

Conception d'un système hypermédia d'enseignement adaptatif centré sur les styles d'apprentissage : modèle et expérience

Aziz Dahbi, Najib El kamoun et Abdelghafour Berraissoul

Volume 6, numéro 1, 2009

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/039181ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/039181ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

CRÉPUQ

ISSN

1708-7570 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Dahbi, A., El kamoun, N. & Berraissoul, A. (2009). Conception d'un système hypermédia d'enseignement adaptatif centré sur les styles d'apprentissage : modèle et expérience. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire / International Journal of Technologies in Higher Education*, 6(1), 55–71. <https://doi.org/10.7202/039181ar>

Résumé de l'article

Cet article traite de style d'apprentissage en tant que critère d'adaptation d'un cours en ligne. Une première étape consiste à choisir le modèle des styles d'apprentissage. La sélection de ces styles est réalisée par un questionnaire dédié. D'autre part, les activités d'apprentissage sont conçues afin de refléter les dimensions liées aux styles d'apprentissage. Enfin, la présentation de ces activités est gérée par un module d'adaptation probabiliste. En nous appuyant sur les méthodes et les techniques proposées pour la modélisation et l'adaptation, nous avons conçu un système hypermédia d'enseignement adaptatif centré sur les styles d'apprentissage. L'approche a été validée expérimentalement et les résultats obtenus sont encourageants.

Conception d'un système hypermédia d'enseignement adaptatif centré sur les styles d'apprentissage : modèle et expérience

Aziz **Dahbi**

Doctorant en sciences de l'information - communication
dahbi_aziz@yahoo.fr

Najib **El kamoun**

Professeur en sciences de l'information - communication
elkamoun@ucd.ac.ma

Abdelghafour **Berraissoul**

Professeur en sciences de l'information - communication
berraissoul@ucd.ac.ma

Université Chouaib Doukkali
 El Jadida Maroc

Compte rendu d'expérience intégrant les TIC

Résumé

Cet article traite de style d'apprentissage en tant que critère d'adaptation d'un cours en ligne. Une première étape consiste à choisir le modèle des styles d'apprentissage. La sélection de ces styles est réalisée par un questionnaire dédié. D'autre part, les activités d'apprentissage sont conçues afin de refléter les dimensions liées aux styles d'apprentissage. Enfin, la présentation de ces activités est gérée par un module d'adaptation probabiliste. En nous appuyant sur les méthodes et les techniques proposées pour la modélisation et l'adaptation, nous avons conçu un système hypermédia d'enseignement adaptatif centré sur les styles d'apprentissage. L'approche a été validée expérimentalement et les résultats obtenus sont encourageants.

Mots clés

Style d'apprentissage, ressources pédagogiques, hypermédia adaptatif, apprentissage expérientiel

Abstract

This article discusses learning styles as a criterion of adaptation of a course online. A first step is to choose the model of learning styles. The identification of these styles is performed by a dedicated questionnaire. On the other hand, learning activities are designed to reflect the dimensions related to learning styles. Finally, the presentation of these activities is managed by a probabilistic adaptation module. Based on the methods and techniques proposed for modeling and adaptation, we designed an adaptive hypermedia system that focuses on learning styles. The approach was validated experimentally and the results are encouraging.

Keywords

Learning style, pedagogical resources, adaptive hypermedia, experiential learning

Introduction

L'hypermédia, obtenu par la fusion des techniques de l'hypertexte et du multimédia, présente des avantages dans le cadre éducatif. En effet, la composante multimédia peut améliorer l'aspect visuel et ludique de l'apprenant et renforcer son intérêt par rapport au système d'apprentissage (Hoogveen, 1995). La composante hypertexte quant à elle peut améliorer la qualité de l'apprentissage grâce à sa structure non linéaire qui aide l'apprenant à construire sa connaissance (Delestre, Pecuchet et Barry-Greboval, 1998). Cependant, un hypermédia ne peut pas offrir des services personnalisés, car tous les apprenants ont alors accès au même ensemble de ressources pédagogiques et d'outils, sans prendre en compte les différences de niveau de connaissances, d'intérêts, de motivations et d'objectifs.

Différentes recherches ont essayé de comprendre les relations entre les caractéristiques des apprenants, le matériel pédagogique et le contexte dans lequel se déroule l'apprentissage afin d'autoriser une adaptation centrée sur les besoins de l'apprenant. Le but de cette adaptation est de maximiser la satisfaction subjective de l'apprenant, la vitesse d'apprentissage (efficacité) et les performances (rendement) (Popescu, 2008).

Notre recherche s'inscrit pleinement au sein de cette dynamique et s'intéresse plus particulièrement à la prise en compte du style d'apprentissage en tant que critère d'adaptation. Dans le champ disciplinaire psycho-pédagogique, le style d'apprentissage est considéré comme l'une des principales différences individuelles qui jouent un rôle dans l'apprentissage. Il peut renseigner sur les préférences liées à la modalité de perception, au traitement et à l'organisation de l'information, au raisonnement, aux aspects sociaux, etc. En effet, Sauvée, Nadeau et Leclerc (1993), définissent le style d'apprentissage de la manière suivante: « Le style d'apprentissage se définit comme les comportements distinctifs aux plans cognitifs, affectifs, psychologiques et sociologiques; ces comportements servent d'indicateurs

relativement stables de la façon dont un individu perçoit et traite l'information, interagit et répond à l'environnement d'apprentissage. »

La recherche expérimentale dans ce domaine est relativement récente et seulement quelques études comme celle présentée dans Bajraktarevic, Hall et Fullick (2003) montrent que l'adaptation d'un cours aux styles d'apprentissage des apprenants a amélioré les scores des apprenants. Une autre étude proposée dans Graf (2007) montre que cette adaptation a permis un apprentissage aisé et une satisfaction des apprenants. En raison de ce manque d'études expérimentales, nous allons essayer dans la présente étude de répondre à un besoin clairement défini, à savoir évaluer par les performances l'apport de l'adaptation d'un cours en fonction du style d'apprentissage de l'apprenant, dans le contexte de l'auto-apprentissage par le Web.

1. Objectifs et contexte

La plupart des cours enseignés à la faculté des sciences d'El Jadida (Maroc) sont de type présentiel. L'utilisation d'un système hypermédia d'enseignement constitue pour les étudiants un changement dans leur façon d'apprendre.

Afin d'évaluer l'apport du style d'apprentissage en tant que critère d'adaptation d'un cours, nous avons conçu et réalisé un système hypermédia d'enseignement adaptatif centré sur les styles d'apprentissage. Ce dernier a été expérimenté dans le cadre d'un cours portant sur les réseaux informatiques et enseigné en ligne en parallèle avec les autres cours classiques en présentiel.

À la suite de l'utilisation de ce système hypermédia, nous avons pu poursuivre les objectifs suivants :

1. Déterminer les styles d'apprentissage des étudiants.
2. Se servir de ces styles comme caractéristiques distinctives pour adapter le cours.
3. Évaluer les performances des étudiants vis-à-vis de l'adaptation.

Dans la première partie de cet article, nous présenterons les modèles de style d'apprentissage et nous justifierons le choix du modèle que nous avons adopté. Dans la deuxième partie, nous décrirons l'architecture de notre système hypermédia. La troisième partie sera centrée sur la procédure expérimentale et les résultats obtenus. Nous terminerons notre travail par une conclusion.

2. Modèles de style d'apprentissage

Un survol de la littérature met rapidement en évidence la pluralité et la diversité des modèles de style d'apprentissage. Ces différents modèles sont regroupés en trois typologies (Curry, 1983) :

- Les modèles de style d'apprentissage qui s'intéressent aux préférences pour les conditions d'enseignement et d'apprentissage. Exemple : Grasha et Reichmann (1975).
- Les modèles de style d'apprentissage qui s'intéressent à la manière dont l'apprenant traite l'information, en termes de moyens privilégiés. Exemples : Gregorc (1979); Honey et Mumford (2000); Kolb (1984).
- Les modèles de style d'apprentissage qui traitent de la personnalité de l'apprenant. Exemples : Kagan, Rosman, Day, Alpert et Phillips (1964); Myers et Briggs (1962); Witkin (1976).

Différents systèmes hypermédiatiques adaptés se sont basés sur les styles d'apprentissage, citons par exemple les systèmes CS383 (Carver, Howard et Lane, 1999), TANGOW (Paredes et Rodriguez, 2004), Heritage Alive Learning System (Cha *et al.*, 2006), et ceux qui ont été développés dans Sangineto, Capuano, Gaeta et Micarelli (2007) et Graf (2007). Ces systèmes utilisent le modèle de Felder et Silverman (1988) qui contient quatre dimensions (*sensing/intuitive, visual/verbal, sequential/global, active/reflective*). Citons aussi le système iWeaver (Wolf, 2002) utilisant le modèle de Dunn et Dunn (Dunn, 2003) qui contient cinq préférences de per-

ception (*auditory, visual (pictures), visual (text), tactile kinesthetic, internal kinesthetic*), et quatre préférences psychologiques (*impulsive, reflective, global, analytical*). Le système INSPIRE (Papanikolaou, Grigoriadou, Kornilakis et Magoulas, 2003) utilise quant à lui le modèle de Honey et Mumford qui comprend quatre styles d'apprentissage (actif, réfléchi, théoricien, pragmatique).

Dans le cadre de notre approche, nous nous sommes intéressés au modèle de Honey et Mumford, car il s'appuie sur la théorie de l'apprentissage expérientiel développée autour des notions d'apprentissage et d'expérience (Balleux, 2000). Cette théorie postule qu'un apprentissage ne peut avoir lieu que lorsqu'un apprenant expérimente les informations qui lui ont été transmises ou qu'il découvre au cours d'une expérience. Autrement dit, l'apprentissage se développe par l'action, ce qui signifie qu'il est indispensable que l'apprenant applique les informations reçues.

Le modèle de Honey et Mumford se prête en effet à notre domaine d'étude (les réseaux informatiques) puisque c'est un domaine d'ingénierie qui s'appuie essentiellement sur les aspects pratiques et les expérimentations pour assimiler et concrétiser les concepts théoriques. L'apprentissage expérientiel est organisé en quatre phases : l'expérience concrète, l'observation réfléchie, la conceptualisation abstraite et l'expérimentation active (figure 1).

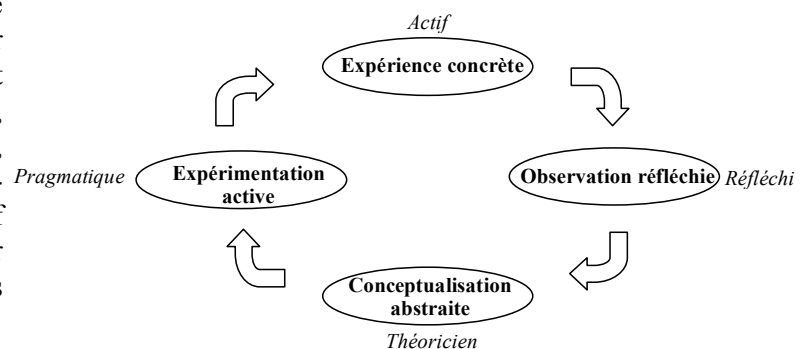


Figure 1. Le modèle de l'apprentissage expérientiel

Pendant la phase de l'expérience concrète, l'apprenant réalise une tâche. Durant l'observation réfléchie, l'apprenant réfléchit sur ce qui a été fait et vécu. Lors de la conceptualisation abstraite, l'apprenant interprète les événements qu'il a remarqués et essaye de les intégrer dans un système théorique. Enfin, durant l'expérimentation active, l'apprenant cherche à mettre en pratique des idées, des théories et des techniques afin de vérifier si celles-ci fonctionnent. La sélection du style d'apprentissage d'un apprenant selon Honey et Mumford traduira sa préférence pour l'une des quatre phases qui rythment l'apprentissage expérientiel. Ainsi, quatre styles d'apprentissage sont distingués : actif, réfléchi, théoricien et pragmatique. Ces derniers sont associés respectivement aux différentes phases d'expérience concrète, d'observation réfléchie, de conceptualisation abstraite et d'expérimentation active.

La description de ces styles est donnée au tableau I ci-dessous :

Tableau 1. La description des styles d'apprentissage de Honey et Mumford

Style d'apprentissage	Description
Style actif	<ul style="list-style-type: none"> • Intérêt marqué pour l'acquisition de connaissances par l'expérimentation. • Élaboration des connaissances par une interaction active avec autrui. • Goût pour la confrontation d'idées ou la résolution de problèmes en équipe.
Style réfléchi	<ul style="list-style-type: none"> • Importance donnée au recul et à la distance par rapport aux gens et aux choses. • Style marqué par la réflexion. • Observation, écoute, accumulation de données avant d'émettre une opinion.
Style théoricien	<ul style="list-style-type: none"> • Importance donnée à la logique, à la cohérence dans l'organisation des nouvelles connaissances. • Goût pour l'analyse et la synthèse, valorisation du rationnel et de l'objectivité. • Acquisition de nouvelles connaissances de façon méthodique et systématique.
Style pragmatique	<ul style="list-style-type: none"> • Intérêt pour la mise en application concrète des idées, des théories, des techniques, dans le but d'en expliciter et d'en valider le fonctionnement. • Préférence pour les solutions réalistes et pratiques. • Besoin de trouver des bénéfices concrets, des avantages pratiques aux nouvelles connaissances.

3. Architecture de notre système hypermédia adaptatif

L'architecture de notre système hypermédia est issue de l'architecture standard des hypermédiats adaptatifs d'apprentissage par le Web, dans laquelle l'apprenant est modélisé par son style d'apprentissage.

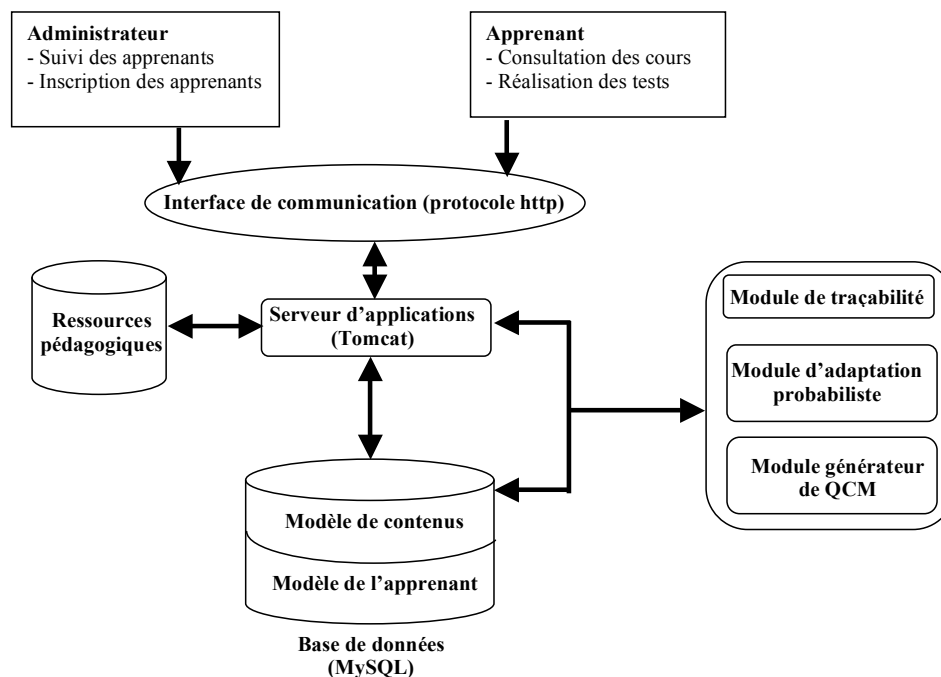


Figure 2. L'architecture du système

Cette architecture comprend :

- Un modèle de l'apprenant qui renseigne sur son style d'apprentissage selon le modèle de Honey et Mumford.
- Un modèle de contenus qui renseigne sur les concepts qui seront enseignés.
- Un module d'adaptation probabiliste qui permet d'adapter le cours en fonction du modèle de l'apprenant.
- Un module de traçabilité qui permet à l'administrateur le suivi et la supervision des apprenants.

- Un module générateur de QCM (questions à choix multiple) qui permet de générer dynamiquement les questions qui constituent les tests d'évaluation.

L'implémentation logicielle du système repose sur une architecture Web à 3 niveaux :

- Le premier niveau s'occupe de l'interface avec l'utilisateur depuis le navigateur et permet à l'apprenant d'interagir avec le système.
- Le second niveau s'appuie sur le serveur d'applications (Tomcat) qui exécute les traitements demandés lors de l'appel d'une page.
- Le troisième niveau assure la gestion des données au sein d'un SGBD (système de gestion de bases de données) et répond aux requêtes

du serveur d'applications. Nous avons utilisé le SGBD intitulé MySQL qui offre une stabilité de fonctionnement.

Pour le développement Web, nous avons utilisé deux technologies qui exploitent la puissance du langage java :

- La technologie JSP (JavaServer Pages) qui permet de générer des pages avec des scripts dynamiques très bien intégrés dans HTML (HyperText Markup Language).
- La technologie des servlets qui offre les avantages suivants :
 - i) une excellente portabilité;
 - ii) un support de programmation très orienté vers le développement Web;
 - iii) la rapidité d'exécution.

3. 1. Modèle de l'apprenant

La sélection des styles d'apprentissage des apprenants est effectuée à l'aide de l'instrument Learning Style Questionnaire (LSQ) de Honey et Mumford – la version française adaptée est LSQ-FA – (Fortin, Chevrier, Leblanc et Théberge, 2000). Cet instrument permet d'établir un modèle statique de chaque apprenant (modèle individuel) d'une manière explicite en début d'utilisation du système, en fonction de quatre styles d'apprentissage : actif, réfléchi, théoricien et pragmatique. Chacun de ces styles est pondéré par un indice de préférence : très faible, faible, moyen, fort ou très fort, qui reflète l'importance relative d'un style d'apprentissage vis-à-vis de l'apprenant (figure 3).

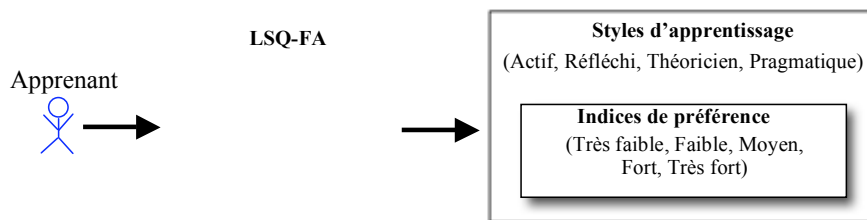


Figure 3. Le modèle de l'apprenant établi par l'instrument LSQ-FA

3.2. Modèle de contenus

Dans le cadre de notre approche, le modèle de contenus est représenté par trois niveaux hiérarchiques : objectif d'apprentissage, concept et matériel pédagogique (Papanikolaou *et al.*, 2003).

Un objectif d'apprentissage correspond à un sujet du domaine à étudier, chaque objectif est associé à un ensemble de concepts du domaine à étudier et chaque concept est lui-même relié à un ensemble de matériels pédagogiques qui constituent les ressources que l'apprenant manipulera lors de l'apprentissage (figure 4).

Nous avons utilisé quatre types de ressources pédagogiques pour enseigner un concept. La conception de ces ressources est associée aux phases de l'apprentissage expérientiel et reflète les dimensions liées aux styles d'apprentissage que nous avons adoptés telles que :

- Une activité (simulation sur ordinateur) associée à la phase de l'expérience concrète; elle permet à l'apprenant l'exploration d'un concept.
- Un exemple (illustration, analogie) associé à la phase de l'observation réfléchiée; il permet à l'apprenant la réflexion, l'observation et l'accumulation des données.
- Une présentation théorique associée à la phase de la conceptualisation abstraite; elle permet à l'apprenant l'organisation des connaissances, l'analyse et la synthèse.
- Un exercice d'application associé à la phase de l'expérimentation active; il permet à l'apprenant l'application des connaissances et des idées.

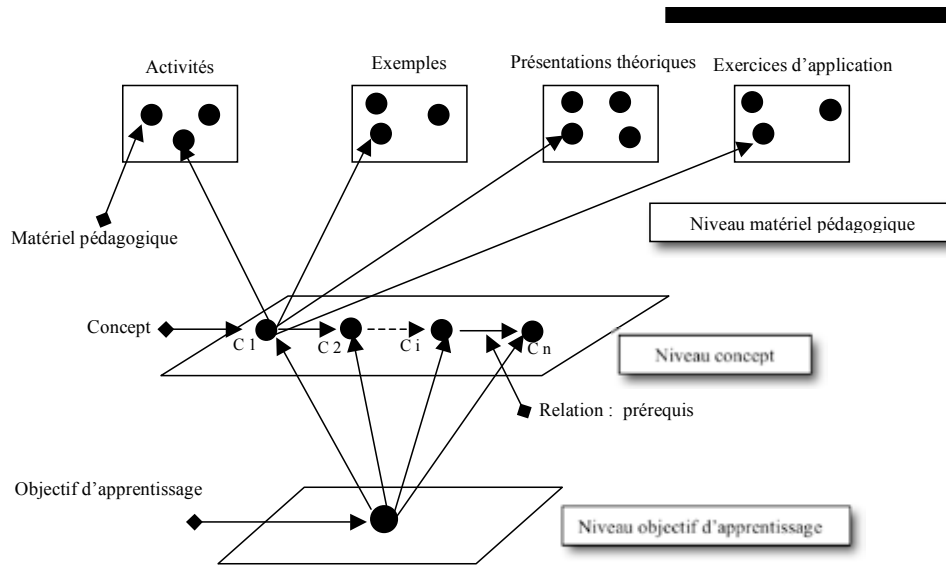


Figure 4. Le modèle de contenus

Les ressources pédagogiques associées à chaque concept enseigné permettent d'organiser l'apprentissage de l'apprenant en quatre phases : la lecture de la théorie qui renvoie à la phase de la conceptualisation abstraite, la réalisation de l'activité qui renvoie à l'expérience concrète, la réflexion sur l'exemple qui renvoie à l'observation réfléchie et enfin la résolution de l'exercice qui renvoie à l'expérimentation active. L'ordre du parcours des quatre phases et par la suite l'ordre de présentation des ressources pédagogiques est adapté en fonction du modèle de l'apprenant.

3.3. Module d'adaptation probabiliste

Dans un apprentissage expérientiel, l'apprenant est très favorisé dans la phase reflétant son style dominant, assez favorisé dans la phase reflétant son deuxième mode préférentiel, moins favorisé dans un troisième mode, et peu favorisé dans le dernier (Théberge, Leblanc et Brabant, 1995). Dans le cadre de notre approche, les ressources pédagogiques associées aux quatre phases seront présentées à l'apprenant en favorisant celle reflétant son style dominant. Ainsi, quatre parcours pédagogiques sont distingués : actif, réfléchi, théoricien et pragmatique (figure 5).

Le parcours actif commence par une activité de simulation sur ordinateur, suivie d'un exemple d'illustration, puis d'une présentation théorique pour apporter les informations nécessaires et enfin d'un exercice d'application.

Le parcours réfléchi commence par un exemple, suivi d'une présentation théorique, puis d'un exercice d'application et enfin d'une activité.

Le parcours théoricien commence par une présentation théorique, suivie d'un exemple d'illustration, puis d'un exercice d'application et enfin d'une activité.

Le parcours pragmatique commence par un exercice pratique, suivi d'un exemple d'illustration, puis d'une présentation théorique pour apporter les informations complémentaires et enfin d'une activité.

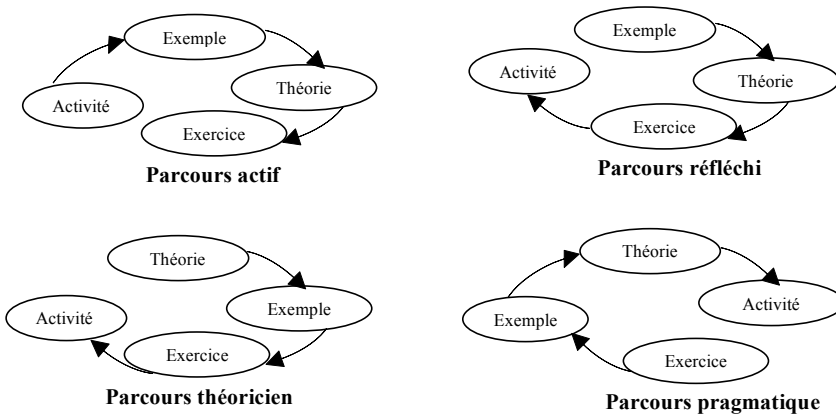


Figure 5. La représentation des quatre parcours pédagogiques

L'adaptation des ressources pédagogiques ou le choix de la prochaine activité pédagogique à proposer à l'apprenant est une tâche extrêmement difficile. Cette difficulté est principalement liée à l'incertitude associée à la validité des critères qui serviraient à faire le choix (Mayo et Mitrovic, 2001).

Pour répondre à cette problématique, nous avons utilisé un module d'adaptation probabiliste dont l'objectif est d'aider l'apprenant dans l'exploration de nombreux parcours pédagogiques tout en lui recommandant le parcours le plus adapté à son style d'apprentissage (figure 6).

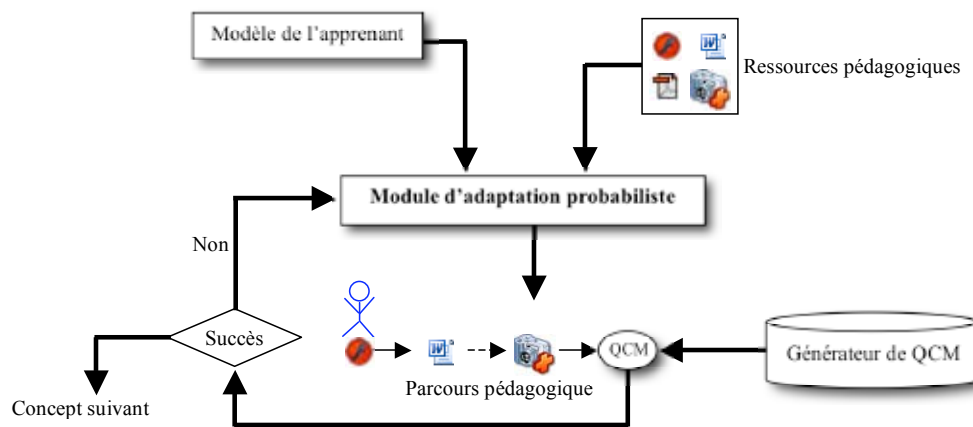


Figure 6. Le processus de génération des parcours pédagogiques

La sélection d'un parcours pédagogique est effectuée par une procédure probabiliste. En effet, chaque parcours est pondéré par une valeur comprise entre 0 et 1 qui reflète la préférence marquée par un apprenant pour le style qui correspond au parcours pédagogique. La sélection d'un parcours est plus probable, d'autant que sa pondération est plus grande. À l'issue d'un parcours pédagogique, un test d'évaluation sous forme de QCM permet d'évaluer le niveau de connaissances de l'apprenant. Si ce dernier ne réussit pas le test, le système met en cause le style d'apprentissage précédent et sélectionne par la suite un autre parcours pédagogique. Ainsi, plusieurs parcours peuvent être explorés pour apprendre un même concept.

4. Expérimentation

Nous avons mené une première expérimentation auprès d'un échantillon de 22 étudiants universitaires qui sont novices dans le domaine des réseaux informatiques. Tous les étudiants ont suivi le même cours en ligne. Ce dernier est constitué de quatre parties qui traitent respectivement les concepts suivants : adressage IP, protocole ARP, routage et services Internet. Avant de commencer le cours, un apprenant est invité à répondre au questionnaire LSQ-FA afin d'établir son modèle. Chaque partie du cours peut être présentée à l'apprenant selon quatre parcours pédagogiques : actif, réfléchi, théoricien ou pragmatique. Ces parcours sont sélectionnés par un module d'adaptation probabiliste tout en recommandant à l'apprenant le parcours le plus adapté à son style d'apprentissage. À l'issue de chaque parcours, l'apprenant répond à un QCM pour mesurer son niveau de connaissances et enregistrer la note obtenue. Les performances des apprenants ont servi par la suite pour évaluer l'apport de l'adaptation du cours en fonction des styles d'apprentissage.

Lorsque les 22 apprenants ont achevé les quatre parties du cours, nous leur avons distribué un questionnaire afin qu'ils puissent choisir explicitement leurs styles d'apprentissage préférés et donner leur avis concernant l'approche d'adaptation adoptée dans notre système hypermédia.

L'expérimentation s'est déroulée pendant un mois (novembre 2008) et son évaluation s'est basée sur :

- l'analyse des résultats propres aux styles d'apprentissage des apprenants.
- l'analyse des résultats propres aux performances des apprenants.
- l'analyse des résultats propres au questionnaire rempli par les apprenants.

4.1. Analyse des résultats propres aux styles d'apprentissage

Les styles d'apprentissage des apprenants ont été sélectionnés en ligne par l'instrument LSQ-FA. La figure 7 ci-dessous représente pour chacun des styles la répartition des apprenants par rapport aux indices de préférence : faible-très faible, moyen et fort-très fort. La figure 8, quant à elle, représente la répartition des indices de préférence affichés par l'ensemble des apprenants pour tous les styles d'apprentissage confondus.

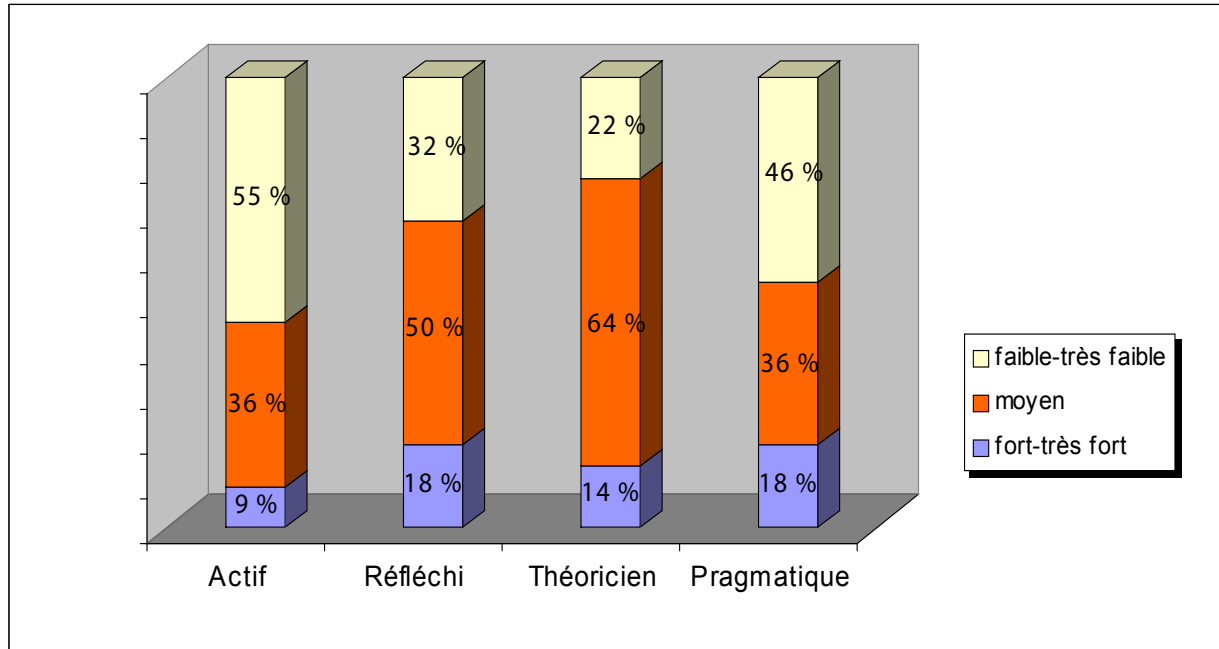


Figure 7. La répartition des apprenants par rapport aux indices de préférence

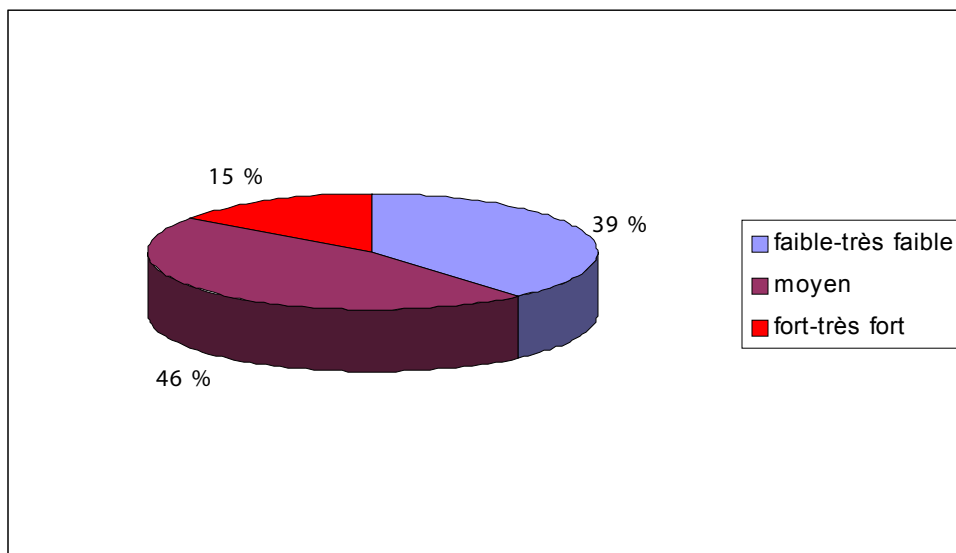


Figure 8. La répartition des indices de préférence affichés par les apprenants

D'après l'analyse des résultats propres aux styles d'apprentissage, nous constatons que :

- La répartition des apprenants pour chacun des styles d'apprentissage, par rapport aux indices de préférence, ne met en évidence aucun style majoritairement marqué par l'indice fort-très fort.
- Les styles actif et pragmatique sont plus marqués par l'indice faible-très faible en comparaison avec les styles théoricien ou réfléchi.
- Tous les apprenants affichent l'indice moyen et/ou faible-très faible dans au moins deux styles d'apprentissage.
- 59 % des apprenants affichent uniquement les indices moyen et/ou faible-très faible dans leurs styles d'apprentissage.
- 41 % des apprenants affichent l'indice fort-très fort dans au plus deux styles d'apprentissage.

Ces résultats ne rejoignent pas ceux de Page-Lamarche (2004) qui tendent à montrer que la majorité des apprenants affichent l'indice de préférence fort-très fort dans un style ou une combinaison de styles d'apprentissage. Nous ne pouvons donc affirmer qu'un style est dominant dans notre échantillon, mais nous considérons que plus de la moitié des apprenants n'ont pas un style d'apprentissage très marqué. Il est important de rappeler que la présente étude s'est déroulée dans un contexte où l'échantillon en question est constitué d'étudiants universitaires dont les études antérieures au niveau du baccalauréat peuvent influencer le développement des styles d'apprentissage (Kolb, 1984).

L'examen des styles d'apprentissage a permis aussi de constater que les apprenants ont affiché un même indice, particulièrement pour les combinaisons de styles d'apprentissage suivantes : théoricien-pragmatique, réfléchi-théoricien et actif-pragmatique. Ceci s'explique par le fait que des styles se combinent entre eux mieux que d'autres. Ce résultat rejoint les études de Fortin, Chevrier et Amyot (1997) qui montrent que les personnes de style actif ont tendance à développer certaines caractéristiques du

style pragmatique, mais rarement celles du style réfléchi et théoricien. D'autre part, les personnes de style réfléchi ont tendance à développer certaines caractéristiques du style théoricien, et partiellement celles du style pragmatique. Par ailleurs, les personnes de style théoricien ont tendance à développer certaines caractéristiques du style réfléchi et pragmatique. Enfin, les personnes de style pragmatique ont tendance à développer des caractéristiques des trois autres styles en insistant davantage sur celles du style théoricien.

4.2. Analyse des résultats propres aux performances des apprenants

Dans l'objectif d'évaluer l'apport de l'adaptation d'un cours en fonction des styles d'apprentissage des apprenants, par rapport à leurs performances, nous avons procédé à une évaluation sommative basée sur un QCM effectuée par les apprenants à l'issue de chaque parcours pédagogique. Le QCM est composé de questions réparties sur trois niveaux de difficulté (facile, moyen, difficile). Ces questions sont groupées en deux classes :

1. Théorique : questions qui examinent les connaissances acquises de nature théorique.
2. Pratique : questions qui examinent les connaissances acquises de nature pratique.

Nous avons choisi un modèle quantitatif pour évaluer le niveau de connaissances d'un apprenant. En effet, les questions de niveau facile sont notées sur 1 point, les questions de niveau moyen sont notées sur 2 points, et les questions de niveau difficile sont notées sur 3 points. Dans le cadre de notre expérimentation, un concept est considéré acquis par l'apprenant (succès) si ce dernier obtient une note de 12/20.

4.2.1. Les performances des apprenants par rapport aux parcours pédagogiques

Rappelons que notre environnement d'apprentissage offre quatre parcours pédagogiques : actif, réfléchi, théoricien et pragmatique. La sélection d'un parcours est effectuée selon une probabilité qui favorise davantage le parcours relatif au style préféré de l'apprenant. Si à l'issue d'un parcours sélectionné le QCM est réussi, nous enregistrons un succès en faveur de ce parcours, sinon nous enregistrons un échec. En plus, une note est attribuée au parcours sélectionné pour établir par la suite la moyenne des notes par rapport aux parcours pédagogiques.

Dans le but de comparer et interpréter les résultats propres aux parcours pédagogiques, il nous a semblé pertinent de vérifier combien de fois chaque parcours a été sélectionné à l'issue de l'utilisation de notre système hypermédia. Nous constatons à la figure 9 que les parcours pédagogiques ont été sélectionnés et proposés aux apprenants d'une manière presque équivalente.

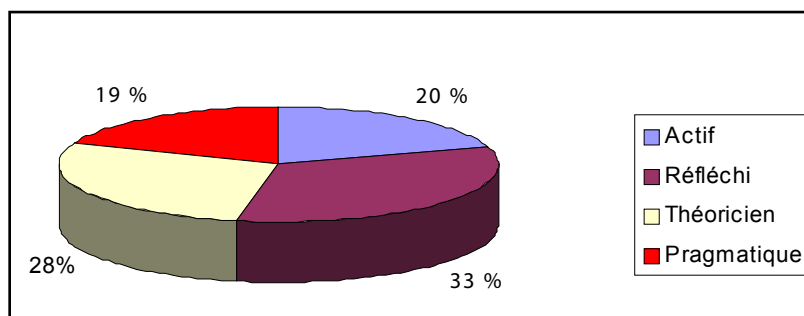


Figure 9. Les pourcentages de sélection des parcours pédagogiques

Les résultats qui sont présentés aux figures 10 et 11 ci-dessous concernent les pourcentages de succès et d'échec et la moyenne des notes par rapport aux parcours pédagogiques pour tous, concepts enseignés, apprenants et indices de préférence confondus.

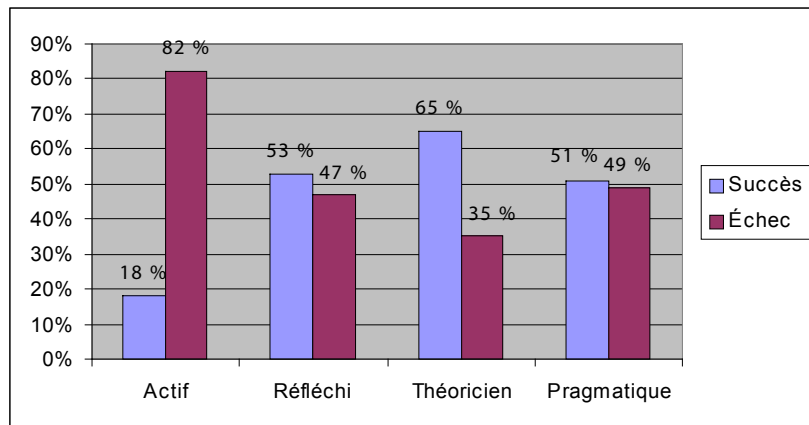


Figure 10. Les pourcentages de succès et d'échecs par rapport aux parcours pédagogiques

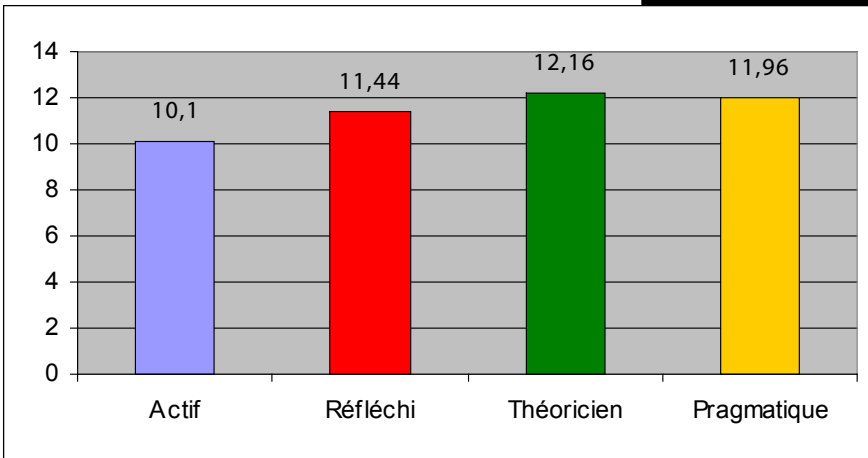


Figure 11. La moyenne des notes par rapport aux parcours pédagogiques

Ces résultats montrent qu'il y a plus de réussites dans le parcours théoricien par rapport aux autres parcours. Rappelons que l'examen des résultats propres aux styles d'apprentissage montre que seulement 22 % des apprenants ont une préférence faible ou très faible pour le style théoricien. En d'autres termes, la majorité des apprenants sont relativement favorisés dans le parcours théoricien.

En ce qui concerne le parcours actif, nous avons obtenu plus d'échecs, ce qui peut être expliqué par le nombre d'apprenants qui ont une préférence faible ou très faible pour le style actif (55 % des apprenants). Soulignons aussi que dans un apprentissage actif, l'apprenant préfère discuter, soulever différentes hypothèses, confronter ses idées aux autres et partager ses connaissances. Or, notre environnement d'apprentissage souffre effectivement d'un manque d'outils d'interaction qui favorisent les échanges entre les apprenants. Ceci peut contribuer aussi à l'échec dans le parcours actif.

De même, nous pouvons expliquer que l'effectif des apprenants qui ont une préférence faible ou très faible pour les styles pragmatique et réfléchi (respectivement 46 % et 32 %) peut mener à un taux de succès qui dépasse très légèrement le taux d'échec dans ces parcours. Ces résultats montrent que, dans notre cas, le taux de réussite dans un parcours pé-

dagogique peut être dépendant du nombre des apprenants qui affichent la préférence faible ou très faible dans le style correspondant à ce parcours.

4.2.2. Les performances des apprenants par rapport aux indices de préférence

Si à l'issue d'un parcours pédagogique sélectionné le QCM est réussi, nous enregistrons un succès en faveur de l'indice de préférence associé au style de l'apprenant qui correspond à ce parcours, sinon nous enregistrons un échec. De plus, une note est attribuée à l'indice de préférence en question.

Nous présentons aux figures 12 et 13 ci-dessous les pourcentages de succès et la moyenne des notes par rapport aux différents indices de préférence pour tous, concepts enseignés, apprenants et styles d'apprentissage confondus.

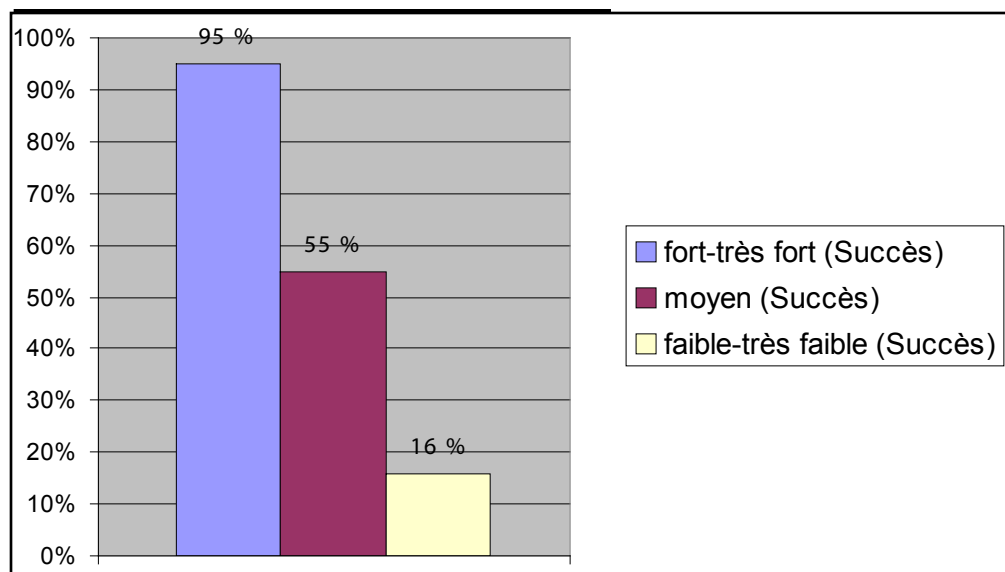


Figure 12. Les pourcentages de succès par rapport aux indices de préférence

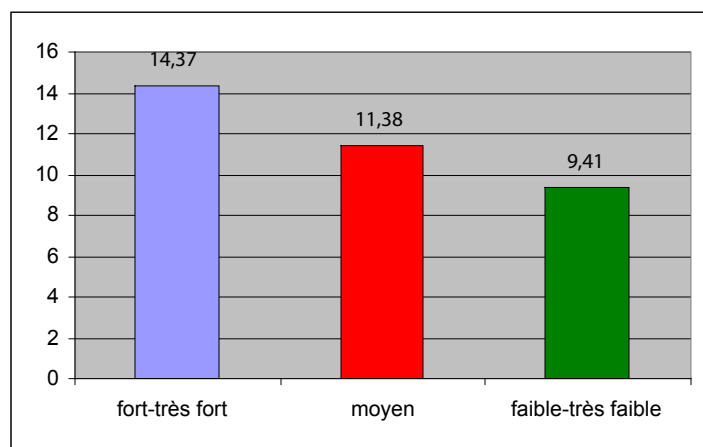


Figure 13. La moyenne des notes par rapport aux indices de préférence

Ces résultats montrent que lorsque le parcours pédagogique présenté à l'apprenant correspond à son style, marqué par l'indice de préférence fort-très fort, nous avons une réussite dans 95 % des cas. Dans la même logique, lorsque le parcours pédagogique présenté à l'apprenant correspond à son style, marqué par l'indice de préférence faible-très faible, nous avons une réussite dans 16 % des cas seulement. Lorsque le parcours pédagogique présenté à l'apprenant est adapté à son style marqué, par l'indice de préférence moyen, nous avons une réussite dans 55 % des cas. Nous constatons aussi que la moyenne des notes qui correspond à l'indice de préférence fort-très fort est nettement supérieure à celle de l'indice faible-très faible.

Ces résultats sont conformes à ceux publiés dans Bajraktarevic *et al.* (2003) qui montrent que l'adaptation d'un cours aux styles d'apprentissage des apprenants améliore leurs scores. Une autre étude expérimentale proposée dans Brown, Brailsford, Fisher, Moore et Ashman (2006) ne montre aucune influence sur les performances des apprenants. Les résultats de ces recherches peuvent parfois apparaître contradictoires. Nous ne pouvons donc affirmer définitivement que l'adaptation d'un cours au style d'apprentissage préféré de l'apprenant entraîne

l'amélioration de ses performances, mais nous pouvons souligner que, dans notre cas, cette adaptation a contribué effectivement à une amélioration des performances et à un grand taux de succès.

4.3. Analyse des résultats propres au questionnaire rempli par les apprenants

Lorsque les apprenants ont achevé les quatre parties du cours, nous leur avons distribué un questionnaire afin qu'ils puissent choisir explicitement leurs styles d'apprentissage préférés et donner leur avis concernant l'approche d'adaptation adoptée dans notre système hypermédia.

Le questionnaire a été rempli par 21 apprenants. Les questions proposées permettaient aux apprenants :

- De choisir explicitement leurs styles d'apprentissage préférés.
- D'indiquer s'ils étaient conscients des changements de parcours pédagogiques pendant l'apprentissage.
- De donner explicitement leur avis sur l'approche d'adaptation basée sur les styles d'apprentissage (utile, moyennement utile, neutre ou défavorable).

Quant aux résultats propres aux styles d'apprentissage, nous avons croisé pour chacun des apprenants les styles d'apprentissage choisis explicitement par rapport à ceux qui sont définis par LSQ-FA et nous avons obtenu les résultats suivants :

- 10 apprenants ont choisi des styles d'apprentissage conformes à ceux qui sont définis par LSQ-FA.
- 5 apprenants ont opté pour des styles d'apprentissage non conformes à ceux qui sont définis par LSQ-FA.
- 6 apprenants étaient neutres, ils n'ont pas mentionné leurs styles d'apprentissage préférés.

Si nous considérons uniquement les apprenants qui ont des styles d'apprentissage sélectionnés, nous avons une conformité dans 75 % des cas entre les styles définis par LSQ-FA et ceux qui ont été choisis explicitement. Ce résultat montre la validité des résultats obtenus par l'instrument LSQ-FA.

Concernant les autres questions posées :

- 76 % des apprenants ont été conscients du changement des parcours pédagogiques pendant l'apprentissage.
- 43 % des apprenants ont indiqué que l'adaptation était utile.
- 10 % des apprenants ont indiqué que l'adaptation était défavorable.
- 24 % des apprenants ont indiqué que l'adaptation était moyennement utile.
- 24 % des apprenants ont été neutres.

Globalement, ces résultats montrent que la majorité des apprenants reconnaissent leurs styles d'apprentissage. D'autre part, 67 % des apprenants déclarent que l'adaptation des cours en fonction des styles d'apprentissage a été globalement utile, contre uniquement 10 % des apprenants qui ont indiqué que cette adaptation a été défavorable.

Conclusions

Dans cet article, nous avons présenté la conception et la modélisation d'un système hypermédia d'enseignement adaptatif centré sur les styles d'apprentissage. Nous avons aussi accordé une importance à la conception des activités d'apprentissage, car ces dernières doivent refléter les dimensions liées aux différents styles d'apprentissage adoptés dans notre dispositif.

Les premiers tests de la mise en œuvre du système ont répondu aux objectifs. Nous avons vérifié l'apport de la prise en compte des styles d'apprentissage, en tant que critère d'adaptation, aux performances des apprenants. Les résultats sont encourageants et montrent que cette adaptation a

optimisé l'apprentissage et amélioré les performances des apprenants. Cependant, il faut être conscient que ce premier test ne pouvait à lui seul permettre une validation de notre prototype. Pour cela, nous définissons actuellement un protocole expérimental afin d'expérimenter plus amplement notre système dans un scénario et un contexte réel avec un plus grand nombre d'apprenants, inscrits dans un cursus universitaire sanctionné par un diplôme de niveau bac + 3. Aujourd'hui, notre objectif principal est de poursuivre la validation de notre dispositif par l'expérimentation.

Références

- Bajraktarevic, N., Hall, W. et Fullick, P. (2003). Incorporating learning styles in hypermedia environment: Empirical evaluation. Dans P. De Bra *et al.* (dir.), *AH2003: Workshop on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems* (p. 41-52). Récupéré du site de l'atelier à la Eindhoven University of Technology : <http://www.wis.win.tue.nl/ah2003/proceedings/numberedproceedings.pdf>
- Balleux, A. (2000). Évolution de la notion d'apprentissage expérientiel en éducation des adultes : vingt-cinq ans de recherche. *Revue des sciences de l'éducation*, 26(2), 263-286. Récupéré du site du consortium Érudit : <http://www.erudit.org/revue/rse/2000/v26/n2/000123ar.pdf>
- Brown, E., Brailsford, T., Fisher, T., Moore, A. et Ashman, H. (2006). Reappraising cognitive styles in adaptive Web applications. Dans *Proceedings of the 15th International Conference on World Wide Web* (p. 327-335). New-York, NY : Association for Computing Machinery.
- Carver, C. A., Howard, R. A. et Lane, W. D. (1999). Enhancing student learning through hypermedia courseware and incorporation of student learning styles. *IEEE Transactions on Education*, 42, 33-38.
- Cha, H. J., Kim, Y. S., Park, S. H., Yoon, T. B., Jung, Y. M. et Lee, J. H. (2006, juin). *Learning styles diagnosis based on user interface behaviors for the customization of learning interfaces in an intelligent tutoring system*. Communication présentée à la 8th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS 2006), Jhongli, Taiwan.
- Curry, L. (1983). An organization of learning style theory and constructs. Dans L. Curry (dir.), *Learning style in continuing medical education* (p. 115-123). Ottawa, Canada : Council on Medical Education, Canadian Medical Association.
- Delestre, N., Pecuchet, J. et Barry-Greboval, C. (1998, novembre). *L'architecture d'un hypermédia adaptatif dynamique pour l'enseignement*. Communication présentée au congrès Nouvelles technologies de l'information et de la communication dans les formations d'ingénieurs et dans l'industrie [NTICF], Rouen, France.
- Dunn, R. (2003). *The Dunn and Dunn learning styles model and its theoretical cornerstone*. Dans R. Dunn et S. Griggs (dir.), *Synthesis of the Dunn and Dunn learning styles model research: Who, what, when, where and so what* (p. 1-6). New York, NY : St. John's University.
- Felder, R. M. et Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(7), 674-681.
- Fortin, G., Chevrier, J. et Amyot, E. (1997). Adaptation française du « Learning styles questionnaire » de Honey et Mumford. *Mesure et évaluation en éducation*, 19(3), 95-118.
- Fortin, G., Chevrier, J., Leblanc, R. et Théberge, M. (2000). Le style d'apprentissage : un enjeu pédagogique en lien avec la personnalité. *Éducation et francophonie*, 28(1). Récupéré du site de la revue : <http://www.acef.ca/c/revue/revuehtml/28-1/05-fortin.html>
- Graf, S. (2007). *Adaptivity in learning management systems focusing on learning styles*. Thèse de doctorat non publiée, Vienna University of Technology, Autriche.
- Grasha, A. F. et Riechman, S. W. (1975). *Student learning styles questionnaire*. Cincinnati, OH : University of Cincinnati, Faculty Resource Center.

- Gregorc, A. F. (1979). Learning/teaching styles: Potent forces behind them. *Educational Leadership*, 36(4), 234-236.
- Honey, P. et Mumford, A. (2000). *The learning styles helper's guide*. Maidenhead, Royaume-Uni : Peter Honey.
- Hoogeveen, M. (1995). Toward a new multimedia paradigm: Is multimedia assisted instruction really effective? Dans H. Maurer (dir.), *Proceedings of ED-MEDIA 95. World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia* (p. 348-353). Charlottesville, VA : Association for the Advancement of Computing in Education [AACE].
- Kagan, J., Rosman, B. L., Day, D., Alpert, J. et Phillips, W. (1964). Information processing in the child: Significance of analytic and reflective attitudes. *Psychological Monographs: General and Applied*, 78(1).
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall.
- Mayo, M. et Mitrovic, A. (2001). Optimising ITS Behaviour with Bayesian Networks and decision Theory. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12, 124-153.
- Myers, I. et Briggs, K. (1962). *The Myers-Briggs type indicator*. Princeton, NJ : Educational Testing Services.
- Page-Lamarche, V. (2004). *Styles d'apprentissage et rendement académique dans les formations en ligne*. Thèse de doctorat non publiée, Université de Montréal, Canada.
- Papanikolaou, K. A., Grigoriadou, M., Kornilakis, H. et Magoulas, G. D. (2003). Personalizing the interaction in a Web-based educational hypermedia system: The case of INSPIRE. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 13(3), 213-267.
- Paredes, P. et Rodriguez, P. (2004). A mixed approach to modelling learning styles in adaptive educational hypermedia. *Advanced Technology for Learning*, 1(4), 210-215.
- Popescu, E. (2008). *Dynamic adaptive hypermedia systems for e-learning*. Thèse de doctorat non publiée, Université de Technologie de Compiègne, France.
- Sangineto, E., Capuano, N., Gaeta, M. et Micarelli, A. (2007). Adaptive course generation through learning styles representation. *Universal Access in the Information Society*, 7(1-2), 1-23.
- Sauvé, L., Nadeau, J.-R. et Leclerc, G. (1993). Le profil d'apprentissage des étudiants inscrits dans un certificat de cycle offert à distance et sur campus : une étude comparative. *Revue de l'enseignement à distance*, 8(2), 19-35. Récupéré du site de la Revue : <http://www.jofde.ca/index.php/jde/article/view/218/627>.
- Théberge, M., Leblanc, R. et Brabant, M. (1995). Le style d'apprentissage d'étudiants de la formation à l'enseignement. *Revue des sciences de l'éducation*, 21(3), 503-517.
- Witkin, H. A. (1976). Cognitive style in academic performance and in teacher-student relations. Dans S. Messick and Associates (dir.), *Individuality in learning: Implications of cognitive style and creativity for human development* (p. 38-72). San Francisco, CA : Jossey-Bass.
- Wolf, C. (2002). iWeaver: Towards an interactive Web-based adaptive learning environment to address individual learning styles. Dans M. Auer (dir.), *Blended learning: International workshop – Interactive Computer Aided Learning (ICL) 2002*. Kassel, Germany : Kassel University Press.