

Pixed : vers le partage et la réutilisation d'expériences pour assister l'apprentissage

Jean-Mathias Heraud, Alain Mille

jmheraud@lisi.univ-lyon1.fr, amille@lisi.univ-lyon1.fr

Université Claude Bernard, Lyon 1

Laboratoire d'ingénierie des systèmes d'information (LISI)

Bat 710 - 69622 Villeurbanne Cedex

Résumé

Pixed est un environnement interactif d'apprentissage assisté par ordinateur sur le Web. L'architecture de Pixed est basée sur l'utilisation de réseaux notionnels pour représenter les points de vue des apprenants (?) du modèle du domaine. Nous expliquons comment ce type de représentation, couplé à plusieurs systèmes d'annotation, apporte une aide aux apprenants et aux enseignants et encourage l'échange et la réutilisation d'expériences. Nous introduisons ensuite l'exploitation automatique de l'expérience qui constitue la clé de voûte de ce système d'aide aux utilisateurs.

Mots clés : environnement informatique d'apprentissage humain sur le web, constructivisme, modélisation de domaine, partage de représentations de cours, exploitation de l'expérience, EIAH

Abstract

This paper presents an overview of Pixed which is a Web-based Adaptive Educational Systems. The design of Pixed is based on the use of notional networks to represent the learners points of view on the domain model. We explain how this type of representation, together with several annotation systems, brings help to learners and teachers and encourages the exchange and the reuse of experiments. Then we introduce the automatic use of experiments (currently under development) which constitutes the keystone of this system of aid for users.

Keywords : Web-based Adaptive Educational Systems, constructivism, domain modeling, course-model sharing, case-based reasoning. (équivalent d'EIAH)

1. Introduction

Le développement des nouvelles technologies et de l'accès à Internet, ainsi que l'intérêt des industriels pour le "marché" de l'éducation [Href2] poussent l'université dans la voie de l'enseignement à distance. Cette inéluctable évolution des compétences universitaires est conditionnée par une modification du rôle de l'enseignant qui doit aider l'apprenant à se construire des connaissances et ne pas se contenter d'être un "transmetteur de connaissances".

Actuellement, les enseignants ne disposent pas d'outils performants leur permettant de conquérir ce nouvel espace de travail qu'est Internet. Les cours disponibles en ligne ne sont généralement que des transcriptions

numériques de versions papiers et les environnements d'apprentissage sur le Web contrefont les modes d'enseignements classiques. Ce mode d'enseignement transmissif, inspiré de l'enseignement programmé [Ski58], est inadapté aux besoins des apprenants de demain [Laf96].

Par contraste, Pixed (Projet d'Intégration de l'eXpérience en Enseignement à Distance) se fonde sur un modèle constructiviste [Phi95]. L'apprenant, qui se construit activement sa représentation des connaissances, est au cœur du système. L'enseignant n'en perd pas pour autant son rôle actif : Pixed est un outil permettant l'échange et la réutilisation de représentations des connaissances, entre apprenants, entre apprenants et enseignants, et entre enseignants.

En cela Pixed peut être rapproché du système Nestor [Bel99] développé par Romain Zeiliger, même s'il ne s'agit pas d'un environnement dédié à l'enseignement. Dans les deux systèmes, les utilisateurs se construisent leur vision du domaine qu'ils peuvent échanger. Mais, à la différence de Nestor, Pixed génère la structure hyper-textuelle du cours en fonction des représentations des utilisateurs : les différentes visions du cours ne sont donc pas dépendantes des documents. Pixed se distingue également des autres systèmes par l'utilisation de l'expérience concrète du système. Par expérience concrète nous désignons les épisodes (traces) d'apprentissage que le système enregistre au cours de son utilisation. Cette expérience, ajoutée aux informations que le système possède sur ses utilisateurs, va constituer le squelette des cas utilisés dans un moteur de Raisonnement à Partir de Cas (RàPC) [Aam94]. L'intégration du paradigme RàPC a pour objectif de répondre à une double problématique : aider la navigation et la construction du domaine par l'expérience.

2. Qu'est-ce que Pixed ?

Pixed est un environnement complet de gestion de cours sur le Web disponible sur toutes les plateformes disposant d'une machine virtuelle Java. Tout comme les principaux systèmes commerciaux existants webCT [Href6] ou LearningSpace [Href7], il intègre des outils de communication synchrone (de type irc), asynchrone (un forum de discussion) et une gestion

d'agenda partagé. Mais ces systèmes en proposant à l'enseignant de gérer ses élèves en classes et de gérer ses examens à dates fixes, copient les modes d'enseignement classiques sans exploiter réellement les possibilités offertes par le Web. De plus ils n'apportent aucune aide méthodologique à l'enseignant pour la création de son cours, ni aucune aide à l'apprenant pour compenser l'absence physique de l'enseignant et atténuer les difficultés induites par les hypermédias (surcharge cognitive [Rou98], désorientation [Cas96]). Il est donc plus judicieux de comparer Pixed aux systèmes expérimentaux issus de la recherche tels ELM-ART [Href5] ou "2L690: Hypermedia structures and systems" [Href4] qui tentent d'adapter l'enseignement (navigation dans le cours et présentation des documents) à l'apprenant, lui facilitant alors la tâche. Comme ces systèmes, Pixed apporte aux apprenants une aide grâce aux hypermédias adaptatifs mais cherche également à briser le modèle transmissif où l'enseignant est un délivreur de savoir.

Dans les systèmes précédemment cités l'enseignant décrit un cours qui va être transmis, sous une forme adaptée à l'apprenant, par le système. Le savoir appartient donc à l'enseignant et le système n'est qu'un média lui permettant de le communiquer à l'apprenant. Dans Pixed l'apprenant est considéré comme un acteur de la construction du cours et non plus comme un consommateur. Par ses annotations, ses choix de parcours et ses propositions, il participe à l'évolution de la représentation du domaine du cours et se construit un savoir.

2.1. Pixed : un outil pour les apprenants

Parmi l'ensemble des adaptations d'hypermédias dégagées par Peter Brusilovsky [Bru96], nous avons choisi de centrer nos recherches sur les aspects d'ordonnancement de programmes d'études et de navigation adaptative (2.1.1.) car c'est sur ces points que nous pensons que les avancées en termes d'aide à l'apprentissage sont les plus significatives. Cependant Pixed possède également des fonctionnalités d'annotation (2.1.3.) permettant au système d'adapter la présentation des documents aux apprenants (2.1.2.).

2.1.1. Adaptation du chemin

Pixed propose un parcours dans l'hypermédias du cours adapté au modèle de l'apprenant. Ce modèle d'apprenant cherche à répondre aux spécifications du Learner Model Working Group du LTSC (IEEE Learning Technology Standards Committee) [Href3], et intègre un réseau notionnel annoté [Her98]. Ce type de réseau est une forme de réseau sémantique appauvri où les relations retenues sont fortement liées à des aspects didactiques et andragogiques.

Concrètement Pixed propose 3 modes de navigation aux apprenants:

- *linéaire* : une séquence de documents numérotés générée à partir du modèle d'apprenant [Her99] est fournie à l'apprenant. Le système choisit donc les notions, l'ordre de présentation de ces notions et

les documents pertinents. La séquence proposée est initialement issue d'une différence entre le modèle construit par les enseignants¹ et celui représentant l'apprenant (modèle de l'apprenant). A partir du sous graphe obtenu, des simplifications sont effectuées afin de rendre ce graphe acyclique. Ces simplifications sont fonctions des compositions de relations (équivalences), des annotations des enseignants et de l'expérience concrète du système (3.2.). Ce mode est le plus proche d'un cours classique où le déroulement du cours est décidé à l'avance par l'enseignant ainsi que la liste des documents pédagogiques associés, la présentation du cours est cependant adaptative (2.1.2.).

- *assisté* : (Figure 1) l'apprenant dispose d'une séquence de documents (avec possibilité de branchements dans le parcours) ainsi que de la carte de l'hypermédias correspondant. Cette carte ne représente que les notions sémantiquement proches des notions situées sur le chemin proposé dans le mode précédent. L'apprenant a donc la possibilité de consulter des documents expliquant des notions en relation directe avec celles nécessaires (d'après le modèle) à l'apprentissage de la notion objectif.
- *libre* : dans ce mode, la carte de l'hypermédias est l'unique moyen de navigation. L'apprenant est libre de naviguer parmi toutes les notions du cours et pour chaque notion il peut choisir parmi les documents associés. Le système lui procure cependant des conseils (couleurs des icônes) sur la pertinence estimée des notions en fonction de la notion constituant son objectif, ainsi que sur la pertinence de chaque document par rapport à la notion choisie.

¹ il s'agit plus exactement de la fermeture transitive directe issue de l'objectif d'apprentissage dans ce modèle

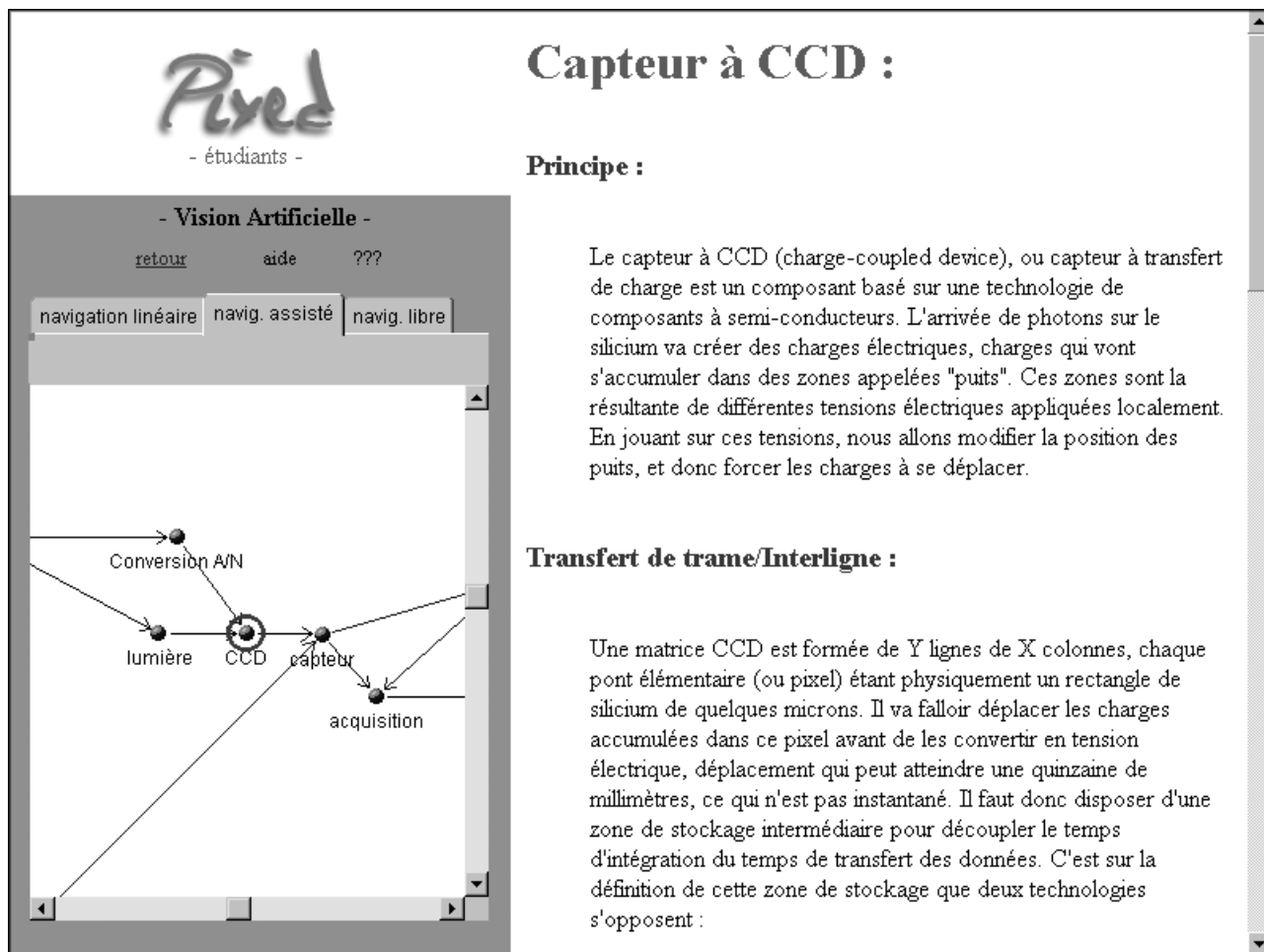


Figure 1: outil de navigation -étudiant

Ainsi l'apprenant peut choisir d'être plus ou moins aidé par le système, à tout moment il reste libre de changer son mode de navigation. Dans les deux derniers modes, l'apprenant peut annoter (2.1.3.1.) et éditer la carte de l'hypermédia et construire ainsi sa propre représentation du domaine du cours.

2.1.2. Adaptation du contenu

Il existe deux formes d'adaptation du contenu Pixed, chacune des ces adaptations étant à la fois fonction des choix des utilisateurs et de l'expérience du système.

- Choix d'un document parmi plusieurs : lorsque pour une notion donnée il existe plusieurs documents pertinents, Pixed doit sélectionner celui à présenter à l'apprenant. Pour cela il tient compte des recommandations des enseignants (annotation hors contexte de l'enseignant), du modèle de l'apprenant et de sa propre expérience. Nous désignons par "annotation hors contexte" une annotation sur l'ensemble du document, les "annotations en contexte" étant attachées à une partie du document (un paragraphe, une phrase, un mot).

- Lorsqu'un document a été sélectionné (et s'il s'agit d'un document HTML), Pixed procède à une seconde adaptation en masquant une partie du document. Pour cela Pixed tient compte des annotations des enseignants et du modèle de l'apprenant. Les parties de documents masquées peuvent cependant être consultées par l'apprenant en cliquant sur les balises en contexte qui signalent un complément d'information. Là encore le système peut utiliser son expérience en complément des annotations des enseignants.

Une originalité de Pixed tient au fait que la présentation adaptative n'est pas uniquement basée sur le modèle de l'apprenant. Cette adaptation est fonction de l'expérience (référence au paragraphe qui en parle) et des annotations de documents, ainsi les enseignants et apprenants participent à l'adaptation.

2.1.3. Les possibilités d'annotation

Pixed offre aux apprenants la possibilité d'annoter la représentation du domaine qui leur est proposé (2.1.3.1) ainsi que les documents (2.1.3.2). Ils

disposent également d'un outil d'édition du domaine (2.1.3.3) équivalent à celui des enseignants.

Les outils d'annotations mis en œuvre, de part leur diversité et leur utilisation, constituent une autre originalité de Pixed. De plus Pixed ayant pour objectif d'aider les étudiants à se construire un savoir, il était important de leur offrir plusieurs outils d'interaction avec le cours afin de les faire participer activement.

2.1.3.1. Annoter le parcours

Dans les modes de navigation libre et assisté, l'apprenant peut annoter toutes les notions qui lui sont proposées dans le cadre de navigation, qu'il ait ou non consulté des documents expliquant cette notion. L'intérêt de ce type d'annotation est principalement l'aide à la construction du savoir pour les apprenants.

Ces annotations sont personnelles, et donc uniquement à destination de l'auteur, elles sont néanmoins utilisées par le système de manière purement statistique pour informer les enseignants des intérêts des apprenants.

2.1.3.2. Annoter les documents

Dans tout document HTML du cours, l'apprenant a la possibilité de créer des annotations en contexte (concernant une partie du document). Il lui suffit de surligner le passage qu'il désire annoter puis d'un simple clic avec le bouton droit de la souris ouvrir la boîte de dialogue d'annotation contextuelle. Ces annotations sont à la fois de type choix multiples (donc facilement traitables par le système) et de type texte libre. L'apprenant a alors la possibilité de garder cette annotation pour lui ou de la partager avec les autres apprenants ou enseignants. Là encore l'apport de l'outil est de permettre la construction du savoir chez l'apprenant, néanmoins ce type d'annotation est plus orienté vers le partage et la réutilisation.

2.1.3.3. Editer et annoter le modèle du domaine

Les apprenants disposent d'un outil d'édition de leur modèle du domaine. Cet outil leur permet d'annoter la

vision que le système a d'eux, ils peuvent ainsi exprimer leurs accords et désaccords sur cette vision. Concrètement, ils peuvent donner leur estimation de la maîtrise qu'ils ont de chaque notion et y ajouter une annotation. Cette annotation est à destination de l'enseignant responsable du cours et éventuellement de tous les autres étudiants si l'apprenant le désire.

Notre volonté est ici de fournir à l'apprenant la possibilité d'exprimer son désaccord avec le point de vue du système et ainsi de fournir un outil de dialogue apprenant - enseignant centré sur la vision du domaine afin d'en encourager l'utilisation.

2.2. Pixed pour les enseignants

Pixed sépare structure et contenu du cours tout en proposant une beaucoup plus grande liberté dans l'édition de cette structure. La structure hyper-textuelle n'apparaît pas directement, elle est en fait issue de la représentation du domaine sous forme d'un réseau notionnel construit par les enseignants qui peuvent éditer librement leurs représentations du domaine (2.2.1.), ou se faire aider par le système (3.4.). Chaque enseignant possède sa propre représentation qu'il peut partager avec les autres utilisateurs. Les documents du cours n'ayant pas de liens hypertextuels entre eux, il sont ajoutés et décrits par l'enseignant (2.2.2.) en fonction du modèle du domaine. //commentaire : il n'y a pas de lien hypertextuel, mais les pages sont joignables via le réseau notionnel.

2.2.1. Edition du modèle

Le modèle du domaine est représenté par un réseau notionnel [Her98]. Pixed fournit une interface graphique (figure 2) permettant aux enseignants d'éditer ce réseau. Chaque enseignant possède sa propre représentation du modèle et plusieurs enseignants ont la possibilité de partager une représentation commune.

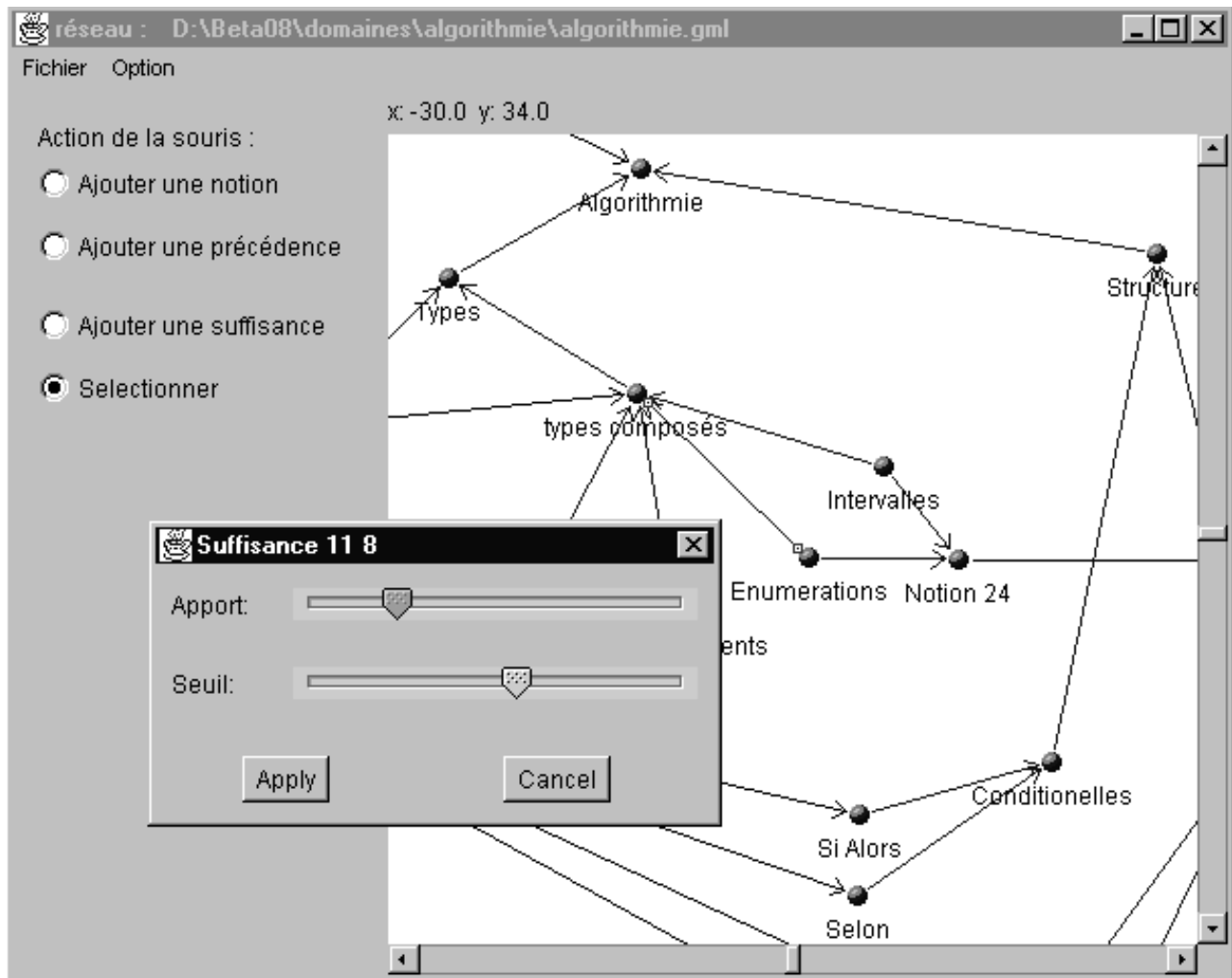


Figure 2: éditeur de réseau notionnel – enseignants

La création et la maintenance de ce modèle constitue une tâche supplémentaire pour les enseignants, mais nous pensons que ce surcoût de travail est bénéfique sur le long terme : le domaine est représenté de façon explicite ce qui va favoriser le partage et la réutilisation des modélisations et documents entre enseignants.

2.2.2. Ajout de documents

L'enseignant peut déposer et supprimer des documents pédagogiques dans le format de son choix. A chaque document est attachée une description (auteur, date, taille, type ...) qui contient également la liste des liens établis par l'enseignant entre ce document et les notions du modèle. L'enseignant peut spécifier quelles sont la ou les notions principales expliquées dans ces documents et peut également donner une liste de notions nécessaires à la compréhension de ce document. Le système apporte ici une aide à l'enseignant en présélectionnant les notions nécessaires à la compréhension du document en fonction des relations du modèle du domaine. L'enseignant reste libre de suivre ces recommandations en ajoutant ou supprimant des notions de cette liste.

Le choix de cette méthodologie de mise à disposition des documents peut sembler une contrainte pour les enseignants, mais elle nous semble nécessaire à une rapide exploitation de ces documents. Cependant Pixed laisse la possibilité aux enseignants d'ajouter des documents au cours, sans pour autant les relier au modèle du domaine. Le document ne sera donc pas exploitable par le système en l'état, mais il le deviendra dès qu'un enseignant l'aura annoté. //commentaire, comment fait-il pour le trouver ?//

Pixed offre également un outil pour la création interactive de Questionnaires à Choix Multiples. L'enseignant a la possibilité de créer des questions puis de les regrouper en tests. Il peut alors mettre les tests à disposition dans le cours comme les autres documents et le système peut les utiliser dans l'évaluation des connaissances de l'élève.

2.2.3. Possibilités d'annotation

Pixed offre de nombreuses possibilités d'annotation, que ce soit pour les réseaux notionnels ou les documents (en contexte ou hors contexte). Ceci afin de guider l'adaptation mais aussi de fournir un outil permettant aux enseignants de communiquer entre eux

et avec les apprenants. Ainsi nous espérons stimuler un dialogue autour des représentations de domaine pour encourager leur utilisation.

2.2.3.1. Annotation de réseau notionnel

Un enseignant peut annoter son propre réseau notionnel à l'intention de ses étudiants afin, par exemple, de leur signifier quelles sont les notions fondamentales du domaine. Il peut aussi annoter le réseau d'un de ses étudiants afin de communiquer avec lui sur sa vision du domaine, par exemple pour lui signifier qu'il fait une erreur d'interprétation.

2.2.3.2. Annotation hors contexte de documents

L'enseignant dispose d'une vue de la base des documents globale et d'une vue par notion, il peut y annoter l'ensemble du document de deux façons : en lui attachant une note d'intérêt par notion et une description textuelle.

- La note d'intérêt peut être utilisée par le système lorsqu'il aura à faire un choix de document ou pour mettre à disposition un document qui ne l'était pas encore.
- L'annotation textuelle étant destinée aux apprenants désirant choisir eux même le document à consulter (troisième mode de navigation), ou aux enseignants désirant réutiliser des documents de ce cours dans un autre cours.

2.2.3.3. Annotation en contexte de documents

Pour tous les documents HTML, l'enseignant dispose de trois outils d'annotation en contexte :

- le premier lui permet de colorer des parties du texte en spécifiant à quel public (novice, intermédiaire, expert) ces parties s'adressent. Ces annotations seront utilisées par le système qui pourra ainsi masquer les parties d'un document qui semblent inadaptées au modèle d'un apprenant. Par exemple la figure 3 montre un enseignant en train de spécifier qu'une partie d'un document est facultative pour un étudiant expert.
- Le second outil permet d'attacher des parties de documents à des notions. Comme dans le mode d'ajout de documents il peut spécifier les notions expliquées et les notions nécessaires à la compréhension. Le but de cette annotation est d'aider la mise à la disposition et le choix de documents.
- le dernier lui permet d'attacher des annotations textuelles en contexte dans le document. Ces annotations seront ajoutées au document sous la forme de petites icônes "note" dans le texte du document présenté.

Ces trois outils sont basés sur Yawas [Den00] qui est un outil d'annotation simple d'utilisation pour les utilisateurs. Il suffit à l'utilisateur de sélectionner une partie du texte puis, d'un simple clic droit, un menu contextuel lui permet de déposer une annotation.

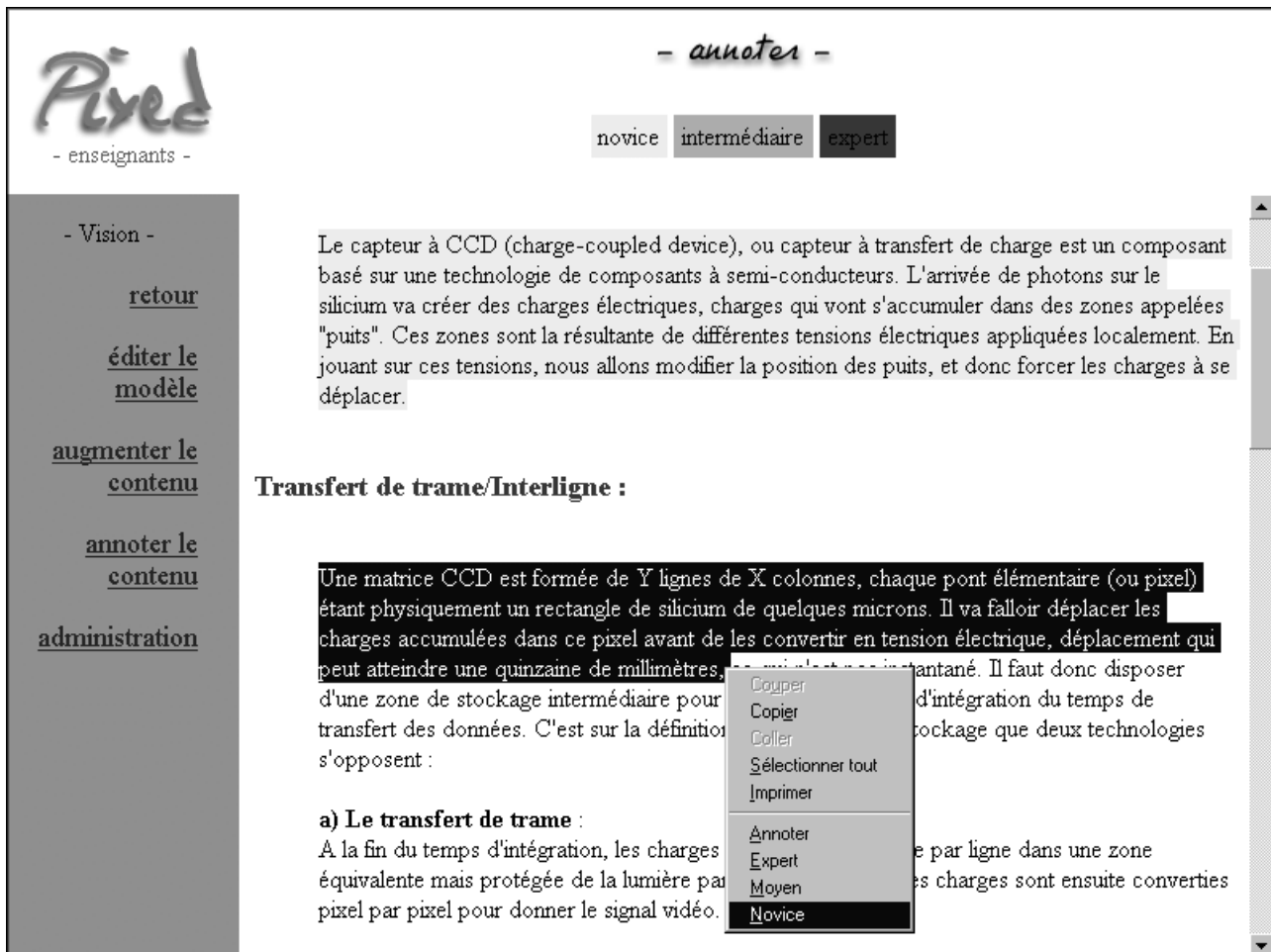


Figure 3 : outil d'annotation 1 – enseignants

2.2.4. Echange de représentations

Outre leur rôle d'aide à la modélisation du domaine, les réseaux notionnels constituent un moyen d'échanges entre tous les utilisateurs du système. Par exemple l'enseignant a la possibilité de consulter le modèle d'un apprenant et le comparer graphiquement au sien, le réseau notionnel est alors un moyen d'évaluation du travail de l'apprenant pour l'enseignant. L'annotation du réseau permet aux étudiants de signaler quelles sont les notions qu'ils ne comprennent pas, celles pour lesquelles ils aimeraient des documents supplémentaires, etc.

3. Les pistes pour l'intégration de l'expérience

Un prototype de Pixed, tel que nous venons de le décrire à été implémenté [Hrefl] et est actuellement en cours d'utilisation. Mais l'objectif final de ce travail de recherche est l'intégration de l'expérience dans le système. C'est pourquoi nous avons tenu à expliquer ici les pistes sur lesquelles nous travaillons actuellement, car elles constituent la clé de voûte de l'ensemble du système.

3.1. Qu'est-ce que l'expérience ?

L'expérience du système est constituée des épisodes (traces) d'apprentissage, que le système enregistre au cours de son utilisation, stockés sous la forme de cas. Un cas de la base est un triplet constitué du modèle initial d'un apprenant, de sa trace de navigation et de l'état final de son modèle d'apprenant.

3.2. L'expérience guide la navigation

L'utilisation de l'expérience pour l'aide à la navigation telle que nous la concevons peut se résumer ainsi : le système élabore un cas à partir du nouvel apprenant puis il cherche dans la base les cas similaires. Cette similarité (de type Tversky [Tve77]) est fonction des distances particulières entre notions identiques, des annotations et de la notion objectif d'apprentissage.

Le système va extraire le parcours du cas adapté obtenu, puis l'augmenter et l'annoter en fonction des annotations des apprenants qui ont servi à élaborer les cas similaires. Ce parcours adapté est proposé à l'apprenant qui est évalué en fin de parcours. Le système apprend alors ce nouveau cas en le mémorisant.

Lors de la phase d'apprentissage Pixed conserve aussi la trace de ré-utilisation (le cas élaboré + les cas similaires + le cas stocké). Ce second type de trace va

constituer une seconde base de cas qui a pour but de permettre au système d'affiner ses mesures de similarités.

3.3. L'expérience : utilisation statistique

La première utilité de l'expérience du système est de renseigner l'enseignant sur l'utilisation de son cours. Ainsi le système lui signale quelles sont les notions et les documents les plus et les moins consultés. De ce point de vue l'expérience est un fichier de log. amélioré.

Des modifications des pondérations des relations peuvent aussi être proposés par le système sur le même principe statistique : si la non-maîtrise d'une notion semble plus pénalisante pour l'apprentissage de la notion objectif, le système propose une augmentation du seuil de la relation de précédence associée. L'expérience constitue ici une aide importante, car il est très difficile à un enseignant d'estimer les seuils et apports des relations.

Comme nous l'avons signalé précédemment (2.1.2.), lorsque le système doit choisir entre plusieurs documents, il intègre l'expérience dans l'évaluation de la pertinence de chaque document. Ainsi un document qui aura été beaucoup consulté dans des cas similaires d'apprentissages positifs et peu dans des cas d'apprentissages négatifs sera favorisé.

3.4. L'expérience aide la maintenance du modèle du domaine

Pixed propose à l'enseignant des modifications de son modèle permettant de mieux expliquer les réussites ou échecs des apprenants par rapport à leur utilisation de son modèle. Par exemple, si une notion signalée par l'enseignant comme précédente à un apprentissage n'est jamais consultée par les apprenants sans pour autant nuire à leur apprentissage, Pixed proposera à l'enseignant de remettre en cause cette relation. En observant les réussites des apprenants ayant suivi les parcours proposés par le système (3.2.), Pixed pourra proposer à l'enseignant de nouveaux liens qu'il n'aurait pas prévu dans son modèle.

4. Discussion

Avec les nouvelles technologies éducatives doivent venir de nouvelles méthodes d'enseignement. Pixed, en séparant structure et contenu du cours, permet de mieux utiliser l'hypertexte mais aussi d'amorcer une nouvelle façon d'enseigner. Les deux points clés de Pixed sont :

- la réutilisation et le partage de représentations du cours,
- la réutilisation et le partage de l'expérience concrète.

Nous croyons que cette méthodologie de création de cours est plus adaptée à un environnement d'apprentissage hypermédia. Les représentations de cours, indépendantes de toute structure hypertextuelle, étant à la base de tous les échanges et l'expérience

étant le point clé qui doit permettre aux utilisateurs de se sentir aidés dans leurs tâches.

La prochaine étape de nos travaux de recherche est l'intégration effective de l'utilisation de l'expérience dans Pixed puis une phase de test avec un grand nombre d'utilisateurs afin de valider la validité de notre approche à une grande échelle. Suivant le succès que nous obtiendrons, notre recherche pourra prendre diverses directions telle que l'évaluation des apprenants en fonction de leurs annotations (annotations de documents, annotation de réseau notionnel) ou l'instauration d'une forme de tutorat en fonction des représentations complémentaires (proposer à un apprenant, maîtrisant les notions utiles à un autre apprenant, de devenir son tuteur).

5. Références

[Href1] <http://welcome.to/pixed/>

[Href2]

<http://www.lotus.com/home.nsf/tabs/learnspace>

[Href3] <http://ltsc.ieee.org/>

[Href4] <http://www.wis.win.tue.nl/2L690/>

[Href5] <http://www.psychologie.univ-trier.de/8000/elmart/>

[Href6] <http://www.webct.com/>

[Href7]

<http://www.lotus.com/home.nsf/welcome/learnspace>

[Aam94] Aamodt A. and Plaza E., "Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches" AI Communications 7, pp.39-59, 1994.

[Bel99] Bélisle C., Zeiliger R. and Cerratto T., "S'orienter sur le Web en construisant des cartes interactives : le navigateur NESTOR", in Hypertextes, hypermedias et internet H2PTM'99, pp101-117, 1999.

[Bru96a] Brusilovsky P., "Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia", in User Modeling and User-Adapted Interaction, pp. 87-129, 1996.

[Bru97] Brusilovsky P., Eklund J. & Schwarz E., "Adaptive Navigation Support in Educational Hypermedia on the World Wide Web", in Human-Computer Interaction INTERACT97, Sydney, 1997.

[Cas96] Castelli C., Collaso L. & "Getting Lost In Hyperspace: Lessons Learned And Future Directions", in EDMEDIA96, 1996.

[Den00] Denoue L., "An annotation tool for Web browsers and its applications to information retrieval", in Recherche d'Informations Assistée par Ordinateur RIAO2000, Paris, 2000.

[Her98] Heraud J.M., "Les réseaux notionnels : un outil pour modéliser les apprenants dans une application de télé-enseignement", Rapport de DEA, DEA d'Informatique de Lyon, UCB/ENS/INSA Lyon, 1998.

[Her99] Heraud J.M., Mille A., Jolion J.M., "Les réseaux notionnels : un outil pour guider la navigation dans un cours hypermédia", in IIIème Colloque Jeunes Chercheurs en Sciences Cognitives, Soulac, pp. 116-121, 1999.

[Laf96] Laferriere T., "Towards a Society of Learners", TACT, 1996.

[Phi95] Phillips D.C., "The good, the bad, and the ugly: The many faces of constructivism", in Educational Researcher, pp. 5-12, 1995.

[Rou98] Tricot A. & Rouet J.F., "Chercher de l'information dans un hypertexte : vers un modèle des

processus cognitifs", in "Les hypermédias, approches cognitives et ergonomiques", Hermes, 1998.

[Ski58] Skinner B., "Teaching machine", in Science, pp. 969-977, 1958.

[Tve77] Tversky A., "Features of Similarity" in Psychological Review, pp.327-352, 1977.