



Recommandation argumentée de ressources pédagogiques au sein d'un écosystème apprenant

Mediani Chahrazed, Marie-Hélène Abel

► To cite this version:

Mediani Chahrazed, Marie-Hélène Abel. Recommandation argumentée de ressources pédagogiques au sein d'un écosystème apprenant. IC2016 : 27es Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances, Jun 2016, Montpellier, France. <<https://ic2016.sciencesconf.org/>>. <hal-01396494>

HAL Id: hal-01396494

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01396494>

Submitted on 14 Nov 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Recommandation argumentée de ressources pédagogiques au sein d'un écosystème apprenant

Chahrazed Mediani, Marie-Hélène Abel

¹ Département d'Informatique, Université Ferhat Abbas de Sétif -1-,
Laboratoire des réseaux et des systèmes distribués, Sétif, Algérie,
Chahrazed_mediani@yahoo.fr

² Sorbonne universités, Université de technologie de Compiègne
UMR CNRS 7253, laboratoire HEUDIASYC, CS 60319,
60203 Compiègne Cedex, France,
marie-helene.abel@utc.fr

Résumé : Un écosystème apprenant est un ensemble cohérent composé de biocènes de formation favorisant un « apprentissage ensemble » basé sur l'échange et le partage de connaissances et/ou de compétences pour mieux réussir un projet commun. Les biocènes de formation sont variés et profitent de l'avancée des technologies de l'information et de la communication. Ainsi, la plateforme MEMORAe est un environnement de collaboration organisé autour d'un ensemble d'écosystèmes apprenants partageant des ressources pédagogiques issues de biocènes de formation. Bien que partagées, ces ressources peuvent présenter un degré de pertinence plus ou moins fort selon les membres de l'écosystème et l'objectif visé. Dans cet article, nous proposons une approche de recommandation argumentée de ressources pédagogiques au sein d'un écosystème apprenant. Cette approche est basée sur un système de vote permettant à chaque membre de l'écosystème de juger la pertinence d'une ou de plusieurs ressources pédagogiques se trouvant à sa disposition dans son écosystème apprenant.

Mots-clés : Ecosystème apprenant, système de vote, système de recommandation, ressource pédagogique.

1 Introduction

Dans le contexte des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), et des technologies du web 2.0, le terme d'écosystème est utilisé pour désigner l'ensemble des entités qui interagissent dans un environnement technologique (Ficheman et al., 2008). Dans le monde de l'entreprise, un écosystème est un ensemble composé d'entités (organisation, entreprises) et de leurs parties prenantes (client, fournisseurs, employeurs, etc.) ayant en commun un projet de développement où chaque partie s'engage à honorer des engagements prédéfinis vis-à-vis des autres. Côté formation, les écosystèmes apprenants ont pour but de faciliter un apprentissage basé sur les échanges et le partage de ressources pédagogiques entre apprenants. Ils sont généralement organisés autour d'un ensemble d'espaces de collaboration dédiés aux apprenants travaillant en groupe sur un même problème (Pettersson et al., 2010), formant ainsi un lieu de travail et d'échange pour le groupe, et permettant à chaque membre du groupe d'accéder aux ressources (documents et autres) destinées au groupe. L'apprentissage mis en œuvre dans un écosystème apprenant peut être qualifié d'apprentissage ensemble. Il permet à un apprenant de construire ses connaissances à partir d'interactions avec son entourage et son environnement (documents, échanges, etc.). Lorsque l'écosystème apprenant exploite les TIC pour sa mise en œuvre, les espaces de partage constituent une mémoire de travail (documents, idées, connaissances, solutions, etc.) relatif au problème traité. Les interactions sont à l'origine de la création et/ou l'identification de

ressources pédagogiques au sein de ces espaces de partage (partage d'un document, réponse à une question, annotation d'un document, etc.). Ces ressources peuvent être jugées plus ou moins pertinentes selon l'apprenant et l'objectif visé. Les systèmes de recommandations ont pour objectif de proposer des ressources jugées pertinentes à un utilisateur en se basant sur des informations sur les utilisateurs et les ressources du système. Nous nous intéressons dans notre recherche aux systèmes de recommandation de ressources pédagogiques dans les Environnements Informatiques Pour l'Apprentissage Humain (EIAH), et plus particulièrement dans un écosystème apprenant qui se base sur les interactions sociales entre apprenants, afin de les guider dans leur apprentissage.

Dans la suite, nous énonçons notre problématique avant de présenter des travaux existants liés aux systèmes de recommandations auprès des apprenants. Nous détaillons alors notre approche de recommandation argumentée basée sur un système de vote sur la pertinence de ressources au sein d'une communauté d'apprenants. Nous illustrons nos travaux au sein de la plateforme MEMORAE en nous basant sur le modèle sous-jacent memorae-core2 que nous étendons. Nous concluons avant d'avancer des perspectives à ce travail.

2 Motivations

Un écosystème apprenant est un ensemble cohérent composé de biocènes de formation favorisant un « apprentissage ensemble » basé sur l'échange et le partage de connaissances et/ou de compétences pour mieux réussir un projet commun. Une biocène de formation est un moyen d'interagir avec le biotope ou environnement dans lequel les apprenants évoluent. Les biocènes de formation sont variées et profitent de l'avancée des technologies de l'information et de la communication. Au sein d'un écosystème apprenant, les apprenants peuvent être confrontés au partage de nombreuses ressources pédagogiques issues des différentes biocènes. Devant un nombre important de ressources pédagogiques, les apprenants peuvent se trouver perdus : quelles ressources consulter en priorité ? Les apprenants peuvent donc éprouver le besoin d'être aidés par des services leur permettant de choisir quelles ressources accéder pour atteindre leur objectif. Dans le cadre de nos travaux, nous nous intéressons à l'usage de systèmes de recommandation au sein d'écosystèmes apprenant afin d'aider les apprenants à accéder aux ressources pédagogiques servant leur objectif. Une ressource pédagogique peut être très variée selon la biocène utilisée : un site web, un livre, un support de cours, un jeu sérieux, une personne, une réponse à une question, etc. Elle peut être la trace d'une interaction (qui a fait quoi, quand, pourquoi et où) ou la production de cette interaction (la question posée, la réponse donnée, le document partagé, etc.). Nous avons choisi de développer notre système de recommandation en exploitant un modèle sémantique définissant un écosystème apprenant. Ce modèle doit prendre en considération un modèle des ressources pédagogiques, un modèle de l'apprenant, un modèle des traces d'interaction ainsi qu'un modèle de collaboration.

Afin de développer nos travaux, nous avons repris ceux effectués dans le cadre de l'approche MEMORAE. Cette dernière a permis de modéliser et concevoir une plateforme web permettant de gérer l'ensemble des ressources hétérogènes de connaissances circulant dans une organisation.

La plateforme, du même nom que l'approche, a été pensée et développée afin de faciliter l'apprentissage organisationnel et la capitalisation des connaissances à partir d'une modélisation sémantique : le modèle de collaboration memorae-core2. Elle exploite la puissance des nouvelles technologies support à la collaboration (technologies web 2.0.) et s'appuie sur les standards du web sémantique. Au sein d'un tel modèle, il est précisé QUI collabore sur QUOI, COMMENT et POURQUOI.

Le cœur de l'innovation concerne l'organisation autour d'une carte de connaissances de l'ensemble des ressources privées ou partagées, issues d'un processus formel ou informel au sein d'un groupe d'individus (équipe, service, projet, organisation, etc.). L'usage d'une carte sémantique permet de définir un référentiel commun dans lequel il est possible de

naviguer pour accéder aux ressources capitalisées dans différents espaces. Ces espaces sont visibles en parallèle et facilitent le transfert de connaissances entre individus.

Le modèle *memorae-core2* fait la distinction entre les acteurs du monde et les utilisateurs de la plateforme. Il permet ainsi de modéliser les différentes interactions pouvant être réalisées au sein de la plateforme : homme-système ou bien homme-homme via le système. Il permet également de modéliser le rôle des personnes qu'elles soient ou non des utilisateurs de la plateforme.

En ce sens, la plateforme MEMORAE peut être considérée comme un écosystème apprenant numérique voire plusieurs écosystèmes liés par le partage d'un référentiel commun.

Afin de mettre en place notre système de recommandation, nous avons commencé par raffiner le modèle de trace de collaboration proposé par (Wang et al, 2014) et validé par la plateforme MEMORAE (Abel, 2009) avec un certain nombre d'indicateurs d'apprentissage décrivant l'état des activités de l'apprenant et la progression de ses connaissances lorsqu'il interagit au sein d'une communauté d'apprenants. En fonction de ces indicateurs, des recommandations sont données à l'apprenant (Mediani et al, 2015). Ces recommandations consistent en des actions à effectuer avec des membres de sa communauté jugés experts dans le domaine de sa tâche.

Dans le cadre de cet article, nous nous intéressons à un autre type de recommandation à savoir : la recommandation des ressources pédagogiques jugées pertinentes par les apprenants de l'écosystème en utilisant un système de vote.

3 Travaux connexes

Les systèmes de recommandation ont pour objectif de générer des suggestions sur de nouveaux sujets ou de prédire l'utilité d'un sujet pour un utilisateur donné. Parmi les travaux qui ont été menés dans le contexte des EIAH afin de générer des recommandations pour soutenir les apprenants dans leur apprentissage, nous pouvons citer les travaux de (Peis et al., 2008) qui utilisent une approche basée sur le contenu : on recommande à l'utilisateur des sujets similaires à ceux qu'il a déjà appréciés. D'autres approches de recommandations collaboratives ont été utilisées. Elles sont basées sur les appréciations d'un ensemble d'utilisateurs sur les items et on distingue les approches basées sur les items (Sarwar, 2001) et celles basées sur les utilisateurs (Resnick et al, 1994). Des approches hybrides ont été aussi utilisées. Elles combinent de différentes manières les approches précédentes : (Berkani et al. 2012) combinent les approches de filtrage à base de contenu et collaboratif pour la recommandation personnalisée de ressources pédagogiques dans une Communauté de Pratique de E-learning. Dans le cadre de notre approche *Memorae*, (Li et al., 2012) définissent un modèle de trace original qui distingue les actions privées, individuelles, collectives et collaboratives. (Wang et al. 2014) définissent une méthode d'exploitation de ce modèle basé sur la méthode des TF-IDF pour calculer l'indice de compétence de chaque apprenant concernant un élément de connaissance donné et pour proposer un système de recommandation exploitant cet indice de compétence. (Mediani et al, 2015) ont raffiné le modèle de trace de *Memorae* par un certain nombre d'indicateurs d'apprentissage décrivant l'état des activités de l'apprenant et la progression de ses connaissances dans sa communauté d'apprenants pour suggérer des recommandations à l'apprenant. Ces recommandations consistent à suggérer à l'apprenant d'effectuer des activités avec des membres de sa communauté jugés experts dans le domaine de sa tâche.

4 La plateforme MEMORAE et la recommandation

La plateforme MEMORAE est un environnement de collaboration qui permet à plusieurs utilisateurs d'interagir simultanément avec l'environnement pour accéder aux concepts d'un

cours et aux ressources indexées par ces concepts définis au sein d'une carte de connaissance (Abel et Leblanc, 2009). L'environnement permet à chaque utilisateur de choisir d'accéder à différents espaces de partage de ressources : l'espace privé ou les espaces de groupes auxquels il appartient.

- L'espace privé : espace où l'apprenant peut référencer ses propres ressources. Le contenu de cet espace n'est accessible que par cet utilisateur.
- Espace de groupe : espace uniquement accessible par les membres du groupe associé. C'est au sein de cet espace que les membres partagent et échangent des ressources.

4.1 MEMORAe comme écosystème apprenant

L'écosystème apprenant MEMORAe a pour objectif d'aider l'apprenant utilisateur à appréhender les concepts d'une formation et à faciliter les échanges et le transfert de connaissances au sein de l'écosystème autour de ces concepts. Dans ce cadre, le contenu pédagogique d'une formation est composé d'une ontologie d'application et des ressources indexées par les concepts de cette dernière. Les concepts de l'ontologie d'application définissent formellement les notions à appréhender et permettent d'indexer les ressources pédagogiques les traitant contribuant ainsi à leur appréhension. Afin de mieux guider l'apprenant, nous avons fait le choix d'associer un attribut poids aux liens de spécialisation de la taxonomie de l'ontologie d'application. Un attribut poids permet de préciser le degré de contribution d'un concept dans l'appréhension de son concept père. La valeur de l'attribut poids est comprise entre 0 et 1, la somme des attributs poids associés aux liens de spécialisation d'un concept est quant à elle égale à 1. La Figure 1 illustre les poids définis dans le cadre de l'ontologie d'application du cours « Information Technology » enseigné à l'université de Sétif.

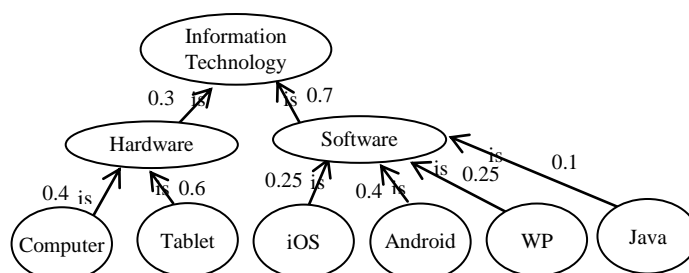


Figure 1 –Extrait de l'ontologie d'application « Information Technology » (Mediani et al., 2015).

Les activités de l'apprenant réalisées au sein de l'écosystème numérique MEMORAe sont sauvegardées dans une base de traces et classifiées en trois types de traces : (1) les traces privées enregistrent les activités que l'apprenant effectue dans son espace privé ; (2) les traces de collaboration enregistrent les activités effectuées par les apprenants dans leur espace de collaboration ; (3) les traces individuelles enregistrent les activités effectuées par l'apprenant dans ses espace privés et de collaboration. Pour chaque type de traces, nous avons trois types d'activités qui peuvent être menées par l'apprenant : les consultations de ressources pédagogiques (les documents), les créations de ressources (les conversations, les meetings, les questions, les réponses, les notes et les wikis) et les ajouts de ressources (documents et annotations).

Exemple : La Table 1 récapitule les activités réalisées par les apprenants de l'écosystème « groupe 1 » et concernant les différents concepts de la Figure 1. Pour un concept donné, chaque cellule du tableau représente le nombre d'activités réalisées par l'apprenant (C : Consultation, R : Création, A : Addition). Le nombre avant la parenthèse est la somme totale des activités réalisées par l'apprenant concernant ce concept.

Table 1. Tableau récapitulatif des actions des apprenants du groupe 1.

	Elsa	Jean-Paul	Ning	Marie-Hélène	Total
Java	0(0C,0R,0A)	0(0C,0R,0A)	0(0C,0R,0A)	0(0C,0R,0A)	0(0C,0R,0A)
WP	0(0C,0R,0A)	2(1C,1R,0A)	1(0C,0R,1A)	2(0C,1R,1A)	5(1C,2R,2A)
Android	4(1C,3R,0A)	8(4C,3R,1A)	3(1C,1R,1A)	5(4C,1R,0A)	20(10C,8R,2A)
Ios	5(2C,1R,2A)	0(0C,0R,0A)	5(2C,2R,1A)	1(0C,0R,1A)	11(4C,3R,4A)
Tablet	0(0C,0R,0A)	1(0C,1R,0A)	2(1C,0R,1A)	3(0C,2R,1A)	6(1C,3R,2A)
Computer	3(2C,0R,1A)	0(0C,0R,0A)	2(0C,0R,2A)	0(0C,0R,0A)	5(2C,0R,3A)
Software	4(2C,1R,1A)	0(0C,0R,0A)	4(1C,2R,1A)	3(1C,1R,1A)	11(4C,4R,3A)
Hardware	2(1C,1R,0A)	1(0C,1R,0A)	2(1C,0R,1A)	3(0C,2R,1A)	8(2C,4R,2A)
Info_Tech	1(1C,0R,0A)	1(1C,0R,0A)	1(1C,0R,0A)	1(1C,0R,0A)	4(4C,0R,0A)
Total	19(9C,6R,4A)	13(6C,6R,1A)	20(7C,5R,8A)	18(6C,7R,5A)	60(28C,24R,18A)

C : Consultation, R : Création, A : Addition.

4.2 Recommandation d'activités

Dans des travaux précédents (Mediani et al., 2015), nous avons raffiné le modèle de trace de collaboration de (Li et al., 2012), et repris par (Wang et al., 2014), par un certain nombre de mesures permettant de construire des indicateurs sur l'état de connaissances de l'apprenant et sur la progression de ses connaissances au sein d'un groupe dans une session d'apprentissage. Parmi ces paramètres, nous avons retenu le degré de maîtrise d'une connaissance représentée par un concept. Pour atteindre ces objectifs, nous avons adopté la démarche suivante : (i) proposer un modèle sémantique pour mesurer des indicateurs de la contribution de chaque apprenant au sein de son groupe, (ii) estimer ces indicateurs de contribution en prenant en compte les connaissances de l'apprenant ainsi que ses activités, (iii) proposer un ensemble de recommandations pour aider l'apprenant dans son apprentissage et le préparer pour une évaluation plus pertinente. On recommande à l'apprenant d'effectuer certaines activités avec des membres de son écosystème jugés experts dans le domaine de sa tâche. Pour mesurer ces indicateurs d'apprentissage, nous avons considéré que la maîtrise d'un concept C est liée aux activités réalisées, par l'apprenant dans son écosystème, concernant le concept C et les concepts SC spécialisant C. Pour chaque concept C, nous distinguons deux poids : P1 pour les activités concernant directement C et P2 pour les activités concernant les concepts SC spécialisant C. La somme des deux poids doit être égale à un. **Exemple** : $P1=0.6$, $P2=0.4$.

Nous avons associé également à chaque type d'activité un poids pris en compte dans le calcul du degré de maîtrise de ce concept par l'apprenant. La somme des poids des types d'activités doit également être égale à un.

Exemple : Pour un concept C, le poids de consultation $PC(C) = 0.2$, le poids de création $PR(C) = 0.5$ et le poids d'addition $PA(C)=0.3$. Ces poids peuvent varier d'un concept à l'autre.

4.3 La recommandation de ressources pédagogiques

Au sein de la plateforme MEMORAe il est possible de partager des ressources pédagogiques hétérogènes avec les membres d'un écosystème apprenant. Ces ressources peuvent présenter pour un même sujet un degré de pertinence variable. Ainsi un professeur faisant des groupes de niveau pour son cours pourra recommander un même tutoriel pour un même sujet avec un degré de pertinence différent selon le groupe de niveau : fortement recommandé pour un groupe faible et faiblement recommandé pour un groupe plus fort. Cette différence de recommandation devra être mise en œuvre au sein des espaces de partage associés aux deux écosystèmes. La ressource recommandée peut être de différentes formes comme par exemple la réponse à une question posée au sein de l'écosystème dans le cadre du

forum accessible dans l'espace de partage. Notre objectif est d'aider les apprenants dans leur choix de consultation et/ou les amener à se prononcer sur l'intérêt d'une ressource dans son écosystème. Il s'agit de construire de manière participative des éléments de réponse de façon à déterminer les ressources les plus pertinentes pour le concept qui les indexe et les plus adaptées au profil de l'utilisateur pour appréhender ce concept.

4.3.1 Le système de vote

Dans cette section, nous présentons la mise en œuvre d'un système de vote participatif dans le cadre d'un écosystème apprenant MEMORAE permettant de calculer un degré de pertinence d'une ressource pour un sujet/concept au sein de l'écosystème. Ce sont les membres d'un écosystème apprenant qui peuvent attribuer un degré de pertinence à une ressource partagée pour juger de sa pertinence pour l'appréhension du concept qui l'indexe. Ce degré peut prendre une valeur variant de 1 à 5 (1 : fortement recommandé, 2 : recommandé, 3 : indécis, 4 : faiblement recommandé, 5 : non recommandé). Le degré de pertinence final sera calculé en faisant la moyenne de tous les votes.

Dans le modèle memorae-core2 que nous avons étendu (cf. Figure 2), un vote est une ressource simple qui a pour cible un *indexkey*. Un *indexkey* est un concept faisant le lien entre une ressource pédagogique, un concept qui indexe cette ressource et un espace de partage où cette ressource est visible/partagée. De la sorte, il devient possible de voter pour le degré de pertinence d'une ressource pour une communauté (espace de partage) pour un concept particulier. La pertinence pourra changer en fonction du concept et cela même dans le même espace. Le livre L1 est très pertinent pour le concept C1 et moins pour le concept C2 et cela pour la même communauté. Le fait de voter se traduira par la création d'une ressource simple vote V1 par l'utilisateur U1 au sein de la plateforme ayant pour cible un indexkey K1. K1 fait le lien avec l'espace S1, le concept concerné et la ressource R1 évaluée.

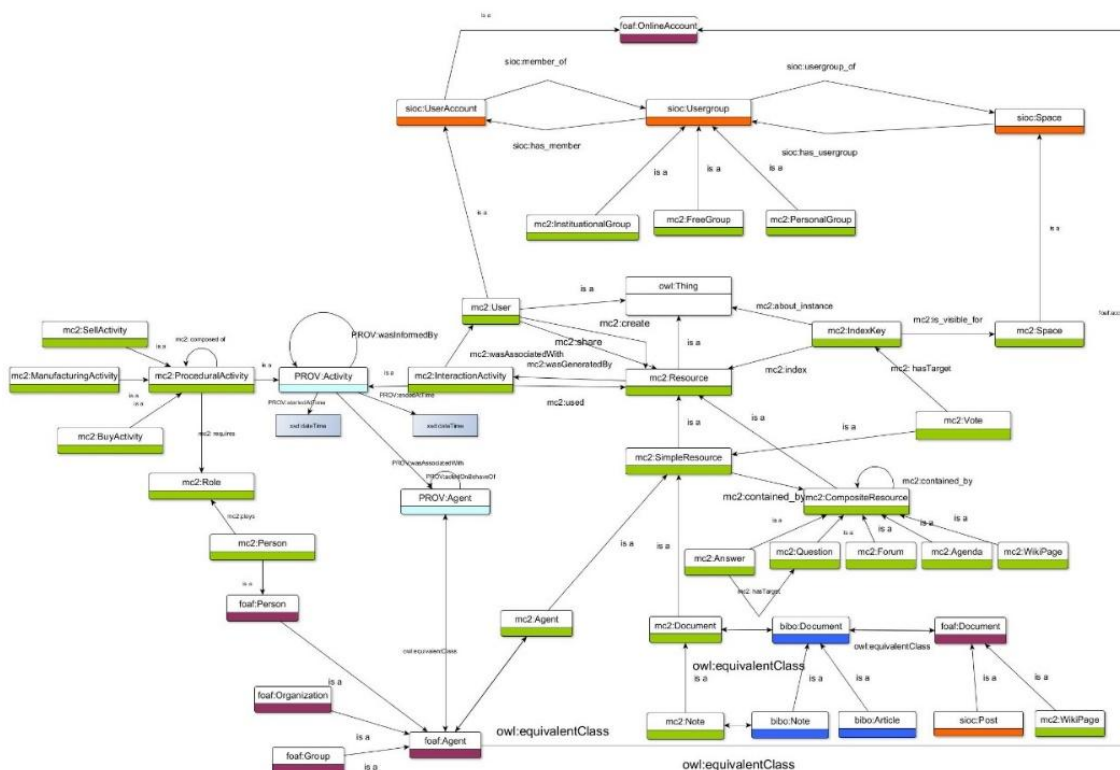


FIGURE 1 – Le modèle de memorae-core2

Concernant l'interface, nous avons ajouté un bouton de vote dans la fenêtre qui affiche les informations sur la ressource pédagogique (cf. Figure 2), mentionnant si l'utilisateur a voté ou non comme celui des annotations. La Figure 2 concerne le vote pour une ressource de type documentaire. Un clic sur le bouton Vote permet à l'utilisateur de :

- Voter sur la pertinence de la ressource en attribuant une valeur entre 1 et 5 si l'utilisateur n'a pas encore voté sur cette ressource.
- Modifier la valeur de son vote s'il a déjà voté et s'il veut changer d'avis.
- Visualiser la moyenne de vote, pour cette ressource, de tous les utilisateurs de cet espace de collaboration.

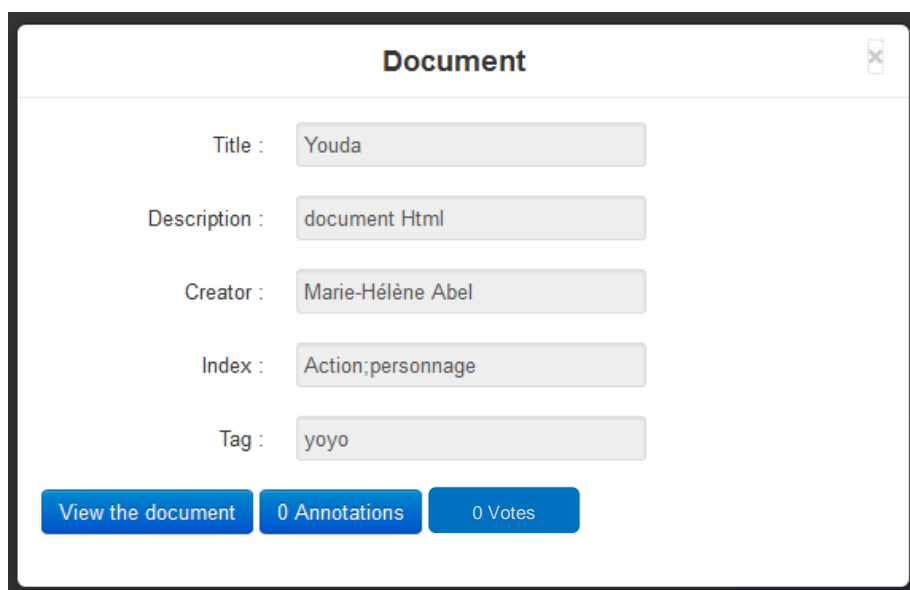


FIGURE 2 – Une ressource pédagogique de type « Document »

4.4 Le système de recommandation de ressources pédagogiques

Le système de recommandation que nous proposons est basé sur deux modèles : le modèle de l'apprenant/utilisateur et le modèle de contenu pédagogique et plus particulièrement la ressource pédagogique. Dans cette section, nous présentons brièvement les deux modèles ensuite nous présentons l'approche de recommandation de ressources pédagogiques.

4.4.2 Le modèle de l'apprenant

Le contenu pédagogique est décomposé en un ensemble d'éléments et le modèle de l'apprenant est représenté par un ensemble de valeurs mesurables associées à ces éléments. Ces valeurs varient entre 0 (non maîtrisé) et 1 (maîtrisé). Dans notre modèle, nous considérons que la maîtrise d'un concept C est liée aux activités réalisées concernant C et aussi concernant les sous concepts SC spécialisant C . Parmi ces indicateurs que nous avons utilisés dans (Mediani et al, 2015) pour mesurer le degré de maîtrise d'un concept : la contribution par les activités $AC(l, c, s)$, la contribution par les sous-concept $KC(l, c, s)$ et la contribution globale (degré de maîtrise) $KL(l, c, s)$ où l : représente l'apprenant et c : est un concept donné et s : est l'espace de partage.

Dans (Mediani et al., 2015), nous avons montré comment calculer les contributions des apprenants pour chaque concept de l'ontologie d'application de la Figure 1.

4.4.2.1 La contribution par les activités.

Pour un apprenant l dans un espace s , l'indice de la contribution par activité $AC(l, c, s)$ pour un concept c est calculé comme suit :

$$AC(l, c, s) = \sum_{k=1}^n P_c(k) * contribution_value_{(l,c,s)}(k) \quad (1)$$

Avec n : le nombre des types d'activités, dans notre cas $n=3$, et $P_c(k)$: le poids du type de l'activité k (consultation, création ou addition) pour le concept c .

$contribution_value(l, c, s)(k)$ est une fréquence relative estimée par le rapport entre le nombre d'activités de type k , concernant le concept c , réalisées par l'apprenant l au sein de son groupe s et le nombre de toutes les activités de type k , concernant le même concept c , réalisées par l'ensemble des membres du groupe s . $contribution_value$ est soit $consultation_value$, $creation_value$ ou $addition_value$.

Exemple : Pour le concept « Android », supposons que : $PC(\text{Android})=0.2$, $PR(\text{Android})=0.5$ et $PA(\text{Android})=0.3$. En utilisant la table 1, Marie-Hélène a effectué 4 activités de consultation, 1 création et 0 ajout dans le groupe 1. Donc :

$$Consultation_value(\text{Marie-Hélène}, \text{Android}, S1) = 4/10 = 0,400$$

$$Creation_value(\text{Marie-Hélène}, \text{Android}, S1) = 1/8 = 0,125$$

$$Addition_value(\text{Marie-Hélène}, \text{Android}, S1) = 0/10 = 0,000$$

Nous calculons donc la contribution par les activités de Marie-Hélène du groupe 1 pour le concept « Android » comme suit :

$$AC(\text{Marie-Hélène}, \text{Android}, S1) = 0.400*0.20+0.125*0.5+0.000*0.3 = 0.142$$

4.4.2.2 La contribution par les sous-concepts.

Pour un apprenant l de l'espace s , l'indice de la contribution par les sous-concepts k pour un concept c $KC(l, c, s)$ est égal à :

$$KC(l, c, s) = \sum_{k=1}^n P(k) * KL(l, k, s) \quad (2)$$

n est le nombre des sous-concepts k du concept père c . $P(k)$: le poids associé à chaque sous concept k (ces poids sont définis dans l'ontologie d'application). $KL(l, k, s)$ est le niveau de connaissance de l'apprenant l sur le concept k dans l'espace s .

Exemple : Le concept « Android » n'a pas de sous-concept donc :

$$KC(\text{Marie-Hélène}, \text{Android}, S1) = 0$$

Si $KL(\text{Marie-Hélène}, \text{Ios}, S1) = 0,075$, $KL(\text{Marie-Hélène}, \text{Android}, S1) = 0,142$, $KL(\text{Marie-Hélène}, \text{WP}, S1) = 0,400$ et $KL(\text{Marie-Hélène}, \text{Java}, S1) = 0,000$, alors en appliquant l'équation (2) :

$$KC(\text{Marie-Hélène}, \text{Software}, S1) = 0.25*0.075+0.4*0.142+0.25*0.400+0.1*0.000=0.159$$

4.4.2.3 La contribution globale (degré de maîtrise)

Le degré de maîtrise ou le niveau de connaissance de l'apprenant l sur le concept c $KL(l, c, s)$ est égal à :

$$KL(l, c, s) = P1 * AC(l, c, s) + P2 * KC(l, c, s) \quad (3)$$

$P1$ et $P2$ sont les poids associés aux deux contributions (*activities_contribution* et *knowledge_contribution*).

Exemple : Nous allons inférer le degré de maîtrise de Marie-Hélène pour le concept « Software ». Supposons, pour ce concept, que le poids P1 associé aux activités est égal à 0.6 et le poids P2 associé aux sous-concepts est égal à 0.4.

$$KL(\text{Marie-Hélène, Software, S1}) = P1 * AC(\text{Marie-Hélène, Software, S1}) + P2 * KC(\text{Marie-Hélène, Software, S1})$$

En appliquant l'équation (3) :

$$KL(\text{Marie-Hélène, Software, S1}) = 0.6 * 0.274 + 0.4 * 0.159 = 0.228$$

4.4.3 Le modèle de la ressource

Dans notre modèle de contenu pédagogique, une ressource est décrite par un ensemble de métadonnées : le titre, la description, le type, l'auteur, la langue, le format, la date de création, la date de modification, le domaine de connaissance, les mots clés et la difficulté. La ressource est indexée par les concepts de la formation et elle a un niveau de difficulté (faible, moyenne et haute). Ce niveau de difficulté est attribué par l'utilisateur qui a ajouté la ressource dans l'espace de partage et il est utilisé dans le filtrage de ressources selon le degré d'expertise de l'utilisateur. Dans notre système de recommandation, nous recommandons à l'utilisateur la ressource ayant le niveau de difficulté adapté à son degré de maîtrise.

Ici par exemple, nous montrons comment deux ressources « course1 » et « course2 » sont indexées par le même concept « Software », ayant le même niveau de difficulté (faible) et sont visibles dans le même espace de partage S1 du groupe 1. Ainsi, ces deux ressources ont deux *IndexKeys* Ik1 et Ik2 respectivement comme il est indiqué dans le tableau suivant :

Table 2. Tableau montrant deux *IndexKeys* différents.

Ik1: about_instance: Software; visible_for: S1; index : course1.	Ik2: about_instance: Software; visible_for: S1; index : course2.
---	---

Le 10 janvier 2016, **Elsa** a jugé « course1 » très pertinent pour appréhender le concept « Software » et a attribué un vote de valeur 1 au sein de l'espace de partage S1. En même temps, **Ning**, dans le même espace S1, n'était pas d'accord et il a voté 3 pour la même ressource. En outre, **Elsa** a attribué un vote de valeur 4 à la ressource « course2 » indexée par le même concept "Software" visible dans S1 car, selon elle, elle est beaucoup moins pertinente. Après ces trois activités, nous obtenons trois ressources de votes, comme il est indiqué dans le tableau Table 2 :

Table 2. Tableau montrant trois votes différents

Vote_1: Creator: Elsa Value_of_vote: 1 IndexKey; Ik1 Date: 10-01-2016	Vote_2: Creator: Ning Value_of_vote: 3 IndexKey; Ik1 Date: 10-01-2016	Vote_3: Creator: Elsa Value_of_vote: 4 IndexKey; Ik2 Date: 10-01-2016
---	---	---

Exemple : Dans l'exemple précédent, Marie-Hélène a un niveau de connaissance faible pour le concept « Software » : $KL(\text{Marie-Hélène, Software, S1}) = 0,228$. Les deux ressources « course1 » et « course2 » sont indexées par le même concept « Software », ayant

le même niveau de difficulté (faible) et sont visibles dans le même espace de partage S1 du groupe 1. La ressource « course1 » est recommandée à Marie-Hélène par le système de recommandation car elle a un niveau de difficulté faible et elle est mieux votée que la ressource « course2 ».

4.4.4 Le module de recommandation

Notre module de recommandation de ressources pédagogiques se base sur les liens sémantiques existant entre les concepts de la formation, les ressources indexées en tenant compte du degré de pertinence calculé, le niveau de difficulté qu'elles présentent et le modèle de l'apprenant. Ainsi pour un apprenant *ap* désirant appréhender une connaissance *c* ayant accès à l'espace de partage *s*, nous lui recommanderons des ressources du système qui sont :

- Indexées par le concept *c* et/ou les concepts *sc* spécialisant *c*.
- Accessible dans l'espace de partage de la communauté à laquelle appartient *ap*.
- Ayant une valeur de vote supérieure à un seuil (elle a été jugée pertinente par les membres de la communauté).
- Ayant une difficulté adaptée au degré de maîtrise de l'apprenant *ap* pour le concept *c* qui indexe cette ressource.

Formellement une recommandation *R* consiste en une proposition d'une ou plusieurs ressources pédagogiques.

$$R = \langle l, c, s, (r_1, r_2, \dots, r_n) \rangle$$

- *l* : l'apprenant tracé.
- *s* : l'espace de travail.
- *c* : le concept concerné par la recommandation.
- (r_1, r_2, \dots, r_n) : l'ensemble des ressources de l'espace *s* qui sont jugées pertinentes pour le concept *c* et sont adaptées au profil de l'apprenant.

L'algorithme suivi est :

Input : *V*: Averages votes of the pedagogical resources, *l* : Learner, *s* : Space, *c* : Concept, *votemin*: minimum value of vote, *RB* : list of recommended resources.

Output : *RB* : list of recommended resources.

```

KL := calculate_Knowledge_Level(l, c, s)
RES := search_resources(c, s)
For all resource ri of RES do
  If (V(ri) > Votemin) then
    Adapted := check_difficulty(ri, KL)
    If Adapted then
      Add(<l, c, s, ri>, RB)
    EndIf
  EndIf
EndFor
CO := search_sub_concepts(c, s)
For all sub-concept cj of CO do
  KL := calculate_Knowledge_Level(l, cj, s)
  If KL < ε then
    RES := search_resources(cj, s)
    For all resource ri of RES do
      If (V(ri) > Votemin) then
        Adapted := check_difficulty(ri, KL)
        If Adapted then
          Add(<l, cj, s, ri>, RB)
        EndIf
      EndIf
    EndFor
  EndIf
EndFor

```

```
EndIf
EndFor
EndIf
EndFor
End.
```

calculate_knowledge_level(l,c,s) : est une fonction qui calcule le niveau de connaissances (degré de maîtrise) de l'apprenant l sur le concept c visible dans l'espace de partage s. Sa valeur varie entre 0 (non maîtrisé) et 1 (maîtrisé).

search_ressouces(c,s) : est une fonction qui a pour résultat la liste des ressources pédagogiques indexées par le concept c visible dans l'espace de partage s.

search_sub_concept(c,s) : est une fonction qui a pour résultat la liste des sous concepts du concept c visible dans l'espace de partage s.

chech_difficulty(r,KL) : est une fonction qui vérifie si le niveau de difficulté KL de la ressource r est adapté au niveau de connaissances de l'apprenant. **Exemple:** une ressource de faible difficulté est adaptée à un faible niveau de connaissances ($0 \leq KL \leq 1/3$).

Pour une certaine ressource indexée par le concept c ou les concepts sc spécialisant c, lorsque la moyenne de vote de tous les utilisateurs de l'espace de partage est supérieure à un certain seuil et le niveau de difficulté de cette ressource est adapté au degré de maîtrise de l'utilisateur, on recommande cette ressource à l'apprenant.

Notre système de recommandation permet d'exploiter les indicateurs d'apprentissage décrivant l'état des activités de l'apprenant et la progression de ses connaissances dans sa communauté d'apprenants pour suggérer des recommandations à l'apprenant. Ces recommandations consistent à suggérer à l'apprenant des ressources jugées pertinentes par les membres de sa communauté et qui s'adaptent au mieux à son niveau de connaissance. Si par exemple l'apprenant a un niveau de connaissance moyen, on lui recommande des ressources pédagogiques de difficulté moyenne.

5 Conclusion

Dans le cadre de nos travaux nous nous intéressons aux écosystèmes apprenants. Un écosystème apprenant est un ensemble cohérent composé de biocènes de formation favorisant un « apprentissage ensemble » basé sur l'échange et le partage de connaissances et/ou de compétences pour mieux réussir un projet commun. Les biocènes de formation sont variés et profitent de l'avancée des technologies de l'information et de la communication. Ainsi, la plateforme MEMORAe est un environnement de collaboration organisé autour d'un ensemble d'écosystèmes apprenants partageant des ressources pédagogiques issues de biocènes de formation. Bien que partagées, ces ressources peuvent présenter un degré de pertinence plus ou moins fort selon les membres de l'écosystème et l'objectif visé. Dans cet article nous avons montré pourquoi et comment nous avons mis en place une aide au choix de consultation de ressources pédagogiques au sein d'un écosystème apprenant. Nous avons décidé d'exploiter une modélisation sémantique sur laquelle s'appuie un système de recommandation. La modélisation sémantique est sous-jacente à l'écosystème apprenant numérique que nous visons. Elle distingue principalement les ressources pédagogiques, les apprenants, la collaboration et permet de distinguer qui collabore sur quoi, pourquoi et comment. De façon à permettre d'argumenter la recommandation d'une ressource pédagogique au sein d'un écosystème, nous avons mis en place un système de vote qui permet de préciser l'intérêt d'une ressource selon un sujet et une communauté d'apprenants. Le module de recommandation établi exploite les votes, la description de la ressource ainsi que le modèle de l'apprenant.

Ce travail a été réalisé au sein de la plateforme MEMORAe et a repris et étendu le modèle memora-core2. Nous planifions de tester l'écosystème apprenant numérique obtenu auprès

des étudiants de l'université de Sétif suivant le cours « Information Technology ». Une amélioration du module de recommandation en cours de réalisation concerne l'ajout d'une pondération sur un vote. Le vote d'un apprenant averti, selon le contexte, n'aura pas le même poids qu'un apprenant débutant. Afin d'offrir une argumentation plus fine, nous travaillons également à mieux exploiter le modèle de l'apprenant notamment en considérant les compétences et connaissances qu'il possède.

Références

- Abel, M. H., Leblanc, A.: Knowledge Proc of sharing via the E-EMORAE2.0 platform. In: the International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management & Organizational Learning, (2009) 10-19.
- Berkani, L., Nouali, O., Chikh, A. : Recommandation personnalisée des ressources dans une communauté de pratique de e-learning. Une approche à base de filtrage hybride. INFORSID, (2013) 131-138.
- Ficheman, I.K., Lopes, R.D. : DIGITAL LEARNING ECOSYSTEMS: Authoring, Collaboration, Immersion and Mobility. IDC '08 Proceedings of the ACM 7th international conference on Interaction design and children, New York, NY, USA, (2008) 9-12.
- Li, Q., Abel, M.H., Barthès, J.P.: Facilitating Experience Groups Sharing -Collaborative Trace. Proceeding of Reuse Exploitation. and In: International Conference on Knowledge Management and Information Sharing, (2012) 21-30.
- Mediani, C., Abel, M. H., Djoudi, M.: Towards a Recommendation System for the Learner from a Semantic Model of Knowledge in a Collaborative Environment. 5th IFIP TC 5 International Conference, CIIA 2015, Saida, Algeria, May 20-21, 2015, Proceedings. IFIP Advances in Information and Communication Technology 456, Springer 2015, ISBN 978-3-319-19577-3, (2015) 315-327.
- Peis E., Morales-del-Castillo J. M., Delgado-López J. A. : Semantic Recommender Systems. Analysis of the state of the topic, *Hipertext.net*, n° 6, (2008).
- Petterson, O., Svensson, M., Gil, D., Andersson, J., Milrad, M. : On the Role of Software Process Modeling in Software Ecosystem Design. ECSA '10 Proceedings of the ACM Fourth European Conference on Software Architecture, New York, NY, USA, (2010) 103-110.
- Resnick, P. Iacovou, N. Suchak, M. Bergstrom, P., Riedl, J. : GroupLens: an open architecture for collaborative filtering of netnews. Proceedings of the ACM conference on Computer supported cooperative work, New York, NY, USA, (1994)175–186.
- Sarwar, B., Karypis, G., Konstan, J., Reidl, J. : Item-based collaborative filtering recommendation algorithms. Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web, New York, NY, USA, (2001) 285–295.
- Wang, N., Abel, M. H., Barthès, J.P., Negre, E.: Towards a Recommender System from Semantic Traces for Decision Aid. KMIS, Rome (2014) 274-279.