

Environnement d'apprentissage flexible pour la génération dynamique de documents pédagogiques éphémères

Flexible learning environment for the dynamic generation of ephemeral teaching documents

Ouarda Oualhi * & Mohamed Tayeb Laskri

Laboratoire de Recherche en Informatique (LRI), Département d'informatique,
Faculté des sciences de l'ingénierie, Université Badji Mokhtar, BP 12, 23000, Annaba, Algérie.

Soumis le : 15/02/2017

Révisé le : 23/06/2017

Accepté le : 04/07/2017

ملخص :

من الواضح أن أسلوب التعلم الجديد هو جزء من التحديات المقبلة للتعليم والاقتصاد الجديد. و بالتالي، يجب أن تكون عملية التعلم على المقاس، سريعة، و في الوقت المناسب.. كما يجب أن تكون هذه العملية مكيفة مع المستوى المعرفي واهتمامات المتعلمين. في هذه المقالة نقدم نظام نمذجة دروس رقمية غير ثابتة (للاستعمال الآني) "DARSI_E". من خلال شبكة الإنترنت، والتي تحتل عدد لا حصر له من الخدمات والوثائق في متناول جميع المستخدمين. معظم الخدمات المقدمة حاليا والوثائق على شبكة الإنترنت تقدم تنظيم، المحتوى، وطريقة فريدة للتفاعل والعرض لجميع المستخدمين. قد يكون هذا كافيا في بعض الحالات. ولكن جميع المستخدمين ليست مهتمة بنفس المعلومات وليس لديهم نفس التوقعات، والمعارف، والمهارات، والمصالح، وما إلى ذلك. هذا هو الحال في نظام التعليم الإلكتروني حيث نحاول تكيف الوثيقة التعليمية مع المستوى المعرفي واهتمامات المتعلمين، وتوفير فرص للمعلمين لإعادة استخدام المحتوى، والجمع بين ذلك مع محتويات أخرى لبناء وثيقة تعليمية جديدة. الفكرة السائدة في نهجنا هو، من تجميع مجموعة من قطع صغيرة من المواد التعليمية، واصفا مضمونها وخصائصها (التعليمية والتقنية والمادية) وترابطها لإنتاج، بصفة ديناميكية، ما يسمى وثيقة التشاركية التي سيتم تحليلها باستخدام محلل التكيف الديناميكي لإنتاج العديد من الوثائق الفعلية الصادرة للمتعلمين المهتمين بنفس الهدف التعليمي، ولكن لكل واحد له نمط من أنماط التعلم وأفضليات مختلفة.

الكلمات المفتاحية: تدريس المواد، التكيف الديناميكي، تجميعا، المحتوى، وثيقة التشاركية، دلالات الويب.

Résumé

Il est clair que les nouveaux style d'apprentissage font partie des prochains défis de l'éducation et de la nouvelle économie. Ainsi, les processus d'apprentissage doivent être rapides, justes à temps et sur mesure. Aussi l'apprentissage doit être un service en ligne personnalisé. Dans ce papier, nous présentons notre Environnement de modélisation d'hyperdocuments pédagogiques éphémères, baptisé E_DARSI. L'idée dominante de notre approche consiste, à partir d'une agrégation d'un ensemble de petits Fragments de Documents Pédagogiques FDP, que nous allons justifier leurs granularités, annotés sémantiquement, de produire des documents personnalisables éphémères, de fournir plusieurs modes d'accès au contenu : mode cours, mode concept et mode requête. Ce qui permettra de produire ce que l'on appelle document participatif qui sera construit par un parseur d'adaptation dynamique afin d'en produire plusieurs facettes de documents réels, délivrés à des apprenants, intéressés par le même objectif d'apprentissage, mais présentant chacun différents styles d'apprentissage et des préférences.

Mots-clés. Adaptation dynamique, document participatif, document pédagogique, FDP, granularité, web sémantique.

Abstract

It is clear that new learning styles are part of the next challenges of education and the new economy. Thus, learning processes need to be fast, just in time and tailored. Also, learning must be a personalized online service. In this paper, we present our modeling environment for ephemeral teaching materials called E_DARSI. The main idea of our approach consists, starting from an aggregation of a set of Small Fragments of Pedagogical Documents FDP, that we will justify their granularities, semantically annotated to produce ephemeral customizable documents, to provide several access modes To the content: course mode, concept mode and request mode, which will produce what is called a participatory document that will be drawn by an adaptation parser Dynamics in order to produce several facets of real documents delivered to learners interested in the same learning objective, but each with different learning styles and preferences.

Keywords. Dynamic adaptation, participatory document, pedagogical document, FDP, granularity, semantic web.

* Auteur correspondant : oualhi_ouarda@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

La personnalisation de la formation en ligne est certes l'un des aspects les plus prometteurs mais aussi les plus difficiles à mettre en œuvre en pratique. Les Technologies de l'Information et la Communication (TIC) offrent des outils appréciables pour réaliser des applications, à caractère pédagogique permettant ainsi de fournir un apprentissage « sur mesure » aux apprenants [1, 2]. Dans ce contexte, cet article présente un modèle d'Environnement de moDéliSation d'hypeRdocuments pédagogiques éphémères baptisé E_DARSI. L'idée de base est d'utiliser les outils du web sémantique afin de produire un document participatif, pour un objectif pédagogique précis et un profil utilisateur. Ce document participatif sera pioché par un parseur d'adaptation dynamique afin de produire, de manière dynamique, différents documents pédagogiques adaptatifs flexibles par utilisation de Fragments de Documents Pédagogiques (FDP) variant, en fonction des préférences et des contraintes utilisateurs.

Dans ce papier, nous présentons notre vision sur la notion de Fragment de Document Pédagogique (FDP) granulaire et son intérêt pour une adaptation plus fine grâce à un processus de caractérisation se basant sur des ontologies, puis ce que représente un document participatif, dans notre approche, et sa relation avec les facettes de documents réels. Nous donnons une vue d'ensemble sur l'apport du web sémantique aux applications E-learning, nous présentons ensuite notre approche de E_DARSI qui tire profit des avancées du web sémantique et qui permet de produire à la demande de l'utilisateur et de manière dynamique un document pédagogique adaptatif/adaptable (flexible), en ligne, qui répond à un besoin d'interactivité/consultation et qui est généralement éphémère.

Le reste de l'article est structuré comme suit : la section 2 présente le concept de granularité, une synthèse des approches existantes les plus notables, ainsi que notre manière de définir un niveau adéquat de granularité, en se basant sur la notion principale de Fragment de Document Pédagogique (FDP) qui correspond à la notion d'objet pédagogique. La section 3 décrit brièvement les propriétés des FDPs. La section 4 montre la façon d'indexer les FDPs. La section 5 est consacrée aux apports du web sémantique pour le e-learning. Dans la section 6, nous détaillons notre approche qui cible le document pédagogique adaptatif/flexible dont la particularité est d'être généré dynamiquement. La section 7 concerne la mise en œuvre du document participatif au document réel. Elle décrit le modèle de gestion de documents pédagogiques en ligne du système d'apprentissage flexible, que nous mettons en œuvre pour obtenir plusieurs facettes de documents réels respectant les objectifs fixés. Enfin, une conclusion et quelques perspectives sont définies dans la section 8.

2. COMMENT DEFINIR UN NIVEAU ADEQUAT DE GRANULARITE?

Les éléments sujets à l'adaptation sont les informations manipulées et transformées afin quelles soient adaptées à l'utilisateur. Ces informations peuvent être de différente granularité.

D'après la littérature, nous avons deux grandes approches.

La première approche, soutenue par plusieurs chercheurs notamment (Wiley, [3]; South et al, [4]; Mortimer, [5]; Balatsoukas et al, [6], Julia Shishkovskaya et al, [7]), est centrée sur le contenu. La granularité d'un Objet Pédagogique (OP) est liée au nombre de concepts combinés dans cet OP.

Un OP est dit granulaire et par conséquent a un très grand potentiel de réutilisation s'il contient un seul concept de base.

La deuxième approche, soutenue par plusieurs spécifications et organismes de normalisation (IMS Global Learning Consortium, IEEE LTSC, etc), se base sur une définition de la granularité centrée sur les médias. La granularité d'un OP est directement liée aux médias qui représentent les plus petites unités qui vont être combinées pour créer des OPs plus grands. Cette approche utilise la notion de niveau d'agrégation au lieu de granularité et propose des modèles de contenus pédagogiques qui fournissent un moyen pour définir la structure, c'est-à-dire le niveau d'agrégation des objets pédagogiques. Dans ce qui suit, nous allons détailler ces deux approches dans une perspective comparative.

2.1. Granularité centrée contenu

Cette approche est essentiellement soutenue par Wiley et South. La granularité, pour cette approche, est basée sur le contenu. Pour Wiley, la granularité d'un OP dépend étroitement du contexte dans lequel cet OP sera inséré. Déterminer le niveau de granularité d'un OP est une relation semi linéaire entre la taille d'un OP et la complexité relative au contenu pédagogique dans lequel cet OP est inséré. Dans ce même sens, South définit la granularité en termes de contenu du domaine d'un OP, ce qui suggère que les objets ont le plus grand potentiel de réutilisation quand ils sont centrés sur un seul concept fédérateur. D'autres auteurs tels que Polsani et al, [8] affirment que la granularité dépend de la taille d'un OP. Mais la taille désignée par cet auteur ne peut être comptabilisée en termes d'octets ou de temps d'exposition d'un OP. La taille ici correspond au nombre d'idées/concepts qu'un OP peut

transmettre. Un OP doit transmettre une ou peu d'idées. Dans le cas où un OP consiste en plusieurs idées, une de ces idées peut être principale et les autres dérivent ou dépendent directement de celle-ci. La «granularité fine» consiste alors à considérer le concept d'idée comme principe fédérateur, ce qui permet de libérer l'OP de toute considération liée à la taille tels que le temps ou la subjectivité du concepteur.

Limite de la première approche

Pour la première approche, centrée contenu, elle définit la granularité d'un OP en se basant sur le nombre de concepts et d'idées combinés dans cet OP sans apposer aucune restriction sur ce nombre ni le type (complexe, facile, peu complexe). En effet, un concept d'un domaine donné peut contenir plusieurs idées avec différents niveaux de complexité. Ce qui permet plusieurs autres possibilités de découpage de ce concept en sous-concepts ou idées simples. Par ailleurs, cette approche ne prend pas en considération la présentation d'un OP qui peut contenir différents formats c'est-à-dire qu'un OP peut contenir en même temps du texte, image, vidéo, etc., puisqu'il n'y a pas de restriction ni sur la présentation ni sur le contenu de l'idée à présenter. A notre avis cette approche ne permet pas de définir la granularité fine que nous cherchons à atteindre pour assurer une meilleure adaptabilité/réutilisabilité de contenu pédagogique.

2.2. Granularité centrée média

Comme nous l'avons mentionné auparavant, cette approche utilise la notion de niveau d'agrégation au lieu de granularité et propose des modèles de contenus pédagogiques qui fournissent un moyen pour définir la structure d'un contenu pédagogique. Prenons comme exemple SCORM, qui définit une structuration selon trois niveaux d'agrégation (Cf. Figure 1), en précisant trois composantes principales : *les assets*, *les SCOs* (Shareable Content Object) et *les CO* (Content Organization).

Un asset représente la plus petite pièce réutilisable d'un contenu pédagogique. Les assets peuvent être des pages Web, des animations, images, vidéos, etc. Un SCO est une entité (ou grain) de contenu qui possède un sens pédagogique, qui peut être réutilisée dans d'autres contextes et qui est reconnaissable par une plate-forme supportant SCORM. Un SCO peut être composé de plusieurs assets. Un CO permet de représenter la structure des contenus. Il réunit les ressources pédagogiques dans un *package* pour constituer une activité pédagogique.

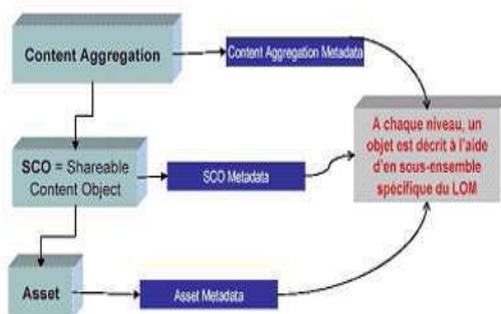


Figure 1 : Le modèle de contenu SCORM .

Limite de la deuxième approche

En ce qui concerne la deuxième approche, chaque modèle est un profil spécifique. Un OP définit dans un modèle ne peut être réutilisé dans un autre modèle. Pour le modèle SCORM, il présente trois niveaux : les Assets, les SCO et les CO. Les Assets et les SCOs répondent plus au moins aux critères de réutilisabilité, contrairement aux COs qui ne peuvent pas être réutilisables vu qu'ils dépendent d'un ensemble de règles de séquençement et de navigation. En outre, SCORM ne prescrit ni la taille ni le contenu d'un SCO.

2.3. Notre approche de FDP granulaire

Contrairement à ces travaux, nous entendons par grain de connaissance, non pas une portion de texte d'un cours linéaire mais une notion à appréhender.

Notre vision de la notion de granularité s'est inspirée de plusieurs approches de granularité des objets pédagogiques. Elle prend en compte les critères de taille en termes de temps d'exécution, d'idées

porteuses de sens, et de médias. En outre, nous proposons une structuration sémantique des contenus pédagogiques.

Pour cette approche, la notion principale est le **Fragment de Document Pédagogique FDP** qui correspond à la notion d'objet pédagogique. Il peut être une introduction, une définition, un exercice, une évaluation, une remarque etc. Chacun de ces FDPs granulaires est présenté par des briques multimédias : texte, image, son, vidéo, simulation, animation, etc. Un FDP a une taille en termes de temps d'exécution ou de consultation de la brique multimédia correspondante [9] [10]. Le temps d'exécution/consultation d'un fragment ne doit pas dépasser 5 minutes au pire (dans le cas d'un apprenant ayant des difficultés dans la lecture). En outre, il doit transmettre une idée simple et porteuse de sens et il est décrit par différentes briques multimédia, correspondantes chacune à un niveau (expert, moyen, faible) pour assurer une meilleure adaptabilité et élargir le public cible.

En effet, à notre avis une granularité fine consiste à combiner à la fois le concept de sens en termes d'idée portée par le FDP, la taille et le type de media comme principe fédérateur. La notion de FDP que nous utilisons est concrète. Elle correspond à la notion de brique multimédia auquel on ajoute un objectif pédagogique et une description sémantique. Ainsi, nous pouvons avoir des objets pédagogiques dont la taille est très petite, mais qui ont une densité sémantique très élevée.

L'approche que nous avons adoptée se situe entre plusieurs approches, elle propose une agrégation fonctionnelle composée de trois principaux niveaux : cours, documents, et fragments.

Il s'agit en fin de compte d'objets multimédias stockés sous formes de fichiers textes vidéos, images, son etc., pouvant intervenir, seuls ou combinés avec d'autres objets, dans différentes activités pédagogiques.

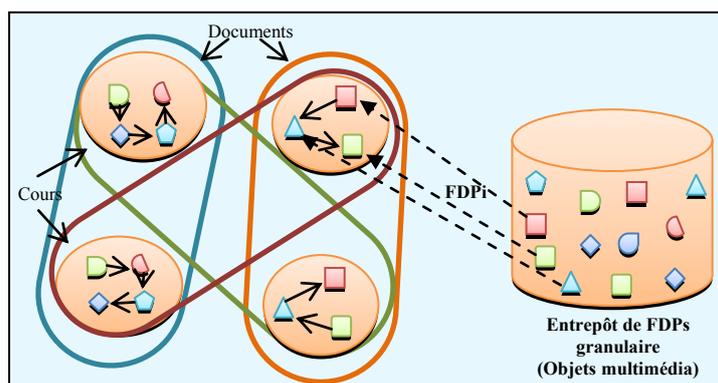


Figure 2 : modèle d'agrégation fonctionnelle proposé

Les FDPs granulaires correspondent aux Assets de SCORM et aux objets multimédia de LOM, mais en supprimant l'instance liée à une page web, qui n'est pas considérée comme assez fine puisqu'elle peut présenter plusieurs idées et avoir une grande taille. Les FDPs dans notre modèle (introduction, définition, exemple, exercice, paragraphe, remarque, évaluation, synthèse, ou illustration, etc.) peuvent correspondre à la notion de RIO (Reusable information objet) définie dans le modèle CISCO sauf que chaque niveaux d'agrégation des RIO dans CISCO est considérée comme objet pédagogique ceci élargi la portée d'un OP et réduit la réutilisation dans le système, chose que nous avons écarté dans notre contribution.

Les briques sont étroitement associées aux fragments. Ainsi, une définition peut être matérialisée par un texte, une image, une vidéo, un son, etc. Cela permet d'augmenter les capacités d'adaptabilité dans la mesure où le choix des fragments dépend des préférences des apprenants. De plus, les FDPs sont associées aux concepts du domaine grâce aux ontologies définies. Le choix d'un FDP dépend de l'état d'avancement d'un apprenant (concepts acquis, etc.), de ses préférences et de ces acquis antérieurs (dans le cas d'une formation). Par ailleurs, le niveau sémantique lié à l'indexation permet de faciliter l'entreposage et l'amélioration de la recherche de FDPs répondant à une situation donnée.

L'utilisation de ces FDPs variant, et leurs multiples structures combinatoires, permet d'obtenir une adaptation plus fine car on peut effectuer des opérations d'adaptation sur chaque fragment ou sur un ensemble de fragments.

3. PROPRIETES DES FDPs GRANULAIRES

De plus, les FDPs ont les propriétés suivantes :

- **Autonomie** : chaque FDP peut être utilisé indépendamment des autres ;
- **réutilisabilité/granularité** : les FDPs doivent être assez ciblés pédagogiquement afin qu'ils puissent être réutilisés dans des contextes différents et dans des buts multiples ;
- **agrégation** : les FDPs peuvent être regroupés dans des ensembles y compris pour des cours traditionnels ;
- **indexation** : chaque FDP est muni d'une description permettant de le retrouver facilement.
- **pédagogique** : ces FDPs peuvent être utilisés seuls pour présenter une notion, ou combinés avec d'autres pour être utilisés dans un cursus d'apprentissage, évaluer un apprenant, etc.

Les FDPs permettent un apprentissage :

- **sans superflu**: si vous avez besoin d'une fraction de cours, vous pouvez vous limiter aux FDPs correspondants
- **au moment voulu** : comme les FDPs sont indexés, on peut les retrouver instantanément ;
- **sur mesure** : les FDPs permettent une personnalisation des cours à l'échelle d'une organisation ou de chaque personne.

Ainsi, un FDP représente une particule élémentaire de granularité fine qui doit être suffisamment longue pour être expressive et suffisamment courte pour être réutilisable. [11].

4. INDEXATION DES FDPs

Une granularité fine permet aussi d'annoter sémantiquement les différents grains, ce qui permet d'augmenter les possibilités de trouver des éléments adaptés à une situation précise.

Or, FDP non indexé est un objet qui ne sera pas retrouvé et qui ne pourra pas être réutilisé. Cette étape d'indexation est donc indispensable. Dans ce papier nous n'allons pas expliciter les ontologies utilisées en détail, mais juste les types utilisés.

4.1. Des ontologies pour l'indexation des FDPs

L'ontologie permet l'organisation du matériel d'apprentissage autour de petites pièces d'objets d'apprentissage sémantiquement annotés (enrichis) [12]. Les items peuvent être facilement organisés en des cours d'apprentissage (rapide et juste à temps) et livrés, à la demande, à l'utilisateur selon son profil et les besoins d'affaire (pertinence). Un FDP doit être indexé selon une ontologie de domaine et une autre pédagogique [13] :

1. L'indexation domaine vise à indexer par les concepts du domaine les FDPs qui y font référence. Une ontologie de domaine permet de réutiliser des modélisations déjà faites, construire des cours cohérents à partir d'un même ensemble de concepts. Ainsi un concept du domaine peut être représenté par plusieurs FDPs variants.
2. L'indexation selon le point de vue pédagogique permet d'associer à chaque FDP un objectif, un type de tâche d'apprentissage (exercice à résoudre, définition à lire, etc.), un type cognitif (définition, introduction, exemple, etc.). Une ontologie pédagogique permet de marquer et réutiliser des FDPs présentant des propriétés pédagogiques déjà répertoriées.

L'utilisation d'ontologies, pour la description sémantique des FDPs permet de :

- Fixer un vocabulaire commun permettant une meilleure communication avec les différents utilisateurs des ressources,
- Créer des qualifications des ressources précises grâce à un vocabulaire riche dont les termes sont ordonnés sémantiquement,
- Proposer à l'utilisateur de choisir des valeurs dans une liste donnée ce qui évite la saisie au clavier et par suite le risque de faute de frappe, lors de la phase de saisie des métadonnées et de recherche des ressources.

En outre, l'utilisation d'ontologies permet lors d'une recherche de trouver des ressources en élargissant la requête de l'utilisateur, grâce à un mécanisme d'inférence qui exploite les relations sémantiques entre les concepts de l'ontologie afin de permettre le remplacement des termes de la requête par des concepts sémantiquement liés à ces derniers, en autorisant des inférences diminuant le bruit et augmentant la pertinence.

Exemple :

Prenons le cas d'une simple conversation entre un étudiant et un enseignant :

- « Vous pouvez me conseiller un livre sur les équations différentielles ? »
- « Il y a le manuel de cours du professeur Carman sur l'analyse à la bibliothèque. »
- « Merci »

Dans une conversation aussi banale, l'étudiant a généralisé sa requête au concept de « livre », qui représente la catégorie la plus abstraite recouvrant toutes les informations de réponses acceptables pour lui. L'enseignant, sans même y prêter réellement attention, a utilisé sa taxonomie de concepts pour en déduire qu'un « manuel de cours » est un « livre », que les « équations différentielles » font partie de « l'analyse » et que par conséquent sa réponse est pertinente. Le fait que la taxonomie soit partagée apparaît implicite puisque le professeur suppose que sa réponse sera comprise et qu'elle est effective. [14].

5. APPORTS DU WEB SEMANTIQUE POUR LE E-LEARNING

La propriété clé de l'architecture du Web Sémantique (sens partagé commun, métadonnées traitables par les machines), offerte par un ensemble adéquat d'agents, apparaît suffisamment puissante: rapide, juste à temps et apprentissage pertinent que nous avons illustrés en introduction. Le matériel e-learning est sémantiquement annoté et pour de nouvelles demandes, il peut être facilement combiné en un nouveau cours d'apprentissage. Selon ses préférences, un utilisateur peut facilement trouver le contenu d'apprentissage utile. Le processus est basé sur les requêtes Web Sémantique et la navigation à travers le matériel d'apprentissage activée par un background ontologique [15].

De ce fait, le Web Sémantique peut être traité comme une plateforme adéquate pour implémenter un système e-Learning, du moment qu'il fournit tous les moyens pour le développement d'une ontologie (d'apprentissage), l'annotation basée ontologie du matériel d'apprentissage, leur composition dans des cours et la livraison active des cours à travers des portails d'apprentissage. Ainsi, la valeur ajoutée du web sémantique se résume en :

- Améliorer la précision de la recherche d'information
- Partage/réutilisation
- Automatisation de certains processus pour aider l'utilisateur dans sa tâche
- La création de services intelligents

6. NOTRE APPROCHE

Dans le cadre de notre approche, nous nous intéressons au document pédagogique adaptatif/flexible dont la particularité est d'être généré dynamiquement à la demande d'un utilisateur en fonction de ses besoins, son profil, ses préférences etc. Pour l'adaptabilité des documents pédagogiques, notre système propose une approche basée sur la production du document participatif. Celui-ci comporte en plus de la matière d'apprentissage, l'expertise de l'enseignant et les règles pédagogiques. Ces dernières sont exprimées sous formes de critères de sélection, filtrage et organisation des différents FDPs constituant l'espace sémantique du document. Le document participatif permet à son tour de produire plusieurs facettes de documents réels en fonction du modèle apprenant et le but de l'apprentissage (consultation ou formation).

Cette démarche de production du document participatif puis le document réel (pour un processus de consultation ou un processus de formation) rend notre système d'apprentissage flexible.

Dans ce qui suit, nous allons définir ce que représente un document participatif dans notre approche, puis présenter l'environnement E_DARSI, et ses composants enfin, comment obtenir une facette, parmi d'autres, de document réel.

6.1. Document participatif

Il est appelé participatif car les FDPs le constituant participent au processus de production de plusieurs facettes de documents réels adaptatifs.

Il se compose de l'ensemble des FDPs traitant les concepts du domaine, répondant à un objectif pédagogique donné, et des relations sémantiques assurant la cohérence du document réel résultant,

c'est ce qu'on appelle espace sémantique du document. Ainsi, le document participatif représente, en plus du savoir du domaine enseigné, le savoir-faire des auteurs car chaque personne a sa propre conception du même problème ce qui rend notre système informatique dédié à l'enseignement flexible. De ce fait, pour un objectif pédagogique donné, l'apprenant peut choisir le document selon l'expertise de tel ou tel autre enseignant.

6.2. L'environnement E_DARSI :

La caractéristique principale de l'environnement E_DARSI et même sa raison d'être, est de produire des documents pédagogiques flexibles. Cette flexibilité est obtenue grâce à une fragmentation de contenu conformément aux activités et objectifs pédagogiques et au mode d'apprentissage choisi. Pour cela, la caractérisation des FDPs permet d'offrir des fonctionnalités facilitant la recherche, le filtrage et l'assemblage de contenu. Ces fonctionnalités constituent les principes fondamentaux pour le développement de documents pédagogiques personnalisés/flexibles.

Le document participatif est un document qui a la possibilité de s'adapter au profil de l'apprenant de manière dynamique et en temps réel. Par conséquent, vouloir modéliser un document participatif signifie fournir une modélisation de document hypermédias adaptatif sur le web.

A nos jours, il existe plusieurs travaux sur la modélisation de documents hypermédias. Le modèle de référence hypertexte Dexter [16] est une tentative pour intégrer les abstractions trouvées dans la plupart des systèmes hypertextes existants. Il a vu le jour en 1994 et depuis, plusieurs améliorations ont été faites sur ce modèle, dont nous citons le modèle AHAM (Adaptative hypermédia Application Model) [17]. Comme son nom l'indique, ce modèle permet à l'auteur de produire des documents adaptatifs sur le web. Dans AHAM, l'adaptabilité consiste à définir un séquençement des parties constituant un document par des relations de type « lieu » et « pré requis ». Si ces relations sont satisfaites, toutes les parties du document peuvent être suivies par un utilisateur. Cependant, il n'y a pas de contraintes d'accès selon les aptitudes et les objectifs de l'utilisateur. Autrement dit, il n'y a pas de notion de document participatif au sens de notre approche de E_DARSI. Le modèle AHAM est donc insuffisant pour la modélisation de document participatif.

En effet, les auteurs de documents participatifs ont besoin d'un modèle qui permet d'abord de mieux structurer les cours en les décomposant en plusieurs parties, définir ensuite l'ensemble des critères de sélection de chaque partie selon le profil et enfin établir le cheminement à suivre à travers ses parties selon des règles pédagogiques afin de tenir compte de l'avancement de l'apprenant dans sa formation. Pour permettre à notre modèle de convenir à toute discipline et être indépendant de toute méthode pédagogique, nous avons abouti à fragmenter le contenu du document conformément aux activités et objectifs pédagogiques correspondants.

Ainsi, la modélisation du document participatif que nous préconisons est composée de différents modules correspondants chacun aux utilisateurs impliqués dans un processus d'apprentissage. Les auteurs et les apprenants utilisent les mêmes structures de données, mais de façon différentes puisque les premiers les créent et les deuxièmes les consultent à l'intérieur du système d'apprentissage. Nous ne décrivons ici que les parties du modèle qui se rattachent aux documents, aux activités pédagogiques et au modèle de l'apprenant.

6.2.1. Le module de composition sémantique

A ce stade de modélisation, le processus concerne la création, le stockage et la gestion des FDPs granulaires que constituent les images, les textes, les vidéos et autres supports d'informations stockés sous forme de fichiers. Ces ressources doivent pouvoir, au niveau supérieur, être partagées et disponibles pour l'ensemble des auteurs intervenant dans le processus de modélisation de document participatif, et ainsi permettre la réutilisation dans différentes activités d'apprentissage. Les FDPs granulaires constituent les données pédagogiques de base gérés par le système. Ils peuvent prendre des formes multiples et sont identifiés par une adresse URI. Cette adresse correspond au nom et à la localisation d'un document (image, son, page HTML, diaporama, document PDF, vidéo, etc.).

L'auteur est donc responsable, via une interface auteur, de définir l'espace sémantique (les FDPs granulaires) associés au document participatif et créer une ou plusieurs organisations entre ces différentes granules en respectant l'objectif pédagogique et les cohérences sémantiques les reliant.

6.2.2. Le module de composition logique

Il constitue le cœur d'un environnement d'apprentissage qui se veut flexible : c'est à ce niveau que sont définies les activités pédagogiques, les différentes formes possibles de présentation et l'organisation (enchaînement, relations) des FDPs granulaires en fonctions des objectifs pédagogiques. Le niveau logique représente une organisation en terme de structure (chapitre, sous chapitre, paragraphe, etc.). Il s'agit d'une découpe syntaxique du document correspondant au niveau syntaxique du web sémantique. Généralement la structure logique d'un document pédagogique est prévue pour l'ensemble du document.

Pour offrir plus d'adaptabilité à l'apprenant, l'auteur peut créer plusieurs organisations logiques pour un seul document, exprimant le même objectif pédagogique, selon plusieurs stratégies d'apprentissage et ce à partir d'un même ensemble de FDPs.

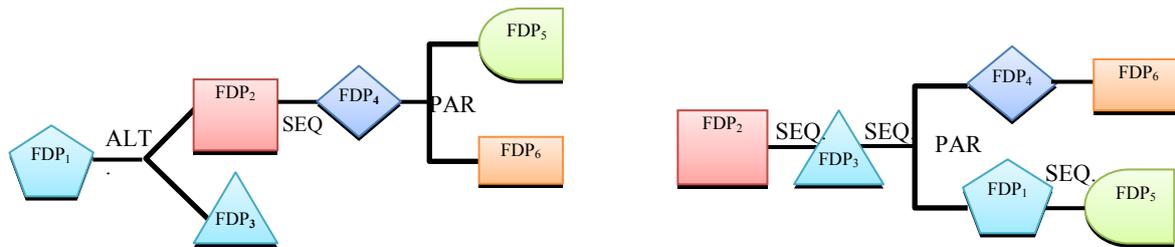


Figure 3 : Exemple de deux organisations logiques pour le même document

Par exemple, dans l'organisation1, une fois que l'apprenant accède au fragment FDP1, le système lui affiche après soit le chemin qui contient le fragment FDP2, soit le chemin qui commence par le fragment FDP3. Si, par exemple, FDP3 contient une animation vidéo, alors que l'autre chemin alternatif contient du texte illustré par des images, et le profil de l'apprenant contient une indication au niveau des préférences définissant que l'apprenant préfère du texte plutôt que la vidéo, le système de gestion de l'apprentissage va afficher à l'apprenant le chemin alternatif contenant le fragment FDP2.

FDP2 et FDP4 sont connecté par l'opérateur « SEQ », ceci veut dire que le fragment FDP2 doit être affiché à l'apprenant avant l'objet FDP4. Une fois que l'apprenant a accédé au fragment FDP4, il a le choix d'accéder soit au fragment FDP5 puis le fragment FDP6, ou l'inverse grâce à l'opérateur « PAR ».

6.2.3 Module de composition physique (présentation)

Dans une plate forme d'apprentissage, il est intéressant d'offrir plusieurs modes de représentation/visualisation d'un même contenu afin d'aider l'apprenant dans l'assimilation de la connaissance. Il est fort souhaitable, que la forme s'adapte en fonction de l'objectif visé et du contexte (modèle d'activité, profil de l'apprenant,...) alors que le fond reste fixe. Selon les cas, une forme de présentation peut favoriser l'organisation des connaissances chez l'apprenant : index, métaphore, carte de concepts, [18]. De plus, ces diverses structures peuvent servir non seulement à accéder aux informations ; mais également de points d'ancrage pour l'organisation des informations en mémoire. Elles servent de catégorisation, ce qui favorise la rétention. Le choix de la forme de présentation peut être effectué dynamiquement par le système ou explicitement précis par l'utilisateur toujours dans le but d'obtenir une information la plus personnalisée possible. Ainsi le module de composition physique permet de :

- Générer l'aspect visuel du document réel,
 - Construire une page HTML à partir d'une page XML en appliquant les règles de présentation données par un gabarit de présentation (feuille de style) et en utilisant un processeur XSLT [19].
- Cette approche de document participatif permet au système de ne plus envoyer un support de cours préalablement défini et fermé, mais au contraire le cours est généré en fonction de l'apprenant qui le consulte. Ainsi, Les processus d'adaptation peuvent avoir lieu dans les trois modules de compositions du system E_DARSI.

6.3. Activité pédagogique

Dans notre réflexion, une activité pédagogique, constitue une entité complètement autonome reposant à la fois sur les supports de l'information (les FDPs granulaires et les concepts du domaine) et les interactions nécessaires pour son déroulement correct. Elle définit les modalités précises d'acquisition, de validation, de communication d'une ou plusieurs connaissances portées par les FDPs. Elle correspond à un contenu autonome répondant à un objectif pédagogique précis. Elle utilise de manière adaptative les FDPs granulaires qui sont nécessaires et suffisants à son exécution, et peut être par exemple un cours, un chapitre, un sous chapitre, un TD ou même une notion à apprendre, etc...

Pour le suivi pédagogique de l'apprenant, chaque activité pédagogique est caractérisée par des variables d'actions. Ces variables représentent les événements qui agissent sur le parcours de l'apprenant dans l'activité pédagogique et permettant de prévoir les interactions de l'apprenant avec cette activité pédagogique. Suite à ces interactions, un nouveau profil est attribué à l'apprenant. Ceci est caractérisé dans l'activité pédagogique par des post-actions. Ces post-actions permettront de calculer la prochaine activité à suivre en se basant sur les relations entre les activités pédagogiques que l'auteur a établies quand il a produit son document participatif

6.4 Modèle de l'apprenant

Pour que notre système assure un apprentissage flexible, il faut qu'il soit capable de s'adapter à l'apprenant qui le consulte. Ainsi, la modélisation de l'apprenant est réalisée grâce à des attributs et à des règles d'évolution de ces paramètres. Notre objectif est que le profil apprenant ne traite pas uniquement des connaissances acquises. Ce dernier n'est pas vu comme un puits vide de connaissances qu'il faudrait remplir mais comme un humain aux facettes multiples. C'est pourquoi nous proposons un modèle de l'apprenant comportant quatre parties en plus de son identité (nom, adresse, âge,...) :

- Niveau de connaissances (savoirs) de l'apprenant ; ce qu'il sait ; l'état des connaissances (débutant, moyen, avancé). Lors de la phase d'initialisation, les apprenants ont tous le même niveau de connaissances (débutant). L'évolution du niveau de connaissance de l'apprenant durant une session d'apprentissage est induite par une méthode d'évaluation. La présentation d'une partie ou d'un chapitre d'un document est toujours suivie d'un test ou exercice. L'apprenant n'est alors acheminé vers la partie ou le chapitre suivant que s'il réussit ce test. Aussi, des évaluations des prérequis sont effectuées avant la présentation des activités pédagogiques en question.
- Aptitude ; ce qu'il est. Cette partie est caractérisée par les attributs suivants :
 - Introversi (aime le travail personnel) ;
 - Extraversi (travail en groupe, échanges, tâtonnements,...) ;
 - Impulsif (navigation rapide, navigation libre) ;
 - Réfléchi (consultation logique).

Ces attributs vont avoir une influence sur le comportement du système. Soit que l'apprenant est concerné par l'aspect information de la matière, dans ce cas une exploration libre du document sans aucun guidage est prévue par le système (**Apprenant impulsif**). Soit que l'apprenant est concerné par l'aspect formation, il a besoin, d'être guidé et évalué dans son apprentissage, dans ce cas le système doit être capable de lui prodiguer cette aide (**apprenant réfléchi**).

- Préférences de l'apprenant ; ce qu'il aime. Cette partie va permettre à l'apprenant de spécifier les types de média préférés. Ainsi il a la possibilité de définir un classement sur les types physiques de média pour la présentation des contenus (texte, image, vidéo,...). Il serait donc intéressant de présenter un même contenu suivant différentes formes comme l'a recommandé Dufresne [20].
- Historique de l'apprenant : l'historique de chaque apprenant mémorise les activités pédagogiques déjà consultés et les concepts du domaine enseigné déjà abordés. L'auteur a, ainsi, connaissance de la manière dont est utilisé son cours.

L'apprenant se voit, lors de son inscription, attribuer un gabarit initial (partie « ce qu'il sait » de son modèle) qui correspond à un ensemble de couple (concepts à apprendre, taux d'assimilation) fonction de ses connaissances initiales. L'apprenant suit ensuite une trajectoire de formation (dans le cas où il s'agit d'un apprenant réfléchi) qui doit déboucher sur ses objectifs de formation (définis dans un gabarit final). Cette trajectoire de formation dépend notamment des prérequis définis sur chaque activité pédagogique et mis en place par les auteurs. Chaque activité portant sur un ou plusieurs

concepts de la matière enseignée, leur réalisation contribue à faire évoluer la valeur représentant le taux d'assimilation de ces concepts dans la partie **ce qu'il sait** du modèle apprenant.

Tous ces attributs évoluent au fur et mesure des actions et interactions de l'apprenant au cours des activités pédagogiques pour ainsi enrichir ce modèle.

7. MISE EN OEUVRE : DU DOCUMENT PARTICIPATIF AU DOCUMENT REEL

La figure 4 résume le modèle de gestion de documents pédagogiques en ligne du système d'apprentissage flexible, que nous mettons en œuvre pour obtenir plusieurs facettes de documents réels respectant les objectifs décrits précédemment. On y trouve la notion de FDP, de concepts de domaine, et le modèle de l'apprenant ainsi que le flux d'information les reliant, permettant de fournir à chaque apprenant, en temps réel et de manière dynamique, une facette de document réel produit à partir du document participatif produit par E_DARSI.

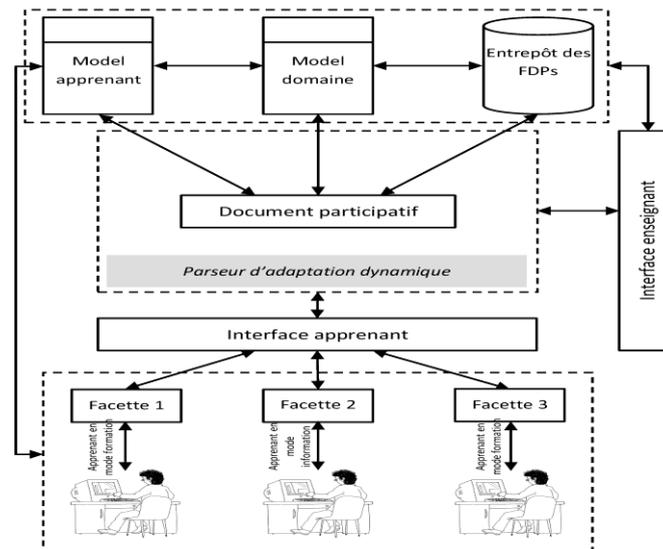


Figure 4 : Proposition d'un environnement flexible de production de documents pédagogiques

7.1. Composants du système

Notre système se compose de trois sources d'information qui représentent les bases de connaissances du système, un module de traitement qui est le parseur d'adaptation dynamique et enfin une interface.

7.1.1 Les bases de connaissances

- La base de données des FDPs, ou encore entrepôt de FDPs, qui contient l'ensemble des objets pédagogiques et leurs métadonnées sémantiques.
- La base de connaissances du domaine enseigné, c'est le modèle du domaine qui contient les différentes ontologies et les faits qui s'y rapportent, modélisant ainsi tous les concepts de l'ontologie domaine.
- Enfin, la base de données des utilisateurs qui contient les informations relatives aux différents utilisateurs du système (apprenant, enseignant, ou autres...).

7.1.2 Le parseur d'adaptation dynamique

Ce module de traitement est une composante principale du système E_DARSI du fait qu'il permet d'inférer sur le modèle du domaine, le modèle de l'apprenant et sur l'espace sémantique du document participatif afin de produire un document réel, répondant à la requête de l'apprenant et ses exigences en matière de contenu, de mode d'accès et de présentation. Ce parseur d'adaptation dynamique permet aux trois processus vus précédemment (sémantique, logique, et physique) de coexister afin d'assurer une meilleure adaptabilité ce qui permet de produire des documents réels sur mesure.

7.1.3. L'interface

Elle permet d'assurer le dialogue entre le système et les différents acteurs que ce soit en mode enseignant ou en mode apprenant.

7.2. Objectifs de l'approche

L'objectif principal que nous voulons atteindre est de proposer une solution qui permettra d'améliorer la qualité des documents pédagogiques en ligne, d'aider l'enseignant à créer son document participatif et d'offrir un apprentissage sur mesure aux apprenants (se former ou s'informer). Notre système permettra aux enseignants de :

- Gérer des contenus pédagogiques indépendamment de leur format ; Editer, à partir d'un contenu unique, différents types de documents en utilisant la technologie XML et les outils du web sémantique;
- Constituer de nouveaux contenus, selon des stratégies pédagogiques différentes, à partir de FDPs granulaires existants pour une meilleure adaptation aux profils des apprenants.

Du côté apprenant, notre système permettra de :

- Devenir actif dans la phase d'apprentissage, le dialogue entre le système et l'apprenant, puisque différents outils lui seront proposés. Cette phase interactive se réalise soit par des tests de type QCM obligeant l'apprenant à y répondre, soit par la spécification des types de média préférés, ou bien encore, l'apprenant aura la possibilité de répondre à un exercice avant de voir la réponse, de prendre des notes de cours ;
- Construire ses propres cours en personnalisant les contenus proposés et la présentation désirée, en utilisant des feuilles de style XSL respectant le gabarit de présentation choisi.
- Choisir un mode d'apprentissage sur mesure: formation ou consultation.
- Choisir le mode de cours, ou le mode concept ou encore le mode requête.

8. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le but de notre approche est de concevoir un document pédagogique personnalisable en utilisant la norme XML et les outils du web sémantique comme moyen de structuration des contenus et qualification des fragments de documents pédagogiques granulaires. L'idée innovante de notre approche est la modélisation du document participatif qui peut avoir plusieurs structures, combinaisons, à partir d'un même espace sémantique (ensemble de FDPs granulaires répondant à un objectif pédagogique).

Cette approche a mis en évidence la capacité des FDPs granulaires, que nous avons proposé, impliquant une nouvelle vision d'adaptabilité, flexibilité d'adaptation des contenus pédagogiques, répondant à nos critères de temps, de contenus (idée simple et de forte densité sémantique) et de forme (type de média) ce qui permet de produire plusieurs facettes d'un document réel en utilisant la notion de FDPs variant selon le média utilisé, le niveau de l'apprenant qui le sollicite, ou encore le mode d'accès au système (accès pour se former ou s'informer) .

Le document participatif est le résultat de la composition d'un ensemble de fragments qui ont été sélectionnés explicitement par l'auteur en réponse à un objectif pédagogique donné, ce qui assure la cohérence sémantique du document réel consulté par l'apprenant. L'adaptation du document produit est assurée au niveau du choix de la stratégie pédagogique choisie par l'apprenant comme au niveau de contenu et de présentation pour ce dernier.

Le but du système n'est pas que ce soit l'utilisateur qui conçoit son document mais que le système construise un document adapté, selon les trois niveaux (sémantique, logique, et physique), à l'utilisateur qui le sollicite.

Pour ce qui est des travaux futurs, nous envisageons d'enrichir notre système par des fonctionnalités de nature à privilégier la dimension coopérative, utilisant les outils et facilités récents du Web.

REFERENCES

- [1] Benayache A., (2005). Construction d'une mémoire organisationnelle de formation et évaluation dans un contexte e-learning : *le projet MEMORAE*
- [2] Charlet J., Laublet Ph., Reynaud Ch., (2003). STIC: Web sémantique: Rapport final. Action spécifique 32 CNRS /

- [3] Wiley, D.A. (2000). *Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy*. In D.A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects*. Available at <http://reusability.org/read/chapters/south.doc>.
- [4] South, J. B., Monson, D. W. (2000). *A university-wide system for creating, capturing, and delivering learning objects*. In D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects: version en ligne*. Disponible à <http://reusability.org/read/chapters/south.doc>.
- [5] Mortimer, L. (2002). Learning objects of desire: Promise and practicality. *Learning Circuits*, <http://www.learningcircuits.org/2002/apr2002/mortimer.html>.
- [6] Balatsoukas, P., Morris, A. & O'Brien, A. (2008). Learning Objects Update: Review and Critical Approach to Content Aggregation, in *Journal of Educational Technology & Society*, 11 (2), 119-130.
- [7] Shishkovskaya J., Bakalo D., Grigoryev A. (2015). EFL Teaching in the E-Learning Environment: Updated Principles and Methods. XV International Conference "Linguistic and Cultural Studies: Traditions and Innovations", LKTI, 9-11 November 2015, Tomsk, Russia *National Research Tomsk Polytechnic University, 30 Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia*
- [8] Polsani, P. R. (2003). Use and abuse of reusable learning objects. *Journal of Digital Information*, 3(4). <http://jodi.tamu.edu/Articles/v03/i04/Polsani/>.
- [9] Kim, J., Lee, A., & Ryu, H. (2013). Personality and its effects on learning performance: Design guidelines for an adaptive e-learning system based on a user model. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 43(5), 450-461
- [10] Chabert R.S., (2000). *Composition Automatique de Documents Hypermédias Adaptatif à partir d'ontologies et de requêtes intentionnelles de l'utilisateur*, thèses de doctorat, université de Montpellier II, Montpellier, France.
- [11] Oualhi O., M.T Laskri. Dynamic generation of adaptative teaching material for semantic web approach. IADIS International Conference e-Learning 2010, Freiburg, Germany; July 26-29 2010.
- [12] Nejdil W., (2001). Learning Repositories – technologies and Context. In *Proceedings of ED-MEDIA 2001 World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, June 25-30.
- [13] Oualhi O., Laskri M.T., Principes fondamentaux d'un environnement flexible pour les documents virtuels personnalisables (DVP) basé sur l'approche du WEB sémantique. Maghrebian Conference on Information Technologies (MCSEAIT'2008), Oran, Algérie, 28-30 Avril 2008.
- [14] Ghailani M, El Bouhidi J, Fennan A, (2014). Towards an Adaptive e-Learning Solution based on Ontologies and Competencies Approach. *International Journal of Computer Applications*, Vol. 98, No.21
- [15] Dehors S., QBLIS : web sémantique de formation pour un apprentissage par questionnaire. EIAH Montpellier 2005.
- [16] Ddlab E., The Dexter Hypertext reference model.
<http://Dbweb.csie.ncu.edu.tw/Edward/paper/Dexter/index.html>
- [17] Wu H., Houben G., De Bra P., (1999). Authoring Support for Adaptative Hypermedia Applications. *Proceeding of ED. MEDIA99, World conference on Educationnal Multimedia, Hypermedia and Telecommunication*, seattle, Washington, USA June 1999, pp: 364-369
- [18] Yessad, A., (2009). *Construction d'un Environnement Pédagogique Adaptatif basé sur les modèles et Techniques du Web Sémantique*. Thèse de doctorat de l'Université de l'Université d'Annaba, Algérie (2009). Disponible à http://seriousgames.lip6.fr/blog/wpcontent/uploads/2010/02/M%C3%A9moire_Th%C3%A8se_Yessad_Final1.pdf.
- [19] XSL Transformations (XSLT) Version 1.0. W3C recommandation <http://www.w3.org/TR/xslt> -16 November 1999
- [20] Dufresne A., (2001). Modèles et outils pour définir le soutien dans les environnements hypermédias. *Explora Graph. Revue Sciences et Techniques Educatives*, Edition Hermès, paris 2001.