt difficile [22]. Ainsi, pour rendre à l'évaluation des connaissances de l'apprenant dans un système éducatif instrumenté, sa dimension pédagogique issue de l'assistance humaine, une vision sur ces considérations fondamentales a favorisé notre réflexion dans ce sens.

3 MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION

La méthodologie de conception et de construction que nous proposons se base sur la modélisation de l'expertise humaine (enseignant-expert) au niveau pédagogique concernant l'évaluation des connaissances des apprenants. Cette implémentation doit préserver au maximum la fidélité pédagogique de l'évaluation humaine et affirmer la viabilité d'évaluer les connaissances d'un apprenant par un modèle cognitif ontologique et par des test QCM.

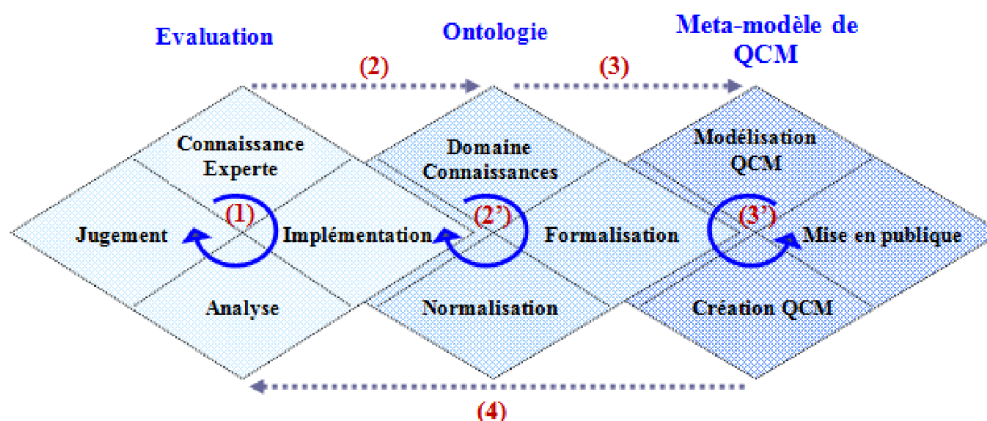


Fig. 1. *Éléments et étapes intervenants dans la construction du Module Evaluation*

Pour atteindre ces objectifs, notre proposition s'exprime à travers les éléments et les liens (illustrés sur la Figure 1), que nous allons étudier explicitement et mettre en pratique dans cette recherche axée sur une instrumentation appropriée de l'évaluation des connaissances de l'apprenant dans un système de formation à partir de l'expertise humaine : liens entre l'évaluation et l'expertise de l'enseignant (1) ; liens entre l'évaluation et le domaine de connaissances (2)&(2') ; enfin liens entre l'évaluation et son exploitation pédagogique, en l'occurrence l'estimation du niveau de connaissance de l'apprenant (4) à l'issue d'une évaluation à base de QCM (3)&(3').

Pour ce faire, nous avons adopté la méthodologie détaillée sur la Figure 2. Dans la présente étude, le développement de notre approche permettant de vérifier les acquis des apprenants lors d'une formation se base sur la définition d'objectifs pertinents devant contribuer ensuite à déterminer les connaissances manquantes. Nous joignons dans ce sens la définition du processus évaluatif de [23] : Evaluer consiste à recueillir un ensemble d'informations reconnues comme suffisamment pertinentes, valides et fiables, et à examiner le degré d'adéquation entre cet ensemble d'informations et un ensemble de critères jugés suffisamment adéquats aux objectifs fixés au départ ou ajustés en cours de route, en vue de fonder une prise de décision. En effet, l'approche basée sur les objectifs est particulièrement applicable dans l'évaluation de matières d'apprentissage s'appuyant clairement sur des objectifs : *The objectives-based approach is especially applicable in assessing tightly focused projects that have clear supportable objectives* [24]. L'approche permet de mesurer les progrès de l'apprenant de façon précise et d'atteindre ainsi une évaluation dite "objective", reposant sur des éléments concrets et connus dès le départ. A la fin de ce processus, l'enseignant sera informé sur le niveau de connaissance de l'apprenant par rapport au domaine d'apprentissage [25].

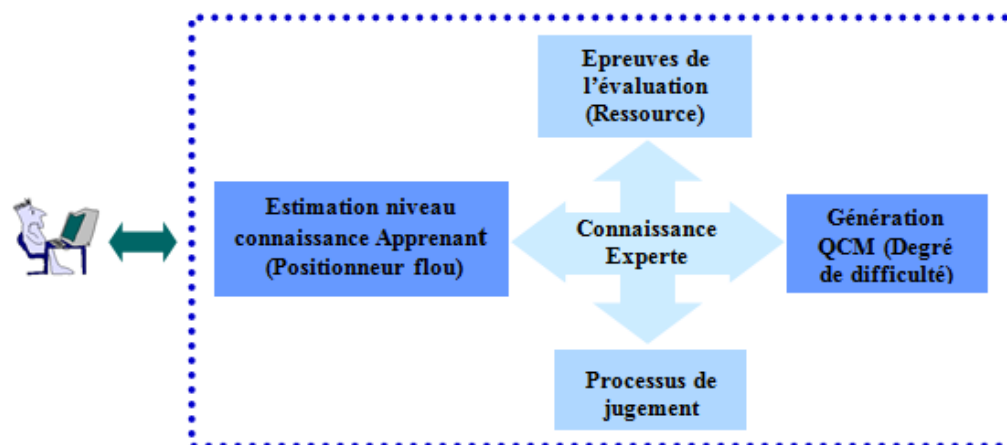


Fig. 2. Schéma montrant la méthode suivie pour la construction du Module Evaluation des connaissances basée sur l'expertise humaine

La partie suivante représente la description linguistique de la connaissance experte intervenant dans le processus d'élaboration du Module Positionnement. Parmi les aspects de la connaissance de l'enseignant-expert qui devraient être modélisés pour approprier l'évaluation du niveau de connaissance de l'apprenant nous avons notés : la nature de la matière à enseigner, le niveau de difficulté des questions et le processus de jugement de l'expert. Ainsi, la définition de l'importance relative des critères utilisés, fournit au Module Evaluation la connaissance venant de l'expertise de l'enseignant.

Pour ce faire, nous avons besoin de deux types de la connaissance experte : une description relative au domaine à enseigner que nous avons modélisé à base d'ontologie pour un établissement pertinent des épreuves de l'évaluation et une description relative au processus de jugement de l'expert.

3.1 CONCEPTUALISATION DU DOMAINE DES CONNAISSANCES À BASE D'ONTOLOGIES

L'efficacité de notre approche présuppose néanmoins l'existence d'un modèle du domaine de connaissance susceptible d'être développé, ou d'être mis en œuvre, au sein de l'application cible. Notre approche est interdisciplinaire et comparative, on cherchera d'abord à élaborer une modélisation du domaine de connaissance et un méta-modèle pour les QCM d'évaluation associés dans le but d'aboutir à une meilleure évaluation des connaissances de l'apprenant. Dans cette section

nous justifions le choix des ontologies en tant qu'outil de conceptualisation capable de formaliser les modèles sur lesquelles nous travaillons pour implémenter le Module Evaluation.

Ainsi, nous avons choisi d'utiliser les ontologies parce qu'elles constituent un support intuitif et compréhensible de la formalisation capable de structurer d'une manière très fine les connaissances. En plus la modification et la réutilisation de la représentation des connaissances d'un domaine d'apprentissage à base d'ontologie est souple. Une raison de plus est la capacité des ontologies à représenter n'importe quel domaine d'enseignement, sans altérer la séparation recommandée entre les niveaux de modélisation du domaine, de l'apprenant et des QCM. En fin, l'instrumentalisation des ontologies, rendue accessible à l'aide des langages et des paradigmes du web sémantique, est susceptible de favoriser l'individualisation de l'apprentissage dans tout dispositif informatique intégrant notre Module Evaluation.

La définition que nous avons retenue pour l'ontologie est celle de [26] ; [27] qui définissent une ontologie comme étant une conceptualisation des objets du domaine selon un certain point de vue, imposé par l'application. Elle est conçue comme un ensemble de concepts, organisés à l'aide de relations structurantes. Nous détaillons ensuite les étapes de construction de notre ontologie à travers le cycle suivant (Figure 3) :

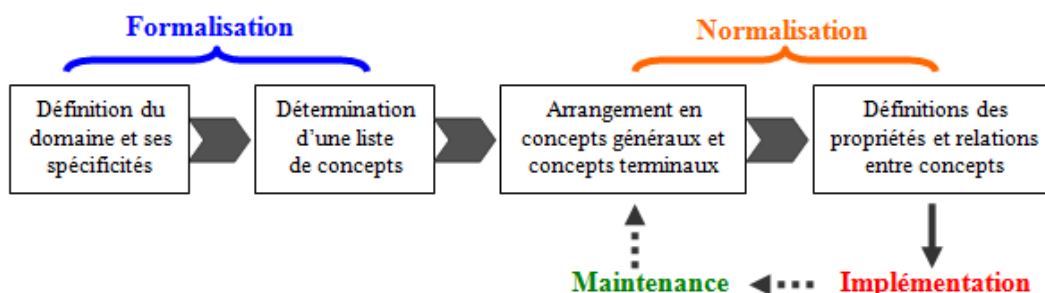


Fig. 3. Différentes phases de raffinement de la structure de l'ontologie

3.1.1 DÉFINITION DU DOMAINE DES CONNAISSANCES ET SES SPÉCIFICITÉS

Dans notre cas d'étude, il est primordial pour modéliser la connaissance d'un domaine, de communiquer de façon simple avec les spécialistes de ce domaine qui ne sont pas forcément informaticiens. Ainsi, le formalisme des réseaux sémantiques est le plus adapté à nos besoins. En effet, les réseaux sémantiques sont dotés d'une assez grande facilité de lecture car proches du langage naturel, et sont, de plus, facile à étendre et à mettre à jour.

Nous commençons le développement de notre ontologie en définissant la portée du domaine de connaissance c'est-à-dire les questions auxquelles la base de connaissances fondée sur cette ontologie devrait pouvoir répondre :

- dans quel but utiliserons-nous l'ontologie ?
- à quels types de questions l'ontologie devra-t-elle fournir des réponses ?

A ce niveau, la composition de l'ontologie va pouvoir répondre à deux objectifs. Le premier est de construire un modèle du domaine de connaissance fondamental pour un système de formation. Cette première partie donnera naissance à une base de connaissance des concepts à enseigner.

Le deuxième objectif est la mise en place d'un Module Evaluation, évaluant les acquis de l'apprenant, nécessitant l'élaboration d'une base de tests sous forme d'un méta-modèle de QCM.

3.1.2 DÉTERMINATION D'UNE LISTE DE CONCEPTS

La réalisation de telles bases de connaissance pourraient donc répondre à plusieurs besoins :

- permettre de gérer l'ensemble des concepts consultables avec différents niveaux de détail ;
- servir à organiser et à mettre à disposition des éléments didactiques divers dont des situations d'apprentissages et leur analyse ;
- gérer une évaluation maintenant à jour l'état des connaissances et fournir des épreuves de référence ou d'évaluation calibrées.

3.1.3 ARRANGEMENT DES CONCEPTS ET DÉFINITIONS DES RELATIONS

La conception du Module Evaluation est basée sur des critères objectifs, à travers laquelle on compare les capacités de l'apprenant par rapport au contenu du domaine prédéfini. Il s'agit de mesurer les acquis des apprenants pour définir leurs difficultés de compréhension, de maîtrise des concepts par rapport aux capacités et objectifs visés par l'apprentissage en question.

Par conséquent, après avoir énuméré les termes importants dans l'ontologie (normalisation), il faut ensuite les arranger. Nous avons opté de les organiser en concepts généraux et concepts terminaux à l'aide de relations structurantes (formalisation). En effet, notre approche consiste à s'appuyer sur l'idée d'objectifs à atteindre et celle des ontologies. Nous utilisons la terminologie de "concept général" correspondant à un élément de connaissance global qui comprend plus d'une unité de connaissance significative. Celui-ci se décompose en "concepts terminaux" qui désignent chacun une unité de connaissance significative. Nous définissons une unité de connaissance significative comme étant le plus petit élément de connaissance ayant un sens et participant à la complétude de la définition du domaine de connaissances en question. Dans cette optique, un concept terminal est un élément essentiel qui va nous permettre de mesurer les acquisitions et par suite définir les items du test d'évaluation.

3.2 CONCEPTUALISATION DU MÉTA-MODÈLE DES QCM

En prenant en considération toutes les données issues de la modélisation de la connaissance experte, l'objectif de cette phase est d'élaborer concrètement le Module Evaluation. Donc, nous avons modélisé explicitement ce module sous forme d'une structure sémantique abstraite appelé méta-modèle des QCM. Le méta-modèle des QCM sert en fait à représenter une description abstraite, explicite et formelle des épreuves du QCM que l'on veut produire afin de permettre à l'enseignant de représenter à ses collaborateurs d'une façon succincte et concise les différents QCM à produire. Ce méta-modèle regroupe une liste d'items du QCM. Chaque item du QCM évalue un concept du domaine des connaissances.

3.2.1 CONCEPTION DES ÉPREUVES DE L'ÉVALUATION

Afin de mesurer la connaissance de l'apprenant par rapport au domaine de connaissances considéré, un test d'évaluation s'impose. Pour construire ce dernier, nous nous sommes inspirés de l'approche *Component Display Theory* concernant les niveaux de performance [28] et de "la Taxonomie de Bloom" [29]. La nature des capacités visées va être explicitée en fonction des objectifs. Par ailleurs, il existe plusieurs manières de mesurer l'apprentissage, notamment les deux suivantes : soit en mesurant le contenu d'apprentissage, soit en procédant par projet. Le projet consiste à mettre l'apprenant en situation d'activité afin d'utiliser les contenus d'apprentissage, de le mettre en situation d'effectuer un transfert de connaissances.

Quant à mesurer le contenu d'apprentissage par des questions, selon [30] trois types de questions sont souvent utilisées :

- questions fermées de type QCM "Questions à Choix Multiples" ;
- question semi-ouverte ou question à réponse construite souvent de type texte, il s'agit de créer une réponse type et d'accepter les variations autour de cet espace-là ;
- questions ouvertes de type projet, simulation, production de rapport, etc.

En raison de contraintes techniques fortes de la situation d'évaluation, toutes les questions sont au format QCM. Cette forme de questionnement a pour avantages d'éviter un travail de correction et d'automatiser la saisie des réponses des apprenants. On considère que les questions à choix multiples sont les plus polyvalentes. Elles permettent en effet d'évaluer aussi bien la mémorisation que la compréhension et l'application. Il y a quatre types de questions à choix multiples où l'apprenant doit découvrir soit :

- la bonne réponse ;
- la meilleure réponse ;
- la réponse incorrecte ;
- la réponse qui complète une association.

Vu que la rédaction de ce genre de questions est très laborieuse, notre choix s'est porté sur le premier type pour pouvoir indiquer d'une manière simple et précise l'action attendue de la part de l'apprenant.

3.2.2 MODÉLISATION DU DEGRÉ DE DIFFICULTÉ DES QCM

L'épreuve de l'évaluation est composée de plusieurs questions pour lesquelles nous avons cherché à définir une hiérarchie des différents niveaux de maîtrise. Pour ce faire, nous avons attaché des propriétés qualitatives à chaque élément du QCM pour indiquer son degré de difficulté {Facile, Moyen, Difficile}.

Nous avons essayé de modéliser cette connaissance experte en se basant sur deux paramètres clefs que nous avons définis comme suit :

- **Aspect Concept** : à travers ce paramètre nous faisons apparaître la difficulté reliée au concept lui-même, la mise en relief de cette difficulté se fait en allant de l'aspect sommaire à l'aspect spécifique des concepts en question ;
- **Formulation Item** : la difficulté par rapport à ce paramètre touche la manière de formuler l'énoncé de l'item en combinant des affirmations générales et des affirmations nuancées.

La Figure 4 ci-dessous présente les différentes combinaisons qui nous ont permis la modélisation du degré de difficulté des questions.

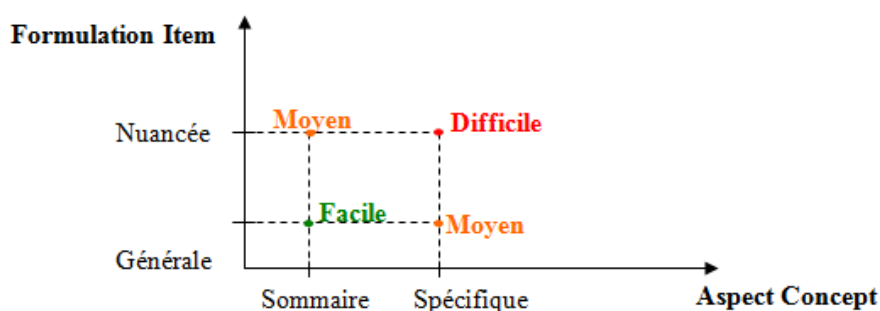


Fig. 4. Modélisation du degré de difficulté des éléments du QCM

3.3 IMPLÉMENTATION DU MODULE EVALUATION

3.3.1 DESCRIPTION DU PROCESSUS DE JUGEMENT

Le test sujet de l'évaluation, se compose de questions à choix multiples qui sont présentées à l'apprenant suivant une variation aléatoire du degré de difficulté {Facile, Moyen, Difficile}. L'analyse des résultats est exécutée en vérifiant les réponses aux questions posées. Ce processus recouvre à la fois le recueil et la modélisation des connaissances experte (côté enseignant-expert). Le recueil se rapporte à la collecte des données. La modélisation correspond à l'identification et à la caractérisation des connaissances et de leurs propriétés. Plusieurs techniques existent pour le recueil de données, nous avons essentiellement utilisé l'entretien et le questionnaire. Ces derniers couvrent un ensemble de techniques qui ont pour fin la favorisation et l'assistance pour la description de la façon dont un travail a été accompli.

A travers cette étape, nous nous intéressons donc en premier lieu à la verbalisation de l'action, telle qu'elle est réellement mise en œuvre dans l'accomplissement de la tâche de l'évaluation. Ici, le terme d'action englobe les actions matérielles et mentales du processus de l'évaluation. En conséquence, il est nécessaire de faire appel à un travail d'explicitation vu que, dans une situation donnée, une partie des compétences pratiques utilisées appartient aux représentations mentales, et donc peu verbalisables. L'analyse effectuée nous a amenés à définir une grille suggérant les principaux aspects à considérer lors de la description et la compilation du processus de jugement de l'expert. Durant la phase de recueil, cette grille rappelle les thèmes généraux des informations à rechercher et les points qui pourraient être affinés :

- pourcentage des réponses correctes ;
- degré de difficulté des QCM {Facile, Moyen, Difficile} ;
- état de la connaissance "mesurée" {Connaissance Insuffisante, Connaissance Moyenne, Connaissance Suffisante};
- niveau de connaissances estimé de l'apprenant {TI : Très Insuffisant, I : Insuffisant, S : Suffisant, TS : Très Suffisant}.

Pour que l'évaluation soit aussi proche que possible de la manière qu'un enseignant-expert évalue un apprenant, nous avons choisi un modèle qualitatif en se basant sur les résultats des entretiens établis avec l'enseignant-expert, qui classe l'état de la connaissance "mesurée" à travers la réponse de l'apprenant sur trois niveaux de valeur {Connaissance Insuffisante, Connaissance Moyenne, Connaissance Suffisante} et ce en fonction du pourcentage global des réponses correctes par rapport aux trois catégories des QCM {Facile, Moyen, Difficile}. Cette modélisation est illustrée comme suit (Tableau 1) :

Table 1. Modélisation qualitative de l'état des connaissances "mesurées" chez l'apprenant par catégorie de QCM

Recueil de la connaissance experte		Estimation de la qualité de la connaissance de l'apprenant
Pourcentage des réponses correctes aux QCM de degré Facile	0% - 60%	Connaissance Insuffisante
	50% - 90%	Connaissance Moyenne
	80% - 100%	Connaissance Suffisante
Pourcentage des réponses correctes aux QCM de degré Moyen	0% - 50%	Connaissance Insuffisante
	40% - 80%	Connaissance Moyenne
	70% - 100%	Connaissance Suffisante
Pourcentage des réponses correctes aux QCM de degré Difficile	0% - 40%	Connaissance Insuffisante
	30% - 70%	Connaissance Moyenne
	60% - 100%	Connaissance Suffisante

Ainsi le jugement de l'expert consiste à évaluer le niveau de connaissances d'un apprenant par rapport aux concepts d'un domaine de connaissance donné selon l'échelle {TI : Très Insuffisant, I : Insuffisant, S : Suffisant, TS : Très Suffisant} numérotés respectivement {1, 2, 3, 4}. Cette évaluation est déduite à partir d'un raisonnement de décision sur la base des pourcentages des réponses correctes aux QCM de degré facile, de degré moyen et de degré difficile. Le Tableau 2 ci-dessous illustre un exemple d'évaluation de 4 cas d'apprenants, établi en fonction du pourcentage de leurs réponses correctes et le jugement résultant (chemins en pointillés sur la Figure 5).

Table 2. Exemple d'évaluation de 4 apprenants

Apprenants	Pourcentage des réponses correctes aux QCM de degré facile	Pourcentage des réponses correctes aux QCM de degré moyen	Pourcentage des réponses correctes aux QCM de degré difficile	Jugement
A	25% (connaissance insuffisante)	58% (connaissance moyenne)	25% (connaissance insuffisante)	Très Insuffisant (niveau 1)
B	74% (connaissance moyenne)	23% (connaissance insuffisante)	74% (connaissance moyenne)	Insuffisant (niveau 2)
C	85% (imprécision entre : connaissance moyenne et connaissance suffisante)	85% (connaissance suffisante)	85% (connaissance suffisante)	Suffisant (niveau 4)
D	93% (connaissance suffisante)	93% (connaissance suffisante)	10% (connaissance insuffisante)	Très Suffisant (niveau 3)

Naturellement, le processus du jugement est un acte d'évaluation singulier dépendant de la conception et de l'expertise de chaque évaluateur et reste par conséquent modulable en fonction des modalités dictées par chaque enseignant-expert au moment de la conception pédagogique. La Figure 5 représente schématiquement la description d'un processus de jugement de l'enseignant-expert (avec les exemples du Tableau 2) à partir d'une grille basée sur le pourcentage des réponses correctes, sur le niveau de performance d'un apprenant par rapport aux concepts d'un domaine d'apprentissage donné. L'avantage de la capture et l'instanciation de telle grille de manière explicite est de faciliter l'automatisation ultérieure du processus de jugement à l'aide des outils informatiques rendant possible l'évaluation des apprenants en absence de l'enseignant-expert. Les défis à relever dans ce sens sont comment garder le processus de jugement, une fois implémenté techniquement, très proche de celui de l'enseignant-expert et suffisamment générique pour tout modèle d'apprenant et pour toute situation d'apprentissage y compris une autoformation, loin de l'enseignant concepteur lui-même.

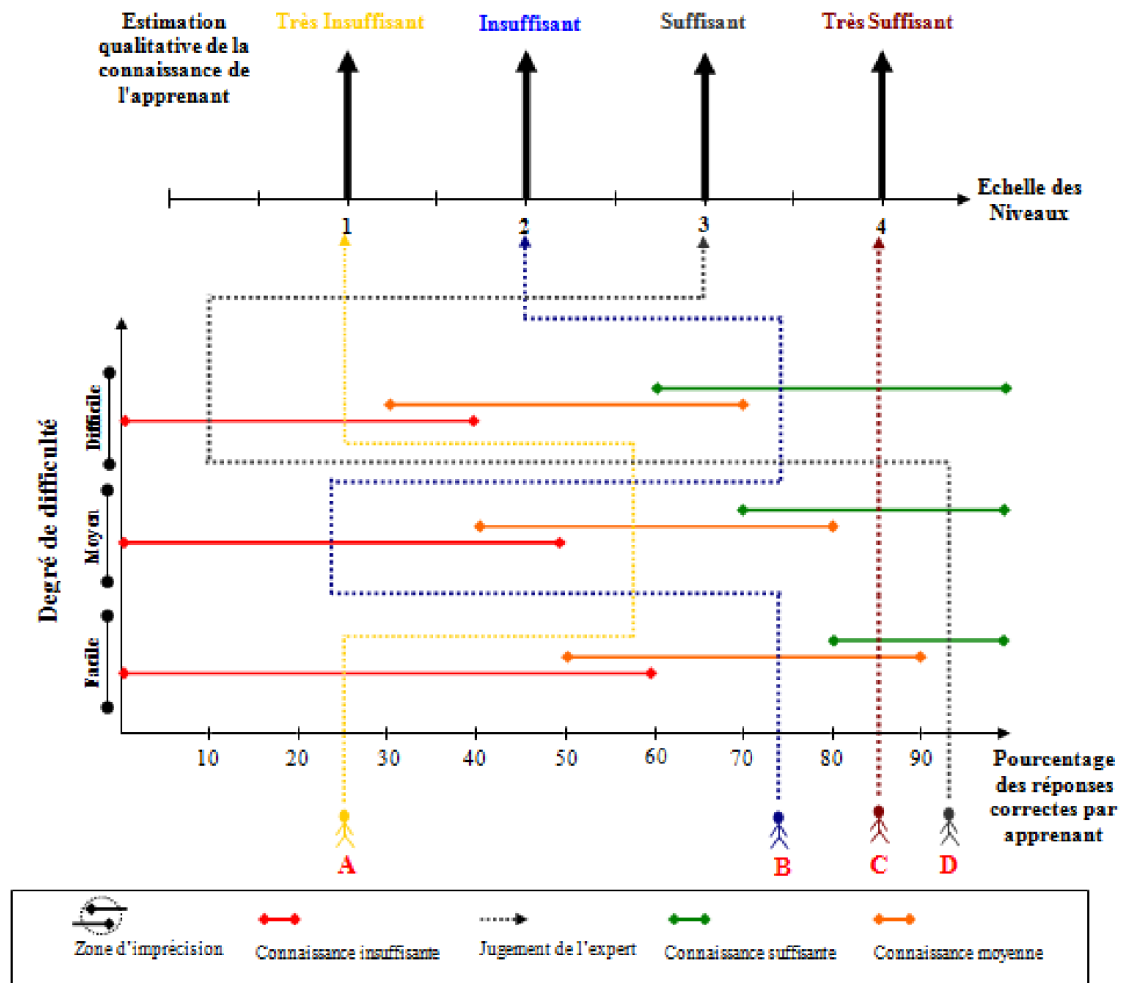


Fig. 5. Description relative à la modélisation du processus de jugement de l'enseignant-expert

Nous essayons de modéliser ce processus d'évaluation par l'utilisation des ensembles flous visant à combiner les mesures quantitatives pourcentage des réponses correctes par niveau de difficulté {Facile, Moyen, Difficile} afin d'obtenir des caractérisations qualitatives de la connaissance de l'apprenant selon l'échelle {1, 2, 3, 4} indiquant respectivement les niveaux {Très Insuffisant, Insuffisant, Suffisant, Très Suffisant}.

3.3.2 ESTIMATION DU NIVEAU DES CONNAISSANCES DE L'APPRENANT (POSITIONNEUR FLOU)

Le Positionneur flou représente la connaissance de l'enseignant-expert en forme linguistique et inclut les caractéristiques de l'apprenant sous forme d'un ensemble de systèmes flous, réalisant de cette façon le processus d'évaluation comme un expert. C'est à dire qu'une décision n'est prise qu'en combinant des faits flous, contribuant chacun à un certain degré à une

relation floue et à la décision finale [3]. La logique floue est employée pour manipuler l'imprécision et pour exprimer la connaissance qualitative de l'expert d'une manière clairement interprétable [31].

La présence de l'incertitude est un facteur important qui mène souvent aux erreurs dans l'évaluation des connaissances de l'apprenant (Exemple : cas de l'apprenant C là où le pourcentage des réponses correctes aux QCM de degré facile nous a engendré une imprécision entre la connaissance moyenne et la connaissance suffisante (Figure 5)). Ces zones d'incertitude modélisent les erreurs et approximations impliquées lors du recueil de l'information à partir des mesures, partiellement en raison de la nature abstraite de la connaissance humaine et de la perte d'information résultant de sa quantification. Vu les attributs de ce problème, il est évident que l'élaboration d'une méthode fiable pour l'évaluation de l'apprenant doit être basée sur une manipulation réussie de l'incertitude (Figure 6).

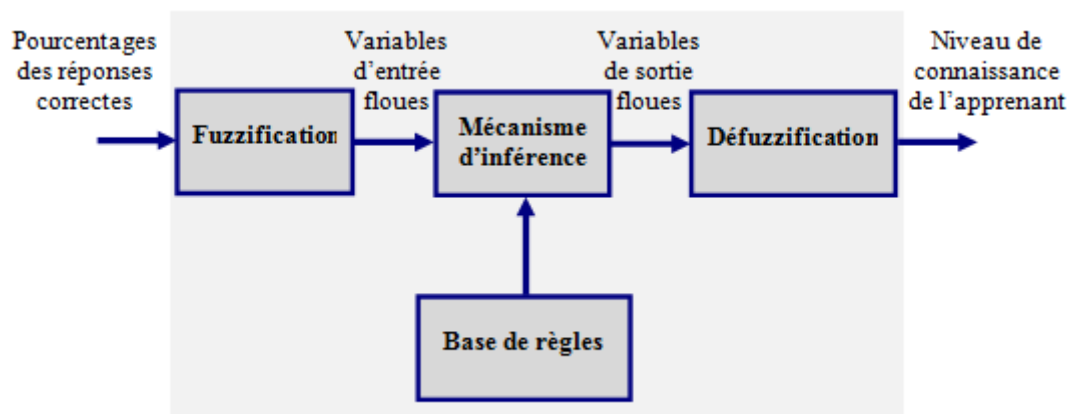


Fig. 6. Schéma bloc de la structure du Positionneur Flou

Dans notre cas, l'univers de discours E des variables d'entrée correspond au pourcentage des réponses correctes, discrétisé en 11 éléments {0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100}. Pour un élément x de E, la valeur $f(x)$ représente le degré d'appartenance de x à un sous ensemble flou. Comme mentionné au paragraphe 2.4.1, nous avons choisi un modèle qualitatif, qui classe la connaissance par degré de difficulté sur trois niveaux de valeur {Insuffisant, Moyen, Suffisant}. Ceci se traduit par la répartition de l'univers de discours de chaque variable d'entrée en trois sous-ensembles flous : connaissance insuffisante, connaissance moyenne et connaissance suffisante notés {Insuffisant, Moyen, Suffisant}.

Pour la variable de sortie, l'univers de discours est discrétisé en 4 éléments. En effet, dans notre approche nous avons considéré quatre niveaux précis variant de 1 à 4, échelle d'estimation du niveau de connaissance d'un apprenant, que nous avons qualifiées respectivement par {Très Insuffisant, Insuffisant, Suffisant, Très Suffisant}. Or, les opérateurs utilisés dans le positionneur flou agissent uniquement sur des variables floues. Par conséquent, il est nécessaire de transformer ces variables non floues en des sous-ensembles flous. Pour ce faire, les sous-ensembles flous associés aux niveaux {1, 2, 3, 4} sont respectivement « Niveau Très Insuffisant », « Niveau Insuffisant », « Niveau Suffisant » et « Niveau Très Suffisant ». Par souci de simplification, nous avons notés ces quatre sous-ensembles flous par {Très Insuffisant, Insuffisant, Suffisant, Très Suffisant}. Le mécanisme d'inférence consiste en l'utilisation de règles floues pour évaluer de nouvelles variables floues en sortie. En effet, la conception d'une base de règles floues est un processus interactif. La plus grosse part de travail se trouve au niveau du recueil des connaissances expertes. Ainsi, en utilisant les données correspondant aux différentes entrées et sorties, l'enseignant-expert fournit une série de combinaisons qui se rapproche de son raisonnement. Un des intérêts de la logique floue est la possibilité de valider la base des règles auprès de ceux qui ont fourni l'expertise, avant de la tester sur un système réel.

A la fin de l'inférence, l'ensemble flou de sortie est déterminé, mais il n'est pas directement utilisable pour donner une information précise. Cette étape (défuzzification) consiste à faire la transformation des variables quantitatives obtenues en variables qualitatives. A partir de la base de règles (fournie par l'expert) et des sous-ensembles flous correspondant à la fuzzification, le mécanisme d'inférence calcule le sous-ensemble flou relatif à la sortie du système. La génération de la variable de sortie se fait en utilisant la méthode du centre de gravité, selon laquelle le système calcule le nombre (s) qu'on arrondit au nombre entier le plus proche. A la fin de la défuzzification, nous obtenons l'évaluation finale du niveau de connaissance de l'apprenant. Ainsi, si $(s) = 1$, nous caractérisons le niveau de connaissance de l'apprenant sur la matière

comme 'Très Insuffisant', si (s) = 2 comme 'Insuffisant', si (s) = 3 comme 'Suffisant' et si (s) = 4 comme 'Très Suffisant' (Figure 5).

Finalement, notre Module Evaluation fournira une estimation qualitative de la connaissance des apprenants, permettant ainsi à l'enseignant d'agir sur l'opération "enseignement/apprentissage" en conséquence.

4 ETUDE DE CAS

Notre approche a été concrétisée et évaluée lors d'une expérimentation réalisée avec un groupe d'apprenants issus d'une licence et qui voulaient intégrer un Master en Télécommunication et Réseaux. A travers cette expérimentation, nous tentons, d'une part, de comprendre les difficultés induites par ce changement et les enjeux de cette nouvelle situation de formation. D'autre part, nous cherchions à vérifier la validité des performances de notre Module Evaluation avant qu'il soit implémenté techniquement comme une partie intégrante d'un dispositif de formation.

Soixante apprenants issus d'une licence et qui étaient sur le point d'intégrer le Master Spécialisé Télécommunications et Réseaux ont participé à cette expérience. Ils ont été invités à passer un test d'évaluation diagnostique correspondant à la discipline "Réseaux Informatiques". Nous disposons d'un ensemble hétérogène d'apprenants du point de vue prérequis (Licences en Informatique, en Electronique, en STIC et en Réseaux) par rapport au domaine en question.

4.1 CHOIX DE L'OUTIL POUR L'IMPLÉMENTATION INFORMATIQUE DES ONTOLOGIES ET DU MÉTA- MODÈLE DES QCM

Le choix concernant l'ontologie en tant que paradigme de conceptualisation et de structuration des connaissances est déjà fait, nous passons à ce stade au niveau qui concerne l'implémentation informatique de ces ontologies construites à l'issue de notre modélisation et ce dans le cadre de cette expérimentation. Pour implémenter des modèles à base d'ontologies, il existe différents environnements et éditeurs d'ontologies tels que : Protégé, OntoÉdit, etc. Dans le cadre de notre étude, l'outil Moulinette [12] a été retenu.

Moulinette est un environnement informatique support de la modélisation sémantique et de la production collaborative des contenus en contexte d'apprentissage en ligne et qui permet aux enseignants, au travers d'une interface web, d'élaborer très aisément des modules d'apprentissage en ligne depuis la phase de la modélisation des connaissances jusqu'à la production finale des ressources pédagogiques. Cet environnement informatique vise particulièrement à abstraire la complexité de la production des contenus pédagogiques pour les enseignants afin de favoriser la réutilisation ainsi que l'échanges des ressources pédagogiques pour des acteurs relativement débutants en matière de production.

Il a été choisi pour plusieurs raisons. En fait, la méthodologie de conception et de production proposée par l'environnement Moulinette est fortement adaptée aux modalités de mise en place de notre approche de modélisation de l'évaluation. En effet, la nature pluridisciplinaire de ce travail de recherche fait appel à différentes compétences et expertises pédagogiques selon différents niveaux d'abstraction (création de l'ontologie du domaine, création du Modèle Evaluation, édition et création des ressources de QCM). A ce niveau et grâce à des technologies Web accessibles côté serveur et côté client, Moulinette supporte et intègre les fonctionnalités de la modélisation cognitive des apprenants, de la création formelle des ontologies du domaine de connaissance et de la production des modules d'apprentissage dans un contexte coopérative par la gestion de projet, notamment dans le cas d'une équipe hétérogène. Deuxièmement, il s'agit d'un environnement où l'information peut être à la fois traitée et lisible de manière très pratique et simple par les utilisateurs grâce aux descripteurs textuels et graphiques qu'offre cet outil. La réutilisation des ontologies et méta-modèles créés est facilitée grâce à l'option export en XML et en RDF disponible sur l'environnement.

4.2 APPLICATION DE LA CONCEPTUALISATION DU DOMAINE DES CONNAISSANCES ET DES QCM A LA MATIERE 'RESEAUX INFORMATIQUES'

Le fait qu'une étude empirique ne peut être réalisée hors contexte, oblige à choisir un domaine particulier dans lequel se placer. Le domaine des réseaux informatiques constitue un domaine important qui s'ouvre à nous en matière de qualification de ressources et faisant partie du cursus du Master en Télécommunications et Réseaux auquel les apprenants de notre expérimentation s'apprêtent à accéder.

La conception d'une telle ontologie est une démarche délicate, en particulier si l'on souhaite qu'elle fasse l'objet d'approbation dans une communauté assez large. Cependant, il est toujours utile de prendre en considération ce que d'autres personnes ont fait dans le domaine : corpus textuels, taxonomies, normes ou fragments d'ontologie préexistants, d'examiner ces ressources et de les exploiter comme base pour définir graduellement l'ontologie du domaine.

Pour ce faire nous avons tout d'abord fait appel à des bibliothèques d'ontologies réutilisables existantes sur le Web et dans la littérature. Nous avons consulté la bibliothèque des ontologies Ontolingua, la bibliothèque des ontologies DAML, certaines ontologies commerciales disponibles pour le grand public comme UNSPSC, RosettaNet et DMOZ. Après cette recherche, il n'existe pas à notre connaissance d'ontologie répondant aux besoins de notre domaine particulier. Toutefois pour les besoins de cette étape, nous commençons le travail de développement de l'ontologie à partir de l'ébauche que nous allons rédiger. En se basant sur de la documentation disponible sur Internet et sur la connaissance des experts du domaine, nous avons établi une liste des concepts du domaine d'apprentissage en question : "réseaux informatiques".

4.3 ARRANGEMENT EN CONCEPTS GÉNÉRAUX ET CONCEPTS TERMINAUX ET DÉFINITIONS DES RELATIONS

Les réseaux informatiques constituent un domaine qui utilise un ensemble et sous-ensembles de concepts reliés entre eux par des relations spécifiques. Le schéma de la Figure 7 ci-dessus explicite la succession des étapes que nous avons adoptées pour le déroulement du développement de l'ontologie.

La structure du modèle du domaine fait apparaître des relations de type :

- utilise (*uses*) : cette relation est utilisée pour définir la décomposition structurelle du modèle du domaine ;
- possède (*has*) : cette relation montre que le domaine de connaissances se compose d'un ensemble et sous-ensembles de concepts ;
- est un (*is a*) : cette relation exprime la notion de définition qui existe entre deux éléments du modèle.

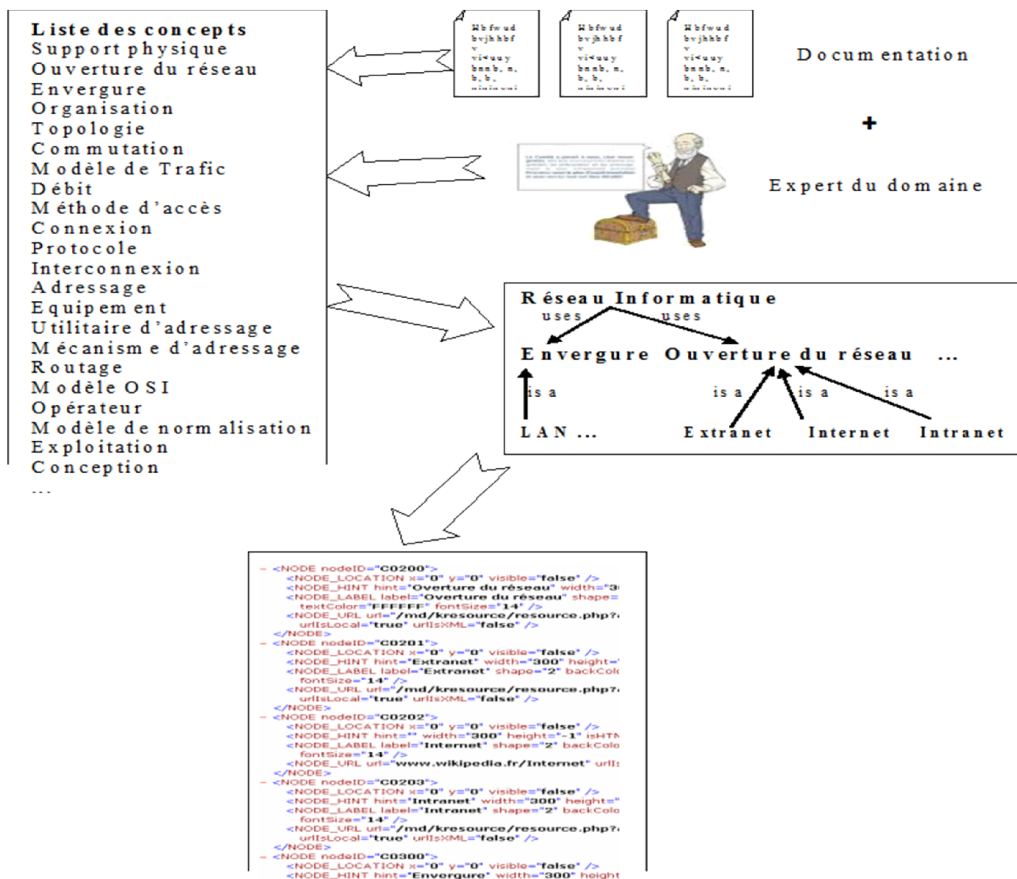


Fig. 7. Schéma détaillé résumant les étapes de la construction de notre ontologie

4.4 RÉSULTATS DE L'IMPLÉMENTATION DE L'ONTOLOGIE DES RÉSEAUX INFORMATIQUES

A l'aide de Moulinette, nous avons développé l'ontologie des réseaux informatiques qui peut être décrite comme un assemblage de concepts que nous avons nommés concepts généraux englobant des ensembles de concepts intermédiaires (Figure 8). Ensuite l'expert du domaine a décrit les différents concepts et les intra-relations qui existent entre eux dans le domaine de connaissance. Chaque concept intermédiaire se décompose à son tour en un ensemble de "sous-concepts" que nous avons nommés concepts terminaux et qui sont reliés entre eux par des relations spécifiques.

A travers cette représentation, nous avons essayé de réaliser un degré élevé de la structuration des connaissances dans le but de pouvoir assurer par la suite éventuellement un apprentissage individuel efficace. Nous rappelons qu'il n'existe pas un point de vue unique pour la représentation des connaissances utilisant les ontologies. Nous pouvons être amenés à étendre et faire évoluer le schéma de notre ontologie et son contenu. L'environnement Moulinette nous permet à la fois d'explorer cette ontologie et aussi de s'assurer de sa cohérence au cours de la phase de maintenance et de mise à jour.

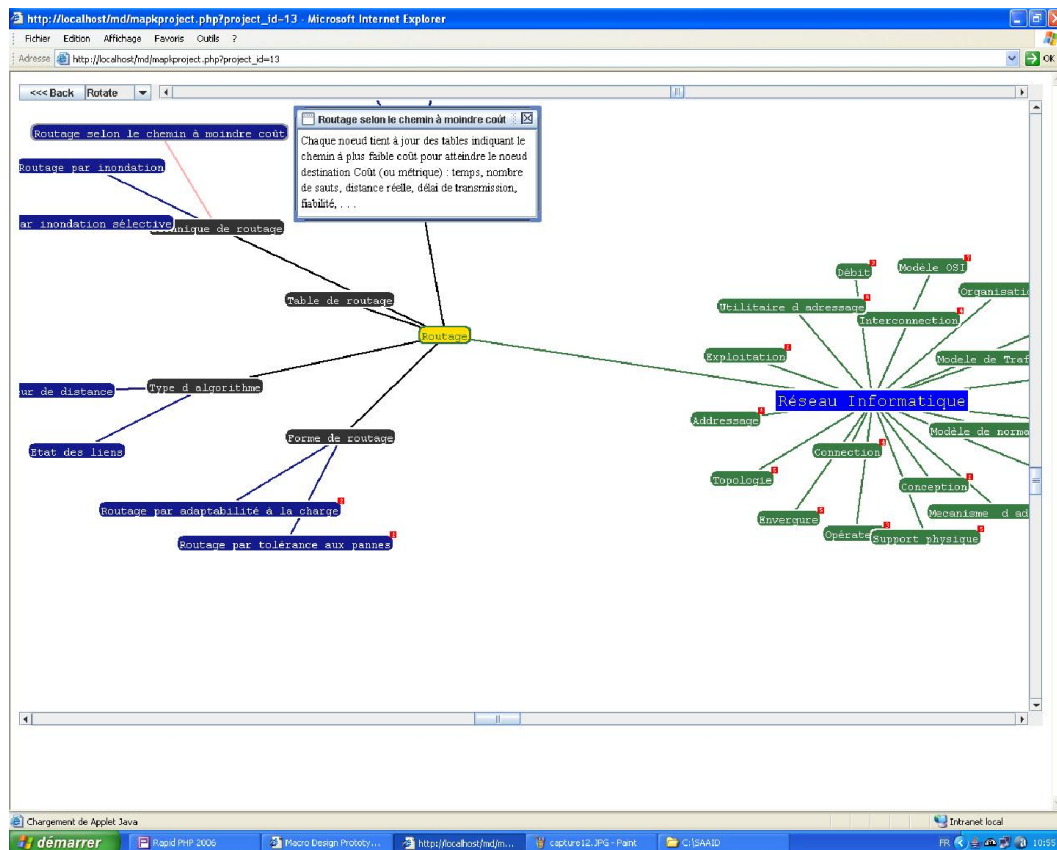


Fig. 8. L'ontologie des réseaux informatiques fait apparaître les sous-concepts (concepts intermédiaires en noir) reliés à chaque concept général (en vert)

4.5 IMPLÉMENTATION DU MÉTA-MODÈLE DES QCM

Grâce au modèle de représentation des connaissances basé sur les ontologies, nous avons pu formuler les énoncés des différents éléments des QCM d'une manière explicite et sémantique. Pour chaque item d'un QCM, l'expert du domaine nous a décrit : l'idée principale, les intentions pédagogiques, le contexte d'utilisation, les relations avec les autres nœuds et avec le domaine de connaissance, en plus de la mise à jour du statut de la finalisation le long du processus de la production. En conséquence, au niveau implémentation, il a été facile d'instancier méticuleusement le méta-modèle des QCM sous forme de médias web grâce à des descripteurs textuels et graphiques proposés par l'environnement Moulinette (Aqqal et al., 2009). Le Module Evaluation a été par la suite exporté et publié pour les apprenants participant à notre expérimentation. Par ailleurs, les données descriptives de chaque niveau d'abstraction, à savoir l'ontologie de connaissance et méta-modèle de

QCM, ont été également fournies séparément en format XML pour une réutilisation éventuelle. La Figure 9 illustre bien ceci, elle fait apparaître les concepts mis en jeu pour construire l'énoncé du QCM1.

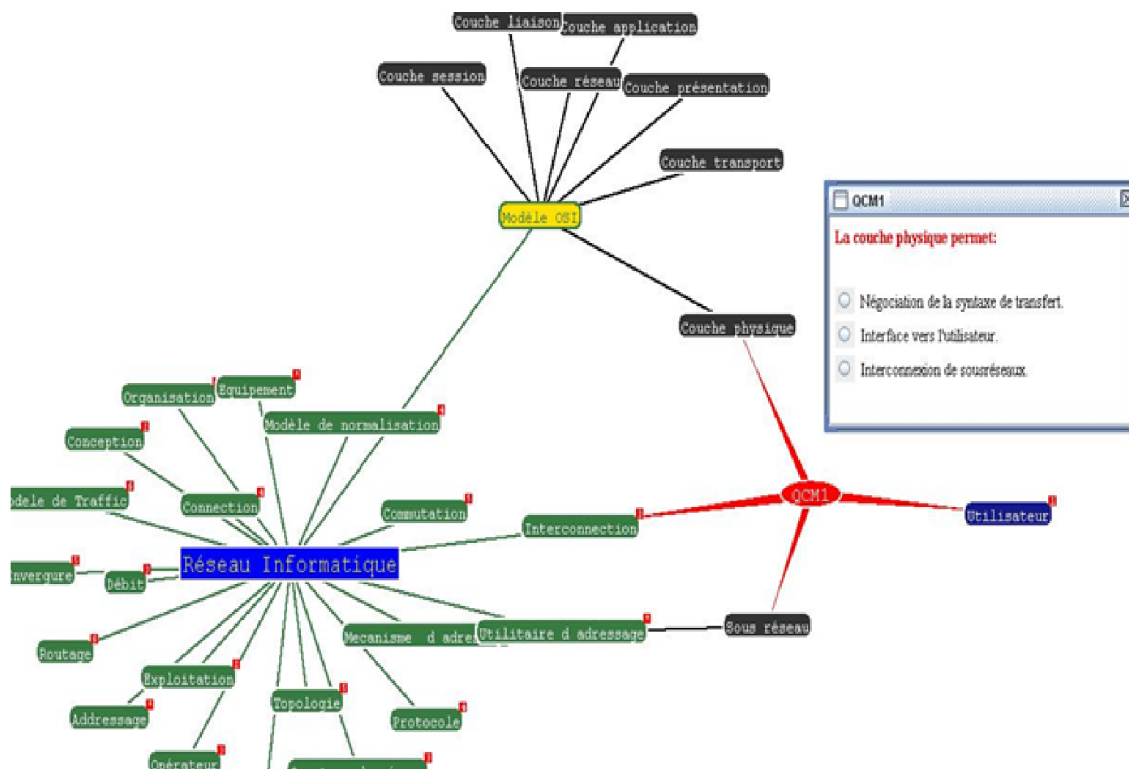


Fig. 9. Concepts mis en jeu pour construire l'énoncé du QCM1

5 RÉSULTATS ET BILAN

5.1 PREMIERE EXPERIENCE

Nous présentons dans cette partie les données provenant de l'expérience que nous avons effectuée visant à évaluer la méthode proposée. Plus précisément, les réponses que les apprenants ont données lors d'une "évaluation test", ont été utilisées afin de vérifier la validité des performances de notre Module Evaluation en termes de pertinence, de cohérence et d'efficacité. A cette fin, la sortie 'Niveau Connaissance' de l'apprenant, issue du Module Evaluation, a été comparée avec l'évaluation séparée d'un enseignant-expert et avec le simple processus d'évaluation basé sur le calcul manuel du pourcentage des réponses correctes considérant toutes les questions au même degré de difficulté (que nous avons nommé évaluation traditionnelle). Le test d'évaluation d'une durée de deux heures comportait 144 QCM réparties sur les trois degrés de difficulté {Facile, Moyen, Difficile} et couvrant des concepts de la discipline "Réseaux Informatiques".

Dans cette "évaluation test", le professeur du cours a eu le rôle de l'enseignant-expert. Une fois l'expérience terminée, il a examiné les réponses des apprenants à ce test et a évalué leurs niveaux de connaissances sur le sujet, en tenant compte du nombre, du type et de la difficulté des questions auxquelles ils ont répondu correctement. En se basant sur l'approche proposée, le Module Evaluation estima le niveau de connaissance de chaque apprenant sur le sujet. D'autre part, nous avons estimé par calcul manuel, le niveau de connaissances des apprenants en se basant sur le principe du pourcentage des réponses correctes (évaluation traditionnelle).

D'après les résultats obtenus, les estimations faites par le Module Evaluation et celles du professeur coïncident dans 92 (en pour cent) cas d'apprenants ; ce qui valide notre hypothèse H1. Par contre, seulement dans 60 (en pour cent) cas d'apprenants, les estimations de l'enseignant sont les mêmes que celles basées sur le pourcentage traditionnel des réponses correctes (Figure 10). En conséquence, les résultats de cette expérimentation nous ont permis d'apprécier l'efficacité (degré d'atteinte des objectifs) de la méthode proposée par rapport à la méthode de l'évaluation traditionnelle (Manuelle). Le Module Evaluation peut en effet effectuer l'évaluation "comme procède" un enseignant-expert. Par ailleurs,

ces résultats nous ont permis aussi d'apprécier les moyens mis en œuvre par la méthode proposée pour modéliser et approcher l'expertise humaine dans le domaine de l'évaluation des connaissances ainsi que leur adéquation aux objectifs de départ (pertinence et cohérence).



Fig. 10. Performance de l'évaluation par l'approche proposée (Module Evaluation) par rapport à celle de l'enseignant-expert en comparaison avec l'évaluation traditionnelle

5.1.1 QUE NOUS APPRENNENT CES RÉSULTATS ?

Ce test est ainsi très révélateur des acquisitions des différents apprenants et permet de fournir un indicateur précieux pour apprécier la situation des apprenants en fonction de leur formation d'origine (Licences en Informatique, Electronique, STIC et Réseaux) au regard des performances générales attendues en fin de formation concernant le domaine d'apprentissage "Réseaux Informatiques".

5.1.2 UNE MAÎTRISE DIFFÉRENCIÉE DES PERFORMANCES PAR NIVEAU

Les apprenants dont les performances les positionnent dans le niveau Très Insuffisant (groupe 1) réussissent rarement les items relevant des concepts les plus difficiles. Ceux des niveaux Insuffisant (groupe 2) et Suffisant (groupe 3) peuvent réussir des items relevant de degrés de difficulté variés. Les apprenants du niveau Très Suffisant (groupe 4) ont des performances élevées (Figure 11). Les apprenants du groupe 1 ne sont capables que de répondre très ponctuellement à une sollicitation. Leur meilleur taux de réussite est atteint aux items de difficulté relative au " Degré Facile" (en moyenne 34%). Pour les autres degrés de difficulté, les taux de réussite aux items sont très faibles (autour de 22% pour "Degré Moyen" et 11% pour "Degré Difficile"). On peut faire l'hypothèse que ces taux de réussite sont révélateurs de graves lacunes quant aux capacités les plus fondamentales de la discipline en question.

Les apprenants du groupe 2 ne montrent pas de difficultés aussi importantes que ceux du groupe 1. Bien que leurs taux de réussite, pour les items de difficulté relative au " Degré Facile" et au " Degré Moyen", soient respectivement autour de 60% et 54 %, on ne peut considérer qu'ils atteignent un niveau de maîtrise suffisant des performances sollicitées. Avec 39% de réussite moyenne aux items de difficulté relative au " Degré Difficile", on peut les considérer comme des apprenants fragiles du point de vue de ce niveau pour lequel ils restent bien en dessous de la moyenne de réussite postulée. Cette fragilité est probablement à la source de leurs difficultés à faire preuve des concepts plus exigeants.

Les apprenants du groupe 3 représentent presque 3 % de la population. Leurs difficultés sont loin d'être aussi aiguës que celles rencontrées par les apprenants des deux premiers groupes. Leur taux de réussite (en moyenne 77%) pour les items de difficulté relative au " Degré Facile" est supérieur à celui souhaité. Ces apprenants maîtrisent les items de difficulté relative au "Degré Moyen" (72%) pour laquelle la marge de progression reste cependant importante. C'est la performance aux items de difficulté relative au " Degré Difficile" qui leur pose problème. Toutefois, même s'ils sont encore peu assurés sur ce point, ils en réussissent en moyenne 56%.

Les apprenants du groupe 4 rencontrent très peu de difficultés relatives au "Degré Facile" dont ils réussissent les items à un niveau élevé (90%). Ils maîtrisent assez bien les items de difficulté relative au " Degré Moyen" (8%). Les différences de performances relatives aux items de difficulté relative au "Degré Difficile" s'amointrissent davantage pour ce groupe (66%).

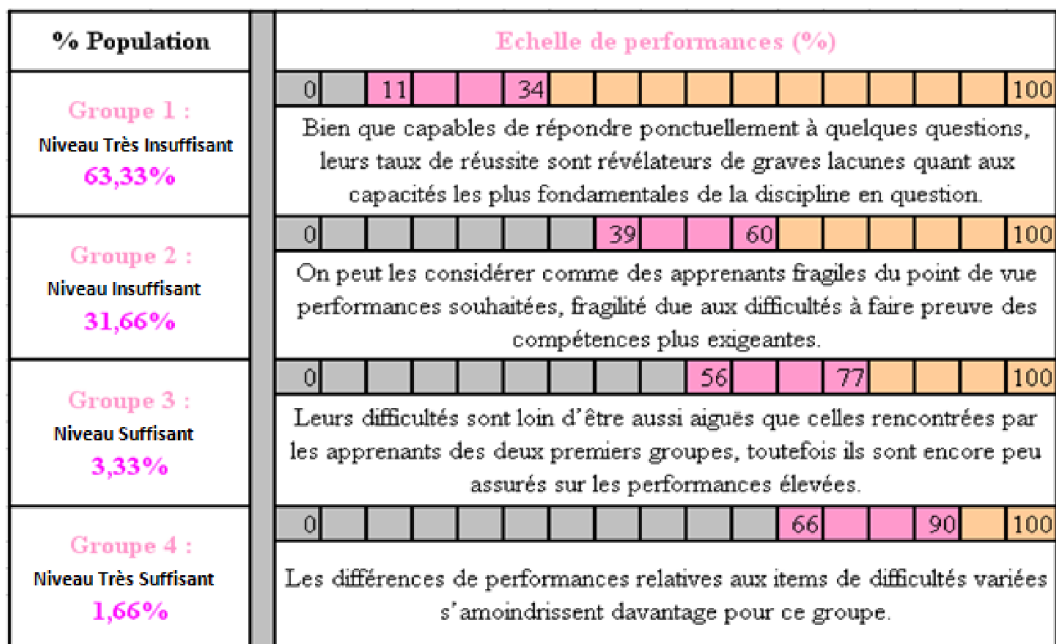


Fig. 11. Performances différenciées par rapport aux différents niveaux de connaissances

5.1.3 DES PERFORMANCES QUI VARIENT EN FONCTION DU CURSUS UNIVERSITAIRE

Rappelons que l'ensemble de cette évaluation-test correspond à un premier état des niveaux de connaissances des apprenants en début du Master Spécialisé Télécommunications & Réseaux pour la matière "Réseaux Informatiques". Un de ses objectifs est de permettre un suivi de l'évolution de ces niveaux de connaissances au cours du temps.

D'après la Figure 12, les résultats obtenus des performances des apprenants sont très différenciés selon leur formation d'origine (Licences en Informatique, en Electronique, en STIC et en Réseaux).

Les apprenants issus d'une Licence Réseaux (33,33 % de la population) ont des performances qui peuvent permettre de considérer qu'ils maîtrisent de façon satisfaisante l'ensemble des concepts généraux attendus.

Les apprenants issus d'une Licence STIC (41,67 % de la population) et Informatique (11,67 % de la population) sont des apprenants qui, même s'ils atteignent partiellement les objectifs attendus concernant le premier et le deuxième degré d'exigence, butent sur ceux du degré d'exigence plus élevé retenus par le Module Evaluation.

Les apprenants issus d'une Licence en Electronique méritent une attention particulière. Leur proportion évaluée à 13,33 % de la population, se situe complètement au bas niveau de l'échelle (Figure 13). Au regard de leurs performances, ces apprenants se trouvent en grande difficulté.

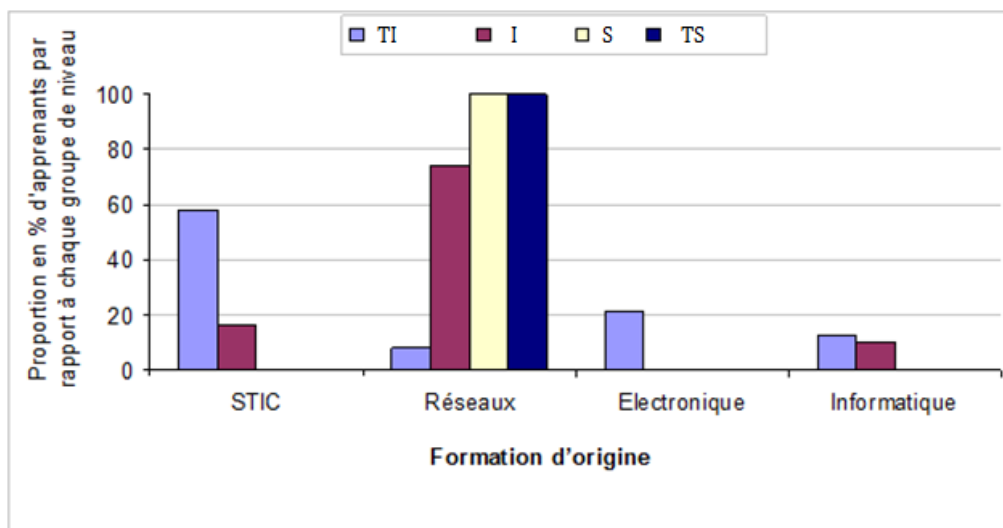


Fig. 12. Performances différenciées en fonction du cursus universitaire par rapport à chaque groupe de niveau de performance constitué pour l'ensemble de la population {TI: Très Insuffisant, I: Insuffisant, S: Suffisant, TS: Très Suffisant}.

Lecture du graphe : La proportion d'apprenants de niveau de connaissance Insuffisant, issus d'une licence STIC, constitue 58% de l'effectif total qualifié par ce même niveau.

Ces premiers constats permettent d'illustrer l'hétérogénéité des apprenants dans la maîtrise des concepts généraux attendus en début du Master Spécialisé Télécommunications & Réseaux. C'est pourquoi, il faut sans doute s'interroger sur deux autres questions qui sont liées : les objectifs du programme à atteindre et les concepts qui doivent être considérés comme acquis en fin de formation à la fois pour poursuivre immédiatement une mise à niveau et pour s'insérer harmonieusement dans la vie professionnelle et sociale.

Par ailleurs, cette "évaluation-test" vient confirmer ce qui était déjà perceptible lors des entretiens de sélection au même Master Télécommunications & Réseaux, à savoir que nos apprenants semblent plus à l'aise pour des questions de base considérée comme de bas niveau alors qu'ils éprouvent des difficultés pour des questions compliquées considérées comme de haut niveau.

Ce constat, comme celui de la grande hétérogénéité des connaissances de nos apprenants, implique :

- en amont, une réflexion sur la prise en compte des difficultés de ces apprenants dès l'entrée en Master, puisque l'on sait qu'elles sont déjà constituées à ce moment et ne feront que se confirmer dans la mesure où la construction et l'acquisition des concepts de plus haut niveau s'étaye sur ceux du niveau le plus bas ;
- en aval, une réflexion sur la prise en compte des difficultés de ces apprenants à l'entrée de la vie professionnelle.

En fin, il reste à souligner que cette "évaluation-test" a pu confirmer globalement par les résultats dégagés l'appartenance des étudiants selon leurs cursus universitaires en nous affirmant par la même occasion que nos résultats émulsés ne vont pas en contradiction avec les évaluations humaines (conformément à H1). Cela est particulièrement vérifié dans le cas des étudiants de spécialité Réseaux (donc certifiés Réseaux suite à des évaluations humaines dans le cadre de leur Licence) qui se sont distingués par leurs résultats dans le domaine des Réseaux Informatiques (domaine de notre évaluation-test 1). (Figure 12)

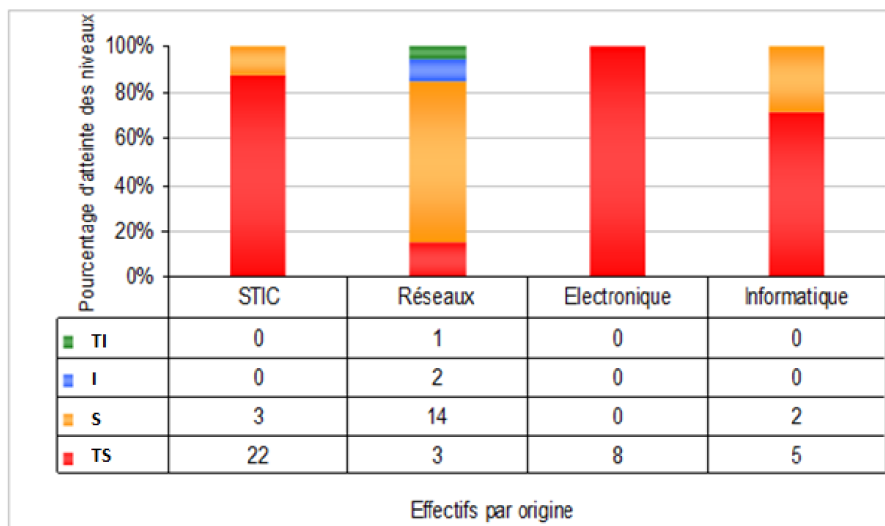


Fig. 13. Performances différenciées par rapport aux différents niveaux de performance relativement à un même cursus universitaire {TI: Très Insuffisant, I: Insuffisant, S: Suffisant, TS: Très Suffisant}.

5.2 DEUXIEME EXPERIENCE

Dans le même contexte nous comptons, à travers une deuxième expérimentation menée au sein de notre département de physique, concrétiser et évaluer notre approche instrumentée support de l'auto-évaluation des connaissances. L'expérience a fait appel à trente-trois étudiants, issus d'une licence et qui ont intégré le tronc commun du Master Spécialisé Télécommunications & Réseaux et Electronique & Informatique Industriel, ont participé à cette expérience. Ils ont été invités à passer un test d'évaluation des connaissances correspondant à la discipline *Communications Numériques*. Nous disposons d'un ensemble hétérogène d'étudiants du point de vue prérequis (Licence en Electronique : 16 étudiants, Licence en STIC + Réseaux & Télécoms : 17 étudiants) par rapport au domaine en question.

Suite à l'examen des réponses des étudiants à cette évaluation diagnostique, nous avons estimé leurs niveaux de connaissances sur le sujet en tenant compte du nombre, du type et de la difficulté des questions auxquelles ils ont répondu correctement. Le résultat a été qualifié selon l'échelle {Très Insuffisant, Insuffisant, Suffisant, Très Suffisant}. La Figure 14 montre que les étudiants ayant suivi une formation préalable en Télécommunications ont relativement de meilleures connaissances que ceux issus d'une licence Electronique. Par conséquent, ce résultat vient encore confirmer la validité de l'approche proposée à travers la concrétisation de l'hypothèse H1.

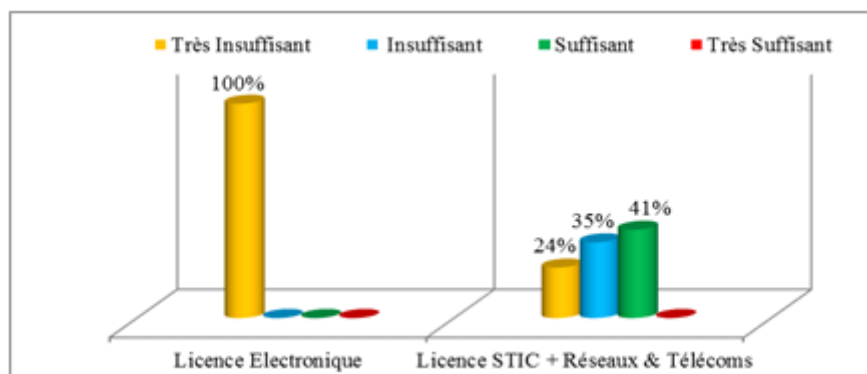


Fig. 14. Evaluation diagnostique en % du niveau de connaissance des étudiants pour le domaine des connaissances 'communications numériques' - promotion 2012.

Etant donné que notre objectif est de conduire le maximum d'étudiants aux niveaux de performance attendus à la fin de cet enseignement, nous avons adopté une pratique pédagogique au sens du développement des enseignements basée entre

autres sur le travail collaboratif privilégiant le changement des individus par le moyen des groupes. Ceci permettra de motiver et rétablir l'intérêt à l'apprentissage chez les apprenants dans le but d'améliorer la qualité des apprentissages. Dans notre cas, le travail de groupe a été intégré aux séances du cours de cet enseignement faisant appel à des petits groupes hétérogènes d'étudiants (licences d'origines différentes). Pour mesurer la validité de notre approche, nous avons considéré les résultats de l'évaluation sommative menée en fin de session pour les étudiants inscrits au tronc commun de ce master (Licences en Electronique : 17 étudiants, STIC + Réseaux & Télécoms : 18 étudiants). Les résultats ont été interprétés selon les mêmes qualificatifs de l'évaluation diagnostique précédente à savoir {Très Insuffisant, Insuffisant, Suffisant, Très Suffisant}. La figure 15 ci-dessus montre bien que l'évolution des niveaux de connaissances des étudiants est très significative. L'écart entre les résultats des deux catégories de licences devient faible. On tend ainsi vers une homogénéité satisfaisante des acquis d'apprentissage des étudiants. Sans prétendre que nos résultats sont absolument généralisables, nous avons pu concrétiser partiellement l'hypothèse H2 et vérifier à partir d'un premier bilan la validité de l'approche proposée concernant l'indépendance vis-à-vis :

- **du domaine d'enseignement** : nos expérimentations ont été réalisées avec des domaines différents (Réseaux informatiques et Communications numériques en l'occurrence) ;
- **du moment de l'évaluation** : nos évaluations ont été réalisées avec succès en début de formation (cas des expérimentations 1 et 2) et en fin de formation (cas de l'expérimentation 2) ;
- **et du public cible** : nos expérimentations ont été réalisées avec des promotions différentes d'étudiants issus de cursus universitaires différents.

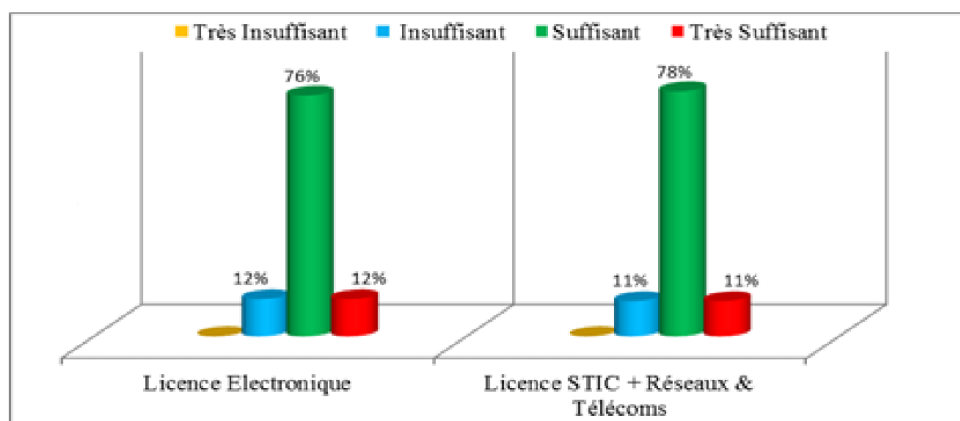


Fig. 15. Evaluation sommative en % du niveau de connaissance des étudiants pour le domaine des connaissances 'communications numériques' - promotion 2012.

Par ailleurs et pour valider la contribution de la méthode pédagogique utilisant le travail de groupe, nous avons fait appel à un groupe témoin (promotion 2011). Il s'agit d'évaluer l'efficacité de l'enseignement dispensé en fonction des résultats des étudiants. La Figure 16 montre la comparaison des résultats de l'évaluation sommative de la promotion 2012 (avec amélioration partielle des pratiques enseignantes) par rapport à ceux de la promotion précédente (sans amélioration des pratiques enseignantes). On remarque une apparition de la colonne concernant les résultats qualifiés de «Très suffisant» qui dépasse les 10% et une disparition totale de celle concernant les résultats qualifiés de «Très insuffisant» pour la promotion 2012, ce qui vient confirmer ce qui était déjà perceptible à savoir l'impact favorable des pratiques pédagogiques mise en place au tour du travail de groupe sur l'apprentissage des étudiants.

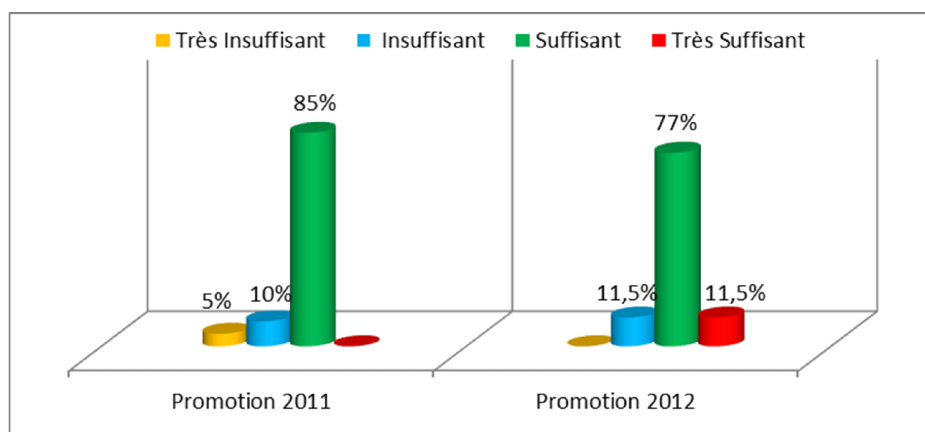


Fig. 16. Comparaison des résultats de l'évaluation sommative pour la promotion 2011 (sans amélioration des pratiques enseignantes) et la promotion 2012 (avec amélioration des pratiques enseignantes).

6 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Dans un objectif de mise en réussite de l'apprenant le long de son parcours d'apprentissage, nous avons cherché à comprendre comment et à quel moment de la formation, un enseignement peut être adapté à un apprenant donné. Cela nous a conduits à nous intéresser dans cet article à l'estimation du niveau de connaissance de l'apprenant, par l'observation de son niveau cognitif, ce qui a fait appel aux recherches dans les domaines de l'évaluation des acquis, de modélisation de l'apprenant, de l'ontologie des connaissances et la théorie des ensembles flous.

Pour une construction générique de notre Module Evaluation, nous avons travaillé à partir d'une expertise pédagogique validée dans les systèmes éducatifs. La réutilisation d'expertise nous a permis de proposer une représentation multidimensionnelle du processus évaluatif que nous avons étudié, conçu et implémenté explicitement. Pour approprier l'évaluation du niveau de connaissance de l'apprenant, nous avons retenu les aspects : nature de la matière à enseigner, niveau de difficulté des questions et processus de jugement dans la description linguistique de la connaissance experte intervenant dans le Module Evaluation. L'ontologie des QCM générant les épreuves de l'évaluation diagnostique a bien intégrée les différentes dimensions de la connaissance experte. Le diagnostic mis en œuvre dans ce modèle est complètement automatisé à travers une application développée dans ce sens : collecte des résultats et traitement initial des données et analyse des QCM. Nous avons employé la logique floue pour manipuler l'imprécision et pour exprimer la connaissance qualitative de l'expert d'une manière clairement interprétable. L'approche basée sur l'exploitation des apports de la théorie des ensembles flous et l'ontologie des connaissances est très intéressante, aussi bien du point de vue de la valorisation de l'intégration des technologies de l'information et de la communication à l'enseignement/apprentissage, que du point de vue de la généricité qu'on peut apporter au diagnostic et à l'évaluation en général.

Afin de vérifier la validité des performances de notre Module Evaluation, nous avons effectué deux expérimentations, réalisées avec des groupes de trente-cinq à soixante apprenants issus d'une licence et qui ont intégré le Master Spécialisé Télécommunications et Réseaux (laboratoire STIC). Nous disposions d'un ensemble hétérogène d'apprenants du point de vue prérequis (Licences en Informatique, Electronique, STIC et Réseaux) par rapport au domaine en question. Cette expérimentation a démontré l'intérêt d'un tel modèle fondé sur la dimension pédagogique issue de l'expertise humaine et basé sur les ontologies et la logique floue. En effet, notre Module Evaluation de l'apprenant a permis d'approcher au mieux l'estimation du niveau de connaissance de l'apprenant par rapport à celle de l'enseignant-expert. Il a permis également de rendre compte dans une approche systémique de l'efficacité des pratiques pédagogiques mises en œuvre.

Notre choix pour la modélisation de la connaissance s'est porté sur les ontologies qui ne représentent pas en elles-mêmes une fin pour notre étude mais une nécessité d'usage. Au-delà de leur qualité pour la modélisation de la connaissance, les propriétés des ontologies favorisent le paradigme du raisonnement. Deux ontologies particulières ont été conçues et présentées dans le cadre de cet article :

L'ontologie du domaine des connaissances par laquelle le système peut accéder à une connaissance du domaine afin de rechercher les concepts adéquats, les organiser et vérifier la cohérence de la situation d'apprentissage à proposer.

L'ontologie des QCM générant les épreuves de l'évaluation qui contient les énoncés, les items, leurs degrés de difficulté et les relations les liant aux concepts utilisés dans le domaine des connaissances, pour appliquer des stratégies différentes lors de la composition des tests.

Les résultats expérimentaux ont été encourageants, même effectués sur des groupes d'essai limités et montrent que le l'évaluation de l'apprenant par la méthode proposée approche de manière cohérente, efficace et pertinente l'expertise humaine dans le domaine de l'évaluation des connaissances. Le Module Evaluation, comme support l'évaluation instrumentée, permettra une meilleure détection des difficultés rencontrées par les apprenants et donc une meilleure prise en compte de ceux-ci en mettant en place des situations pédagogiques adaptées à chacun et à l'ensemble des apprenants.

A la fin de ce travail, nous soulignons certaines portées qui ouvrent des perspectives nouvelles :

Le processus d'évaluation proposée à travers notre approche permet de prendre en compte différents aspects et formes du paradigme de l'évaluation provenant de l'expertise pédagogique humaine. Nous pouvons adapter notre Module Evaluation pour qu'il puisse intégrer d'autres informations fournies par divers experts pédagogiques.

Par ailleurs, si ces expérimentations nous ont démontré l'intérêt pédagogique et la faisabilité technique de notre méthodologie, notre Module Evaluation qui cependant n'est pas exhaustif, aura comme perspective l'implémentation de l'ensemble des fonctions techniques nécessaires pour pouvoir étudier de près comment l'automatisation de l'évaluation peut servir d'un bon point de départ capable de personnaliser les apprentissage et faire aboutir le développement des enseignements. Une autre piste de recherche qui concrétisera intégralement notre deuxième hypothèse consiste à mesurer la corrélation entre l'adoption d'une telle stratégie d'évaluation et l'implication voir même l'engagement des enseignants afin d'instaurer et encourager ces pratiques évaluatives dans l'université Marocaine.

REFERENCES

- [1] Romainville, M. (2002). L'évaluation des acquis des étudiants dans l'enseignement universitaire. En ligne : http://www.hce.education.fr/gallery_files/site/21/93.pdf
- [2] Gauthier, R.F., Caffin-Ravier, M., Descamps, B., Mosnier, M. et Peretti, H. (2007). L'évaluation des étudiants à l'Université : point aveugle ou point d'appui ? Rapport de l'Inspection Générale de l'Administration de l'Education Nationale et de la Recherche. En ligne : http://media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/IGAERN_/06/2/evaluation_22062.pdf
- [3] Labouidya, O. Elkamoun, N. Benabdillah, H. & Berraisoul, A. (2007), " Approche basée sur la logique floue pour le positionnement de l'apprenant en autoformation à distance", Actes du Premier Congrès International : Les Technologies Numériques de l'Information et de la Communication Educatives : Expériences et Perspectives, TNICE_EP'07 – Maroc.
- [4] Maulini, O., Bonneton, D., Draelants, H., Gilliéron Giroud, P., & Pasquier, G. (2008). L'évaluation : moteur ou frein de l'innovation ? Texte rédigé en écho à la table ronde du 20e colloque de l'ADMEE-Europe : Entre la régulation des apprentissages et le pilotage des systèmes - évaluations en tension. Université de Genève. En ligne : <https://plone.unige.ch/sites/admee08>
- [5] Akrim, H., Figari, G., Mottier-Lopez, L. et Talbi, M. (2010). La place de l'évaluation dans la réforme du système éducatif marocain : questions pour la recherche, Questions Vives [En ligne], Vol.4 n°13, mis en ligne le 01 janvier 2011, URL : <http://questionsvives.revues.org/323#bodyftn4> ; DOI : 10.4000/
- [6] Ghizlane chemsi, Mohammed radid, Mounir sadiq et Mohamed talbi. (2011). «Conception et validation d'un outil informatisé pour l'évaluation des enseignements et des formations à distance par les étudiants : EVAL-EFDE». RADISMA, Numéro 7, 3 décembre 2011, <http://www.radisma.info/document.php?id=1108>. ISSN 1990-3219
- [7] Labouidya, O., Elkamoun, N. & Khoulid M. (2014). "Les concepts de l'approche systémique appliqués à l'évaluation des enseignements au supérieur". Actes du Colloque International de l'Association pour le Développement des Méthodologies d'Evaluation en Education : Cultures et politiques de l'évaluation en éducation et en formation - 26^{ème} colloque de l'ADMEE-Europe - Maroc. 'in press'.
- [8] Lefevre, M., Guin, N., Jean-Daubias S. (2012). Personnaliser des activités pédagogiques de manière unifiée : une solution à la diversité des dispositifs, *Revue STICEF*, Volume 19, , ISSN : 1764-7223, mis en ligne le 14/11/2012, <http://sticef.org>
- [9] Elkamoun N., Bousmah M., Aqqal A., Berraisoul A., Benabdillah H. Utilisation d'un dispositif de Formation Ouverte et A Distance (FOAD) comme appui à une formation présentielle. Cas d'une formation supérieure spécialisée en Télécommunications et Réseaux. *3rd International Conference : Sciences of Electronic, Technologies of Information and Telecommunications*, March 27-31, 2005 – Tunisia.
- [10] Elkamoun, N., Bousmah, M., Aqqal, A., & Berraisoul, A. (2006). Conception et réalisation de un environnement virtuel d'apprentissage collaboratif, orienté métaphore spatiale, couple avec un système observateur d'usage, international electronic journal of the Information Technologies e-TI, vol. 2, no. 2, ISSN: 1114-8802

- [11] Bousmah M., El kamoun N., Aqqal A., Berraissoul A. (2007). SMART-PROJECT : Un environnement informatique en ligne a base de systèmes multi-agents dédiée a la pédagogie par projet, *Permanent Online Journal of Information and Communication Technologies (ISDM)*, no. 28, p. 13, ISSN: 1265-499x
- [12] Aqqal A., Elkamoun N., Rensing C., Berraissoul A., Steinmetz R. (2009). Vers une construction représentationnelle de la pensée pédagogique des enseignants - Le cas du Macro Design des documents numériques pédagogiques. *Revue Document Numérique*, vol. 12, no. 2, p. 81-110, Aout 2009, ISSN 1279-5127.
- [13] Labouidya, O., Elkamoun, N., Benabdillah, H. Dahbi, A. & Berraissoul, A. (2008), "Conception d'un module positionnement de l'apprenant pour les systèmes tuteurs intelligents : modèle et expérience", *ISDM - International Journal of Information Sciences for Decision Making - N° 34*. En ligne : <http://isdms.univ-tln.fr>; ISSN 1265-499X
- [14] Aqqal A., Elkamoun N., Rensing C., Berraissoul A. (2011), National School of Applied Sciences (ENSAJ), Department of Telecommunications, Chouaib Doukkali University: Utilizing Semantic Paradigms for Reconceptualization of WBTs : Toward a Meaningful Design, Chapter 9 in the Book : *Introduction to the Semantic Web: Concepts, Technologies and Applications* (P.159-181), ISBN: 978-0-9807330-1-3 (Hard Cover)/978-1-4536364-0-4 (Paperback), Publisher: IConceptPress, printed in USA, April 20, 2011
- [15] Baron, G-L. (2013). La recherche francophone sur les « technologies » en éducation : Réflexions rétrospectives et prospectives, *Revue STICEF*, Volume 20, ISSN : 1764-7223, mis en ligne le 16/04/2014, <http://sticef.org>
- [16] Loisy, C. (2012). Individualisation de parcours d'apprentissage : potentiel de blogs, *Revue STICEF*, Volume 19, ISSN : 1764-7223, mis en ligne le 21/11/2012, <http://sticef.org>
- [17] Hérold, J-F. (2012). Analyse cognitive de l'activité de l'élève pour une personnalisation d'un environnement numérique d'apprentissage, *Revue STICEF*, Volume 19, ISSN : 1764-7223, mis en ligne le 09/10/2012, <http://sticef.org>
- [18] Daniau, S. & Bélanger, P. (2008). Synthèse des publications en langue française sur l'évaluation formative de la formation de base en milieu de travail. Dans : *L'enseignement, l'apprentissage et l'évaluation des adultes : pour de meilleures compétences de base*. Éditions OCDE. En ligne : <http://dx.doi.org/10.1787/172252366268>
- [19] De Ketele, J.-M., Gerard, F.-M., et Roegiers, X. (1997). L'évaluation et l'observation scolaires : deux démarches complémentaires, *Éducatifs - Revue de diffusion des savoirs en éducation*. En ligne sous la rubrique enseignement/publications : <http://www.bief.be/index.php>
- [20] Nkambou, R. & Dubois, D. (2008). Notes de cours : Systèmes Tutoriels Intelligents; en ligne : <http://gdac.dinfo.uqam.ca/inf7470>
- [21] Labouidya, O., Elkamoun, N., Benabdillah, H., Berraissoul, A. (2005). An intelligent tutoring system for online self-learning: a multi agent approach. *The Fifth International Network Conference, INC 2005 – Greece*, p. 359-367. ISBN 960-7475-32-1.
- [22] Bruillard, E. (1997). Les machines à enseigner. Editions Hermès Paris, 320p. Chapitre 5 : Des tuteurs intelligents aux environnements interactifs, en ligne : www.stef.ens-cachan.fr/annur/bruillard/MaE_ch_5.pdf
- [23] De Ketele J-M. (1993). L'évaluation conjugquée en paradigmes. *Revue Française de Pédagogie*, no 103, p.59-80.
- [24] Stufflebeam L. (2001). Evaluation Models: New directions for evaluation, no. 89, ISBN:978-0-7879-5755-1. Disponible sur internet : http://www.wmich.edu/evalphd/wp-content/uploads/2010/05/Evaluation_Models.pdf
- [25] Labouidya, O., Elkamoun, N., Benabdillah, H., & Berraissoul, A. (2005). SAAID intelligent positioning procedure. *The Fifth International Conference on Human System Learning, ICHSL. 5/CAPS. 5– Morocco*, p. 361-371. ISBN 2-909285-33-2.
- [26] Bourigault, D. & Aussenac-Gilles, N. (2003). Construction d'ontologies à partir de textes. *Conférence TALN*.
- [27] Charlet' J., Aussenac-Gilles' N. & Laublet, P. (2003). Tutoriel, Terminologie, ontologies ; vers le Web sémantique. Disponible sur internet : www.laas.fr/rfia2004/tut-Ontologies.pdf
- [28] Merrill, M.D. (1983). Component display theory. In : C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models* (pp. 279-333). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- [29] Bloom, B. (1956). La taxonomie de Bloom. Disponible sur internet : http://www.supportsfoad.com/bloom/la_taxonomie_de_bloom.html
- [30] Class, B. (2001). De l'éducation présentielle à l'éducationdistancielle : quelques concepts et études de cas. Disponible sur internet : http://tecfa.unige.ch/perso/class/conf/doc_travail.pdf
- [31] Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*. Vol. 8. Cité en ligne dans : http://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logic