

Un modèle général d'adaptation des hypermédia

Azzeddine Chikh^{1,2}, Abdelkrim Daoudi¹

¹INI (Institut National d'Informatique) BP 68 M
Oued-Smar 16270 Alger

²LIHS (Laboratoire d'Interaction Homme-Systèmes)
UTI Place Anatole-France
31042 Toulouse Cedex

a_chikh@ini.dz

Tél : 02 51 63 91

daoudi.abdelkrim@mailcity.com

Résumé : Cet article s'inscrit dans le thème des hypermédia adaptatifs qui constitue une nouvelle direction de recherche dans le domaine des systèmes adaptés à l'utilisateur. On assiste aujourd'hui à une croissance exponentielle des hypermédia, au contenu varié et multimédia, et de leurs utilisateurs, dont le nombre ne cesse d'augmenter considérablement de jour en jour, grâce aux nouvelles technologies de diffusion : CD-ROM, Intranet, Internet, etc. Les utilisateurs ayant des objectifs et des connaissances multiples et différents, peuvent être intéressés par différentes pièces d'informations et peuvent utiliser différents liens dans la navigation. L'adaptation permet de résoudre les problèmes des hypermédia qui sont utilisés par différentes classes d'utilisateurs et de protéger l'utilisateur contre la désorientation et la surcharge cognitive. Le présent travail qui ne représente pas une solution complète et définitive au problème d'adaptation, vise un double objectif. Le premier est de rappeler les questions majeures qui y sont liés et les techniques susceptibles de le résoudre. Le second objectif consiste à bien le définir et à lui associer un modèle général qui constitue une plate forme nécessaire à toute technique, méthode ou approche qui tente de le résoudre. Poser le problème d'adaptation des hypermédia consiste à définir un hypermédia, un utilisateur et à déterminer les objectifs d'adaptation. Le modèle général associé à ce problème est constitué de quatre parties. La première partie est le modèle de l'hypermédia qui est défini par le domaine, les connaissances de ce domaine, un contenu et un ensemble de liens entre les portions de contenu. La seconde partie est le modèle de l'utilisateur, qui est composé du profil, des objectifs, des préférences et des connaissances des utilisateurs. La troisième partie est composée des objectifs d'adaptation. Enfin la quatrième partie concerne l'ensemble des techniques d'adaptation utilisées. Chacune de ces dernières est définie par la ou les méthodes qu'elle implémente, les objectifs d'adaptation qu'elle vise, ses domaines d'application, les critères d'adaptation qu'elle utilise et les éléments qu'elle adapte.

Mots Clés : problème d'adaptation, modèle général d'adaptation, modèle d'hypermédia, modèle utilisateur, objectifs d'adaptation, techniques d'adaptation.

2 INTRODUCTION :

Un besoin des hypermédia adaptatifs se fait de plus en plus sentir dans le but de réduire au maximum les problèmes de désorientation et de surcharge cognitive de l'utilisateur. Cette adaptation s'appuie naturellement sur des méthodes issues de l'intelligence artificielle, des sciences cognitives, des statistiques, etc. Ces méthodes sont nombreuses : explications supplémentaires, explications pré requises et comparatives, guidage global, guidage local, support d'orientation local, gestion des vues personnalisées, ...etc ; et fondées sur des concepts multiples.

Il s'ensuit qu'il n'est pas toujours facile aux concepteurs et développeurs de systèmes hypermédiés adaptatifs, à contexte d'application particulier: systèmes éducatifs, systèmes d'information on-line, systèmes d'aide on-line, systèmes de recherche d'information, systèmes d'information institutionnels; de connaître quelle est la méthode la mieux adaptée.

Pour cela, il est tout à fait impératif de bien connaître quelles sont les hypothèses qui sous tendent chacune des méthodes, d'en peser les avantages et inconvénients et de bien discerner les conséquences qu'elles induisent sur les hypermédias adaptés.

Face à une telle question, le pas à franchir pour formuler une modélisation globale de l'adaptation des hypermédias n'est pas bien grand. Cette modélisation doit bien sûr être capable de fournir un moyen de description et d'analyse universelle, dans le sens où ce moyen s'applique à la plus grande variété possible des problèmes. Mais elle doit également permettre d'englober toutes les méthodes recensées dans un formalisme commun, qui met en avant les hypothèses de chacune et permet ainsi de faire un choix, de se situer dans un mode de pensée et de les comparer. Le travail proposé ici tente de fournir une réponse à ces questions. En ce sens, il doit être perçu comme une sorte de « grille » d'analyse des problèmes d'adaptation. C'est ainsi que sont, regroupées, situées les unes par rapport aux autres, toutes les composantes d'un problème d'adaptation d'hypermédias.

A ce titre, il s'adresse à tous ceux qui, confrontés à un problème d'adaptation, concepteurs et développeurs des systèmes hypermédias adaptatifs, ont à faire des choix, à les expliquer et à les justifier. S'il n'est pas là pour leur donner une solution « recette » toute prête à leur problème, ce travail les aidera à mieux cerner tous les aspects de ce problème. Le dépassement actuellement ressenti des adaptations basées simplement sur les préférences des utilisateurs conduit de plus en plus souvent à intégrer la dimension « connaissances » des utilisateurs. Par ailleurs, on est passé d'une approche d'adaptation statique vers une approche d'adaptation dynamique, capable d'évoluer en réponse à l'évolution des objectifs et des connaissances de l'utilisateur.

Après cette introduction, la seconde partie présente une typologie des systèmes hypermédias adaptatifs, les éléments, les méthodes et les techniques d'adaptation existant dans la littérature. Le problème d'adaptation des hypermédia et le modèle général associé, objets de cet article, seront présentés dans la troisième partie. Une application du modèle général sur une étude de cas, qui consiste à concevoir un système d'information métropolitain adaptatif, est présentée dans la quatrième partie. Enfin, la conclusion montre l'intérêt de cette modélisation et la nécessité de la compléter par une définition formelle.

2 LES POINTS CLES DANS LES HYPERMEDIAS ADAPTATIFS :

2.1 La typologie des systèmes hypermédia adaptatifs :

Une analyse [BRUS96] des systèmes hypermédia adaptatifs actuels a permis de les classer en six domaines d'application :

2.1.1 Les systèmes éducatifs

Les systèmes hypermédia éducatifs existants sont des hyperespaces relativement petits représentant des cours particuliers. Le but de l'apprenant est généralement d'assimiler toutes les connaissances du cours. La plus importante caractéristique de l'utilisateur dans cette classe d'hypermédia est ses connaissances antérieures dans le domaine. Les techniques des hypermédias adaptatifs peuvent être utilisées pour résoudre un certain nombre de problèmes associés à l'utilisation des hypermédias : la variété et l'évolution des connaissances des utilisateurs, l'aide navigationnelle des novices, etc. [HAMM89].

2.1.2 Les Systèmes d'information on-line

Les systèmes d'information on-line vont des documentations on-line jusqu'aux encyclopédies électroniques. L'objectif de ces systèmes est de fournir un accès référentiel à l'information aux utilisateurs ayant différents niveaux de connaissances du domaine (mieux qu'une introduction systématique comme dans les hypermédias éducatifs). Chaque nœud de l'hyperespace présente généralement un concept du sujet et contient différentes pages d'information. Même chose que pour la catégorie précédente, les systèmes d'information on-line ont aussi des problèmes avec la satisfaction des besoins des différents utilisateurs : la différence des connaissances des utilisateurs influe sur le niveau de détail et les informations à présenter. La connaissance des objectifs des utilisateurs permet de procurer un support navigationnel [HOOK96].

2.1.3 Les systèmes d'aide on-line

Très proche des systèmes d'information on-line, ces systèmes servent les informations on-line relatives aux applications informatiques (comme les feuilles de calcul, les environnements de programmation ou les systèmes experts) pour aider les utilisateurs. La différence avec la catégorie précédente est que les systèmes d'aide on-line sont attachés à leurs applications. Les systèmes d'aide on-line et les systèmes d'information on-line partagent le problème de servir différentes informations à différents utilisateurs. Néanmoins ce problème est moins important pour les systèmes d'aide on-line parce que l'hyperespace est limité, et parce que le système connaît le contexte à partir duquel l'utilisateur demande une aide on-line (aide à contexte sensitif).

2.1.4 Les systèmes de recherche d'information

Les systèmes hypermédia de recherche d'information combinent les techniques de recherche d'information traditionnelles avec l'accès hypertextuel, à partir des termes d'index, aux documents. Ils fournissent aussi la possibilité de visualisation de l'hyperespace des documents en utilisant les liens de similarité entre les documents [AGOS95]. En effet, il est connu que la visualisation peut aider les utilisateurs à trouver les documents nécessaires quand ils ont des difficultés de construire des requêtes formelles. La dimension des systèmes hypermédia de recherche d'information est généralement très grande. Les systèmes de recherche d'information adaptatifs existants actuellement montrent quelques façons d'aider l'utilisateur dans un cadre de recherche d'information pure : en limitant les choix de navigation [BOY91] ou en suggérant les liens les plus pertinents à suivre [ARMS95].

2.1.5 les systèmes d'information institutionnels

Ces systèmes servent en ligne toutes les informations nécessaires pour supporter le travail d'une institution quelconque. Au début, ces types de systèmes ont été développés comme un ensemble de bases de données vaguement reliées. Dans certains systèmes récents, de telles bases de données sont jointes dans un seul hyperespace, qui peut être raisonnablement grand. Selon leurs professions les utilisateurs ne s'intéressent généralement qu'à un domaine spécifique de l'hyperespace, et selon leurs objectifs ils peuvent ne s'intéresser dans l'activité en cours qu'à un sous-ensemble très petit de ce domaine. Les utilisateurs des systèmes institutionnels peuvent avoir besoin d'assistance dans l'organisation d'un accès personnalisé plus convenable à leurs domaines d'activité. Un autre problème des systèmes d'information institutionnels, qu'ils partagent avec les systèmes hypermédiats éducatifs, est lié aux nouveaux employés qui ne sont pas familiers avec la structure de l'hyperespace (bien qu'ils puissent être familiers avec le domaine d'application lui-même) [VASS96].

2.1.6 Les systèmes de gestion des vues personnalisées dans les espaces d'information

Les systèmes de télécommunication existants actuellement comme le WWW offrent une quantité énorme et variée d'informations et des services on-line qui forment des hyperespaces illimités. Pour se protéger contre la complexité lors de la navigation dans ces derniers, les utilisateurs ont besoin dans leur accès de vues personnalisées. Les trois premiers domaines d'application sont traditionnels et la majorité des systèmes hypermédia existants actuellement appartiennent à l'un d'entre eux. Par contre, les trois derniers domaines d'application sont relativement plus récents.

2.2 Les critères d'adaptation

Quatre caractéristiques essentielles de l'utilisateur sont utilisées comme critères d'adaptation dans les systèmes hypermédia [BRUS96] : son profil, ses connaissances, ses objectifs et ses préférences. Une autre caractéristique spécifique à la modélisation des préférences est leur mode de représentation. Quand d'autres parties du modèle utilisateur sont représentées généralement symboliquement, les préférences sont souvent représentées et calculées numériquement à travers différentes techniques (Béta distribution, modèles de markov,...). La méthode de représentation numérique a certains avantages sur la méthode symbolique. Elle ouvre la possibilité de combiner différents modèles utilisateurs en vue d'obtenir un modèle utilisateur de groupe. Le modèle de groupe accumule les préférences d'un groupe spécifique d'utilisateurs. Il constitue un bon modèle de départ pour un nouveau membre du groupe. Les objectifs et les préférences peuvent être généraux quand ils sont définis a priori et seront utilisés dans toutes les sessions ultérieures comme valeurs par défaut. Ils peuvent être contextuels quand ils sont valides uniquement en cours d'une session.

2.3 Les éléments d'adaptation

Dans les hypermédias adaptatifs, l'espace d'adaptation est très limité : il n'y a pas beaucoup de caractéristiques qui peuvent changer. A un certain niveau de généralisation, les hypermédias consistent en un ensemble de nœuds connectés par des liens où chaque nœud contient quelques informations locales et un nombre de liens aux autres pages. Ils peuvent aussi inclure un index et une carte globale qui fournissent les liens à toutes les pages accessibles. Les éléments d'adaptation sont le contenu des pages et les liens à partir de ces pages, pages d'index et cartes. Il existe donc deux niveaux d'adaptation. Le premier, appelé présentation adaptative, correspond au niveau de contenu. Le second, appelé support de navigation adaptative, correspond au niveau de liens (figure 1).

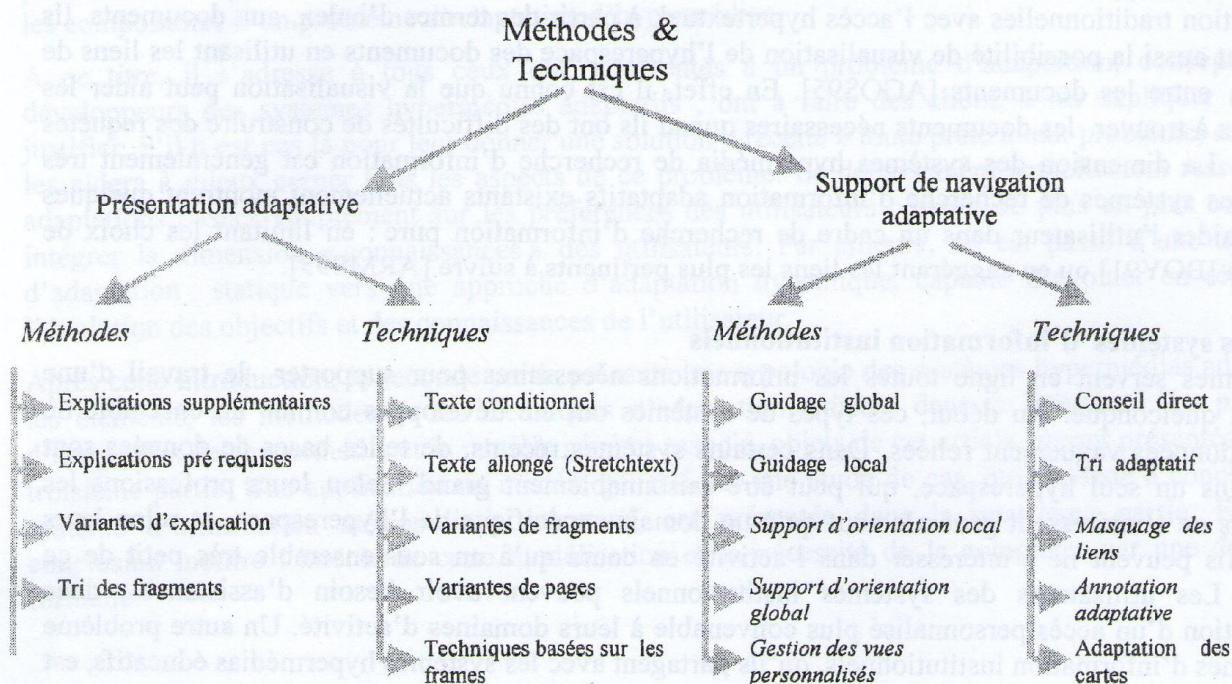


Figure 1. Les méthodes & techniques d'adaptation des hypermédias

2.4 La présentation adaptative

Il s'agit d'adapter le contenu d'une page visitée par un utilisateur particulier à ses connaissances, ses objectifs et ses autres caractéristiques. Par exemple, un utilisateur qualifié peut être alimenté avec des informations approfondies quand un novice se contente uniquement des informations générales et si nécessaire, des explications supplémentaires. La plupart des travaux récents sur les hypermédias adaptatifs ont été centrés autour de la présentation adaptative textuelle [BEAU94], [BOCK90], [BOYL94], [BRUS92] et ensuite généralisées sur la présentation adaptative multimédia. Cette direction de recherche a été influencée par la recherche dans l'explication adaptative et la présentation adaptative dans les systèmes intelligents [MOOR89], [PARI88], [ZUCK93]. Un certain nombre de méthodes et techniques pour la présentation adaptative du texte ont été élaborées ces dernières années, dont voici un aperçu.

2.4.1 Les méthodes de la présentation adaptative

1. Les explications supplémentaires : l'objectif des méthodes d'adaptation du contenu est de dissimuler à l'utilisateur quelques parties d'information au sujet d'un concept particulier qui ne sont pas pertinentes par rapport à ses connaissances. Par exemple, les détails à bas niveau d'un concept donné peuvent être dissimulés à l'utilisateur ayant un niveau de connaissances très faible parce qu'il ne peut pas comprendre ces détails. Au contraire, les explications supplémentaires, demandées généralement par les novices pour comprendre un concept donné, peuvent être dissimulées à l'utilisateur ayant un bon niveau de connaissance au sujet de ce concept parce qu'il n'aura jamais besoin de celles-ci [HOOK96].

2. Les explications pré requises et les explications comparatives : elles changent l'information présentée au sujet d'un concept donné, en fonction du niveau de connaissance de l'utilisateur des concepts qui y sont liés. La première méthode (explications pré requises) est basée sur les liens « prérequis » entre les concepts. L'idée est la suivante : avant l'explication d'un concept, le système explique d'abord tous ses concepts prérequis qui ne sont pas suffisamment connus par l'utilisateur et qui sont nécessaires à sa compréhension. La seconde méthode (explications comparatives) utilisée dans [KAY94] est basée sur les liens de similarité entre les concepts. Si un concept, similaire au concept présenté, est connu par l'utilisateur, celui-ci aura une explication comparative qui fait apparaître les similarités et les différences entre le concept actuel et le concept lié. Une telle explication est particulièrement efficace dans le domaine des langages de programmation.
3. Les variantes d'explication : une autre technique qu'on appelle « variantes d'explication » suppose que l'affichage et le masquage de la portion du contenu ne sont pas toujours efficaces pour l'adaptation. En effet, les utilisateurs peuvent avoir besoin essentiellement de différentes informations. Avec cette technique, le système enregistre différentes variantes pour quelques parties du contenu de la page. Ainsi, l'utilisateur obtient la variante qui correspond à son modèle utilisateur.
4. Le tri des fragments d'information au sujet d'un concept donné : une méthode aussi intéressante que les précédentes, qui peut tenir compte du niveau de connaissances et du profil de l'utilisateur, est le tri des fragments d'information au sujet d'un concept donné. L'information la plus proche du profil et des connaissances de l'utilisateur est placée devant.

2.4.2 Les techniques de la présentation adaptative

1. Le texte conditionnel : avec cette technique, toutes les informations possibles au sujet d'un concept sont divisées en plusieurs portions d'informations (chunks). A Chaque portion est associée une condition au niveau des connaissances de l'utilisateur représentées dans le modèle utilisateur. Quand on présente l'information au sujet d'un concept, le système présente uniquement les portions où la condition est vraie. Cette technique est à bas niveau et demande un travail de programmation par l'auteur pour mettre toutes les conditions nécessaires, mais elle est aussi très flexible [BRUS92b], [KAY95].
2. Le texte allongé (stretchtext) : une technique de plus haut niveau qui peut aussi masquer ou afficher différentes parties du contenu selon le niveau de connaissance de l'utilisateur est la technique du texte allongé (stretchtext) qui est un type spécial d'hypertexte [BOYL94], [KOB94]. Dans les hypertextes classiques, le résultat d'activation d'un ancre est d'aller vers une autre page avec le texte lié. Dans les textes allongés ce texte lié peut remplacer le mot activé (ou la phrase avec cet ancre) étendant le texte de la page courante. Si nécessaire, ce texte étendu peut être compressé à un ancre. Une caractéristique importante des techniques du texte allongé (stretchtext) est qu'ils laissent l'utilisateur adapter le contenu d'une page particulière, en fonction de ses connaissances et préférences.
3. Les variantes de fragments et les variantes de pages : la méthode des variantes d'explication peut être implémentée par les techniques des variantes de fragments et des variantes de pages. Les variantes de pages est la technique de présentation adaptative la plus simple. Avec cette technique, un système garde deux ou plusieurs variantes de la même page avec différentes présentations du même contenu. Comme règle, une variante est préparée pour chaque stéréotype utilisateur possible. Lors de la présentation d'une page, un système sélectionne la variante de page selon le stéréotype de l'utilisateur courant. Les variantes de fragments est une implémentation plus fine de la méthode des variantes d'explications. L'idée est que les utilisateurs ayant différentes connaissances d'un concept particulier ont besoin de différentes explications de ce concept.
4. Les frames : la plus puissante de toutes les techniques d'adaptation du contenu est la technique basée sur les frames. Avec cette technique toutes les informations au sujet d'un concept particulier sont représentées sous forme de «frame». Les slots d'un frame peuvent contenir différentes variantes d'explication d'un concept. Des règles spéciales de présentation sont utilisées pour décider quel slots devraient être présentés à un utilisateur particulier et dans quel ordre. Dans leurs parties conditionnelles, ces règles peuvent faire référence non seulement au niveau des connaissances de l'utilisateur du concept présenté, mais aussi à n'importe quelle caractéristique représentée dans le modèle utilisateur.

2.5 Le support de navigation adaptative

L'idée des techniques de support de navigation adaptative est d'aider les utilisateurs à trouver leurs chemins dans l'hypermédia en adaptant la façon de présentation des liens aux objectifs, connaissances et autres caractéristiques de l'utilisateur. Bien que ce domaine de recherche soit très nouveau, un nombre intéressant de techniques ont été déjà suggérées et implémentées. Ces techniques peuvent être classées [BRUS96], du point de vue «qu'est ce qui peut être adapté» et selon la façon qu'elles utilisent pour adapter la présentation des liens, en cinq groupes : le conseil direct, le tri adaptatif, le masquage des liens, l'annotation adaptative et l'adaptation des cartes. Pour comparer ces techniques on a besoin premièrement de comprendre comment et dans quel contexte les liens sont généralement présentés.

On distingue quatre types de présentation des liens :

- les liens locaux non contextuels.
- les liens contextuels ou liens «hypertextes réels».
- les liens à partir d'index et pages de contenu.
- les liens dans les cartes locales et dans les cartes de l'hyperespace global.

Les techniques et méthodes d'adaptation des liens développées jusqu'ici sont les suivantes.

2.5.1 Les méthodes du support de navigation adaptative

1. Le guidage global : Il peut être fourni dans les systèmes hypermédia quand les utilisateurs ont quelques objectifs informationnels globaux (information qui est contenue dans un ou plusieurs nœuds de l'hyperespace) et la visualisation est la façon de trouver l'information voulue. L'objectif des méthodes de guidage est d'aider l'utilisateur à trouver le plus court chemin vers l'objectif informationnel avec une pénibilité minimale. Le guidage global est le premier objectif des supports de navigation adaptatifs dans les hypermédiats de recherche d'information ; et aussi un objectif important dans les systèmes d'information et d'aide on-line ayant des hyperespaces raisonnablement grand. L'objectif des utilisateurs qui est généralement clairement ou partiellement fourni par l'utilisateur est la caractéristique utilisateur la plus pertinente pour le guidage adaptatif global.
2. Le guidage local : l'objectif des méthodes de guidage local est d'aider l'utilisateur à faire une étape de navigation par la suggestion des liens les plus pertinents à suivre à partir du nœud courant. Cet objectif est quelque peu similaire, mais plus «modeste» que l'objectif du guidage global. Les méthodes de guidage local ne prévoient pas un objectif global, pour fournir le guidage. Ils font des suggestions selon les préférences, connaissances et profil de l'utilisateur quelle que soit l'importance du domaine. Par exemple, une méthode pertinente du guidage local pour les systèmes hypermédiats de recherche d'information et les systèmes d'information on-line est le tri des liens selon les préférences de l'utilisateur et le profil de celui-ci. Les méthodes utilisées dans les hypermédiats éducatifs sont : le tri des liens et le conseil direct selon les connaissances de l'utilisateur.
3. Le support d'orientation local : l'objectif des méthodes du support d'orientation locale est d'aider l'utilisateur à comprendre qu'est ce qui est autour et quelle est sa position actuelle. Les systèmes hypermédia adaptatifs implémentent les supports d'orientation locale avec deux différentes façons : fournir des informations supplémentaires au sujet des nœuds disponibles à partir du nœud courant (utiliser la technologie d'annotation) et limiter le nombre d'opportunités de navigation pour diminuer la surcharge cognitive et laisser les utilisateurs se concentrer sur l'analyse des liens les plus pertinents (utiliser la technologie de masquage des liens). Les méthodes basées sur la technologie de masquage des liens avaient les mêmes idées : pour masquer à l'utilisateur tous les liens qui ne sont pas pertinent pour lui à ce moment, il s'agit de visualiser seulement les liens pertinents. Les méthodes diffèrent en respectant les principes utilisés pour décider quels liens sont pertinents ou non. La décision peut être faite selon les connaissances, objectifs, expérience et préférences de l'utilisateur. Les méthodes de support d'orientation local ne guident pas l'utilisateur directement, mais lui fournissent de l'aide pour comprendre quelle est la nature des liens à proximité.
4. Le support d'orientation global : le but des méthodes de support d'orientation globale est d'aider l'utilisateur à comprendre la structure de tout l'hyperespace et sa position absolue à l'intérieur de celui-ci. Cet objectif est généralement réalisé en fournissant des points de repère visibles et des

cartes globales qui peuvent directement aider l'utilisateur dans l'orientation globale et en fournissant des visites guidées pour aider l'utilisateur graduellement à comprendre l'hyperespace. La fonction des annotations [BRUS94] comme point de repère : tant qu'un nœud garde la même annotation quand l'utilisateur le voit de différentes positions dans l'hyperespace, l'utilisateur peut plus facilement reconnaître les nœuds qu'il a rencontré avant et comprend la position courante. Masquer les liens réduit le volume de l'hyperespace visible et peut simplifier l'orientation et l'apprentissage. Dans des domaines d'application comme les hypermédias éducatifs ou institutionnels où l'hyperespace d'apprentissage n'est pas grand, le masquage des liens peut effectivement supporter l'apprentissage graduel de l'hyperespace.

5. La gestion des vues personnalisées : la gestion des vues personnalisées est un nouvel objectif des systèmes hypermédia adaptatifs. Les vues personnalisées constituent une façon pour organiser une place de travail électronique pour les utilisateurs qui ont besoin d'un accès à une partie raisonnablement petite de l'hyperespace pour leur travail quotidien. La façon habituelle pour protéger ces utilisateurs de la complexité de tout l'hyperespace est de les laisser organiser des vues personnalisées. Chaque vue est juste une liste de liens à tous les nœuds qui sont pertinents pour un objectif de travail particulier. Les systèmes hypermédias classiques et les browser WWW modernes suggèrent des signets et des listes sélectives (hotlists) comme façons de construire des vues personnalisées. Les systèmes les plus avancés suggèrent quelques mécanismes d'adaptabilité à plus haut niveau basés sur les métaphores [WATE96] et sur les modèles des utilisateurs [VASS96].

2.5.2 Les techniques du support de navigation adaptative

1. Le conseil direct : c'est la technique la plus simple dans les supports de navigation adaptatifs. Celle-ci peut être appliquée dans n'importe quel système qui peut décider quel est le meilleur nœud prochain à visiter pour l'utilisateur selon ses objectifs et les autres paramètres représentés dans son modèle. Pour fournir un guidage direct, le système peut esquisser visuellement le lien vers le meilleur nœud ou créer un lien dynamique supplémentaire (généralement appelé «suivant») vers ce nœud.
2. Le tri adaptatif : l'idée est de trier tous les liens d'une page particulière selon le modèle utilisateur : le lien le plus près du sommet est le plus important. Le tri adaptatif a une applicabilité limitée : il peut être utilisé avec des liens non contextuels, mais il peut à peine être utilisé pour les index et pages de contenu et ne peut jamais être utilisé avec les liens contextuels et les cartes. Un autre problème avec le tri adaptatif est que cette technique rend l'ordre des liens non stable. En même temps quelques recherches récentes ont montré que la stabilité de l'ordre des options dans les menus est importante pour les novices. Cette technique semble être utilisable dans les applications de recherche d'information ou elle réduit significativement le temps de navigation et aussi dans les systèmes de documentation on-line [HOHL96]. Il y a aussi quelques suggestions pour l'utilisation du tri adaptatif dans les hypermédia adaptatifs éducatifs [TORNE93].
3. Le masquage des liens : le masquage des liens est actuellement la technique de support de navigation adaptative la plus utilisée. L'idée du support de navigation par masquage est de restreindre l'espace de navigation en masquant les liens aux pages jugées «non pertinentes». La page peut être considérée comme non pertinente pour différentes raisons. Par exemple, si elle ne correspond pas aux objectifs actuels de l'utilisateur [BOY91], [BRUS94] ou si elle présente des connaissances que l'utilisateur n'est pas préparé à comprendre [BRUS94], [CLIB95], [GONS95]. Du point de vue surface, dissimuler apparaît comme la technique d'implémentation la plus évidente et la plus facile. Elle protège les utilisateurs de la complexité de l'hyperespace non restreint et réduit la surcharge cognitive. Le masquage des liens a une applicabilité très étendue : elle peut être utilisée avec tous les types de liens non contextuels, d'index et des cartes par des boutons de visibilité réelle ou éléments de menus [BRUS94] et avec les liens contextuels par le transfert des «ancres» cliquables à du texte normal [GONS95], [PEREZ95]. Le masquage des liens est plus transparente à l'utilisateur et apparaît plus «stable» pour eux que le tri adaptatif des liens.
4. L'annotation adaptative : l'idée est d'augmenter les liens avec quelques formes de commentaires qui peuvent renseigner l'utilisateur sur l'état actuel des nœuds derrière les liens annotés. Ces annotations peuvent être fournies sous forme textuelle ou visuelle en utilisant, par exemple, différentes icônes, couleurs ou tailles de caractères. Le lien d'annotation est connu comme une

technique efficace de support de navigation dans les hypermédias. La classe typique des annotations considérées dans les hypermédias traditionnels est l'annotation statique (dépendant de l'utilisateur). Malgré que cette forme simple d'annotation adaptative puisse distinguer uniquement deux états de liens (liens aux nœuds visités/non visités), elle reste très utilisable. Les systèmes hypermédia adaptatifs actuels [BRUS94], [SCWA96] peuvent distinguer et annoter jusqu'à six états de liens sur la base du modèle utilisateur.

5. L'adaptation des cartes : la technique d'adaptation des cartes comprend diverses façons d'adaptation de la forme des cartes hypermédia locales et globales présentées à l'utilisateur. Des techniques comme le guidage direct, le masquage des liens et l'annotation peuvent être utilisés aussi pour adapter les cartes hypermédia, mais toutes ces techniques ne changent pas la forme ou la structure des cartes.

3 LA MODELISATION DES HYPERMÉDIAS ADAPTATIFS

Avant de définir un modèle général d'adaptation des hypermédia, il est nécessaire de spécifier d'abord ce qu'est un problème d'adaptation.

Un problème d'adaptation des hypermédia est posé lorsque, étant donné des utilisateurs, que nous désignerons par U , et un hypermédia H , les utilisateurs U doivent consulter, lire ou rechercher des informations contenues dans H d'une manière adaptée à leurs profil, leurs préférences, leurs objectifs et leurs connaissances. Et ceci en fonction des objectifs d'adaptation.

Poser un problème d'adaptation consiste donc à :

- définir un hypermédia (H) ;
- définir les utilisateurs (U) ;
- définir les objectifs de l'adaptation (O).

Dans la suite de cet article il sera désigné par le triplet :

$$[H, U, O]$$

Etant donné un problème d'adaptation $[H, U, O]$, on appelle modèle général d'adaptation associé à ce problème le quadruplet :

$$[H, U, O, T]$$

Où :

- H est l'hypermédia à adapter ;
- U les utilisateurs ;
- O les objectifs de l'adaptation ;
- T Les techniques d'adaptation utilisées.

En toute généralité, traiter un problème d'adaptation revient à construire le quadruplet précédent qui constitue la grille formelle de toute opération d'adaptation des hypermédia. Cette grille formelle peut être utilisée de deux manières,

soit : pour mener une opération d'adaptation d'hypermédia;

soit : pour lire une étude se proposant d'adapter un hypermédia.

Quelle que soit l'une des deux utilisations qui en est faite : construction ou lecture, il conviendra de définir ou de vérifier la définition des points que rappelle le quadruplet précédent. Nous présentons ci dessous une description des éléments de ce modèle.

3.1 L'hypermédia (H)

L'hypermédia (H) est caractérisé par un domaine (D) et par un ensemble de connaissances de domaine (K_D) reliées à (D). Il est composé en outre d'un contenu (C) et d'un ensemble de liens (L) entres les portions de contenu.

[D, K_D , C, L]

Nous décrivons ci dessous les éléments du modèle de l'hypermédia :

1. Le domaine de l'hypermédia (D) : qui peut être l'un des domaines types suivants ou bien une combinaison de certains entre eux :
 - les hypermédiass éducationnels ;
 - les systèmes d'information on-line,
 - l'aide on-line ;
 - La recherche d'information ;
 - les systèmes d'information institutionnels ;
 - la gestion des vues personnalisées dans les espaces d'information.
2. Les connaissances du domaine (K_D) : elles désignent le corpus des connaissances (ontologie) supportées par l'hypermédia. Elles constituent le modèle de domaine.
3. Le contenu (C) : il est constitué des objets documentaires de base. Il s'agit du texte, du son, des images fixes ou animées. Chacun de ces objets est codé selon une technique qui lui est particulière.
4. Les liens (L) : ils constituent la structure hypertexte de l'hypermédia. Cette structure en réseau est tributaire du domaine représenté et de la logique d'écriture de l'auteur.

3.2 Les utilisateurs (U)

Nous insistons sur le rôle fondamental du modèle de l'utilisateur. En effet, les hypermédiass adaptatifs sont conçus pour s'adapter à leurs besoins individuels relativement à leur domaine. Pour fournir une telle adaptation, il faut posséder les connaissances nécessaires sur les utilisateurs, c-à-d construire le modèle utilisateur. Ce dernier regroupe des informations sur le profil (P), les connaissances (K_U), les objectifs (O_U) et les préférences (F) des utilisateurs. Ce sont ces éléments qui conditionnent le processus d'adaptation

[P, K_U , O_U , F]

Nous décrivons ci dessous les éléments du modèle de l'utilisateur :

1. Le profil de l'utilisateur (P) : il s'agit des informations extra domaine sur l'utilisateur. Nous citerons entre autres : son identité, ses centres d'intérêts, son expérience professionnelle et son expérience dans la navigation hypertextuelle.
2. Les connaissances de l'utilisateur sur le domaine (K_U) : elles apparaissent comme la caractéristique la plus importante dans la plupart des systèmes hypermédia adaptatifs. Elles sont très souvent représentées par un modèle de couverture (overlay model) basé sur le modèle structurel du domaine. Généralement ce dernier est représenté comme un réseau sémantique des concepts du domaine. Pour chaque concept du modèle structurel du domaine, un modèle de couverture individuel enregistre la valeur représentant l'estimation du niveau de sa connaissance par l'utilisateur. Cela peut être juste une valeur binaire (connu - inconnu), une mesure qualitative (bon- moyen- faible) ou une mesure quantitative comme la probabilité de connaissance par l'utilisateur de ce concept. Un modèle de couverture «overlay model» des connaissances de l'utilisateur peut être représenté comme un ensemble de paires (concept du domaine, valeur).

3. Les objectifs de l'utilisateur (O_U) : ils peuvent concerner la réalisation d'une activité ; la recherche d'une information (dans les Systèmes de Recherche d'Information) ; l'apprentissage (dans les systèmes éducatifs) ; ou une combinaison de deux ou plus des objectifs précédents. Dans tous les cas, l'objectif est une réponse à la question « Que veut réaliser l'utilisateur actuellement ? ». L'objectif de l'utilisateur est la caractéristique la plus instable de l'utilisateur. En effet il peut changer d'une session à une autre et souvent plusieurs fois dans une même session. Il est généralement modélisé, d'une façon quelque peu similaire à celle des connaissances, en utilisant les modèles de couverture « overlay knowledge modeling ».
4. Les préférences de l'utilisateur (F) : pour différentes raisons l'utilisateur peut préférer quelques liens sur d'autres et quelques parties de pages sur d'autres. A la différence d'autres composants, les préférences ne peuvent pas être déduites par le système et doivent être fournies directement par l'utilisateur.

Les modèles utilisateurs sont dits « implicites », s'ils sont obtenus à partir d'un certain nombre de sources de connaissances : suppositions par défaut, suppositions basées sur les entrées de l'utilisateur, ...etc. Il sont dits « explicites » quand ils sont fournis directement par les utilisateurs [RICH83].

La modélisation de l'utilisateur peut être statique ou dynamique. Elle est dite statique si elle prend place pendant la conception, où les caractéristiques et les besoins des utilisateurs sont définis a priori. De l'autre côté, elle est dite dynamique, si elle prend place durant chaque session ou entre deux sessions [SCHN93]. Le modèle utilisateur peut concerner un utilisateur individuel ou un groupe d'utilisateurs appelé stéréotype. Les utilisateurs peuvent appartenir à plusieurs stéréotypes.

3.3 Les objectifs d'adaptation (O)

Les objectifs d'adaptation dépendent du domaine d'application. Ils traduisent les besoins des utilisateurs en matière d'adaptation. Ils constituent ainsi le niveau des spécifications fonctionnelles du système hypermédia.

3.4 L'ensemble des techniques d'adaptation utilisées (T)

Les techniques d'adaptation constituent un kit d'outils. Chacune d'elles est basée sur une ou plusieurs méthodes (M). Les méthodes et techniques d'adaptation peuvent être réparties en deux niveaux : la présentation adaptative et le support de navigation adaptative. Nous distinguons ainsi deux processus d'adaptation différents : le processus d'adaptation de la présentation correspondant au premier niveau et le processus d'adaptation du support de navigation correspondant au second niveau. Les méthodes et techniques d'adaptation répondent à un ensemble d'objectifs d'adaptation (respectivement O_M et O_T) qui montrent quels problèmes des utilisateurs elles peuvent résoudre, et pour quels domaines d'application (respectivement D_M et D_T). Elles sont caractérisées aussi par l'ensemble des critères d'adaptation (respectivement C_M et C_T) et par l'ensemble des éléments d'adaptation (respectivement E_M et E_T). Une technique, élément de (T), est ainsi caractérisée par le quintuplet suivant.

$[M, O_T, D_T, C_T, E_T]$

C (C_M ou C_T) est composé des critères d'adaptation. A chacun de ces derniers est associée une technique d'acquisition et un formalisme de représentation.

E (E_M ou E_T) est composé des éléments d'adaptation. Il s'agit de recenser quelles caractéristiques du système peuvent être différentes pour des modèles d'utilisateurs différents. Selon la nature du processus d'adaptation, ils peuvent concerner l'adaptation du contenu ou celle des liens.

De la même façon une méthode élément de (M) qui constitue une généralisation des techniques, peut être définie par le quintuplet :

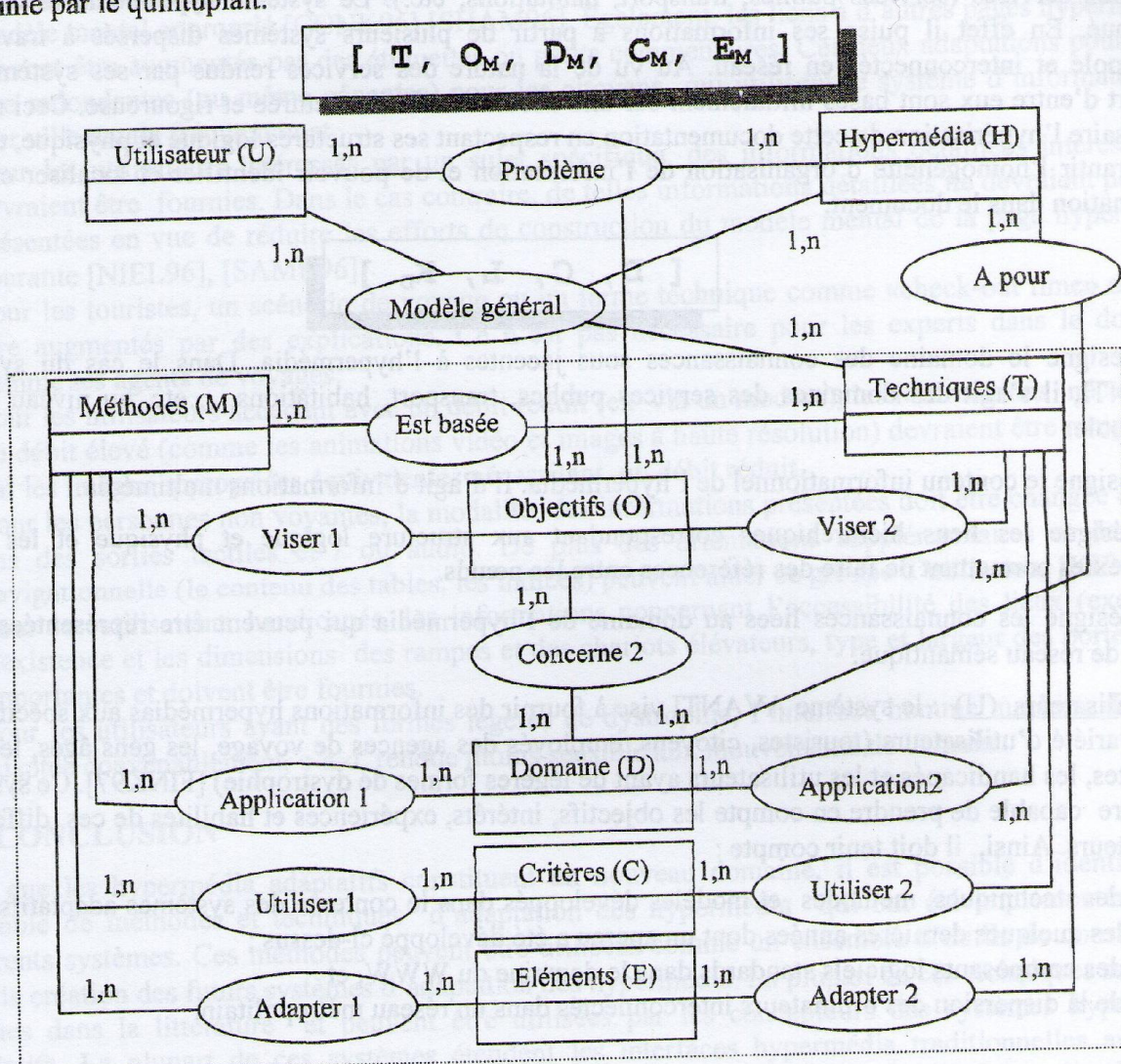


Figure 1. Représentation du modèle général d'adaptation

La figure 1 illustre, dans le formalisme individuel, l'architecture du modèle général. Les éléments du modèle général sont ainsi représentés sous forme d'individus et de relations. La partie cadrée de ce schéma représente le kit constitué des méthodes et techniques qu'on retrouve dans l'état de l'art en matière d'adaptation des hypermédias.

4 ETUDE DE CAS

Nous illustrons l'application de notre modèle, dans un contexte de lecture (§3), sur une étude qui rentre dans le cadre du programme ACTS de la commission européenne [FINK97], en vue de mettre en place un système d'information métropolitain distribué AVANTI. Cette étude consiste à prendre en compte les besoins individuels des différents utilisateurs en leur adaptant le contenu des pages hypermédia et en leur assurant un support de navigation adaptatif qui leur épargnera la surcharge cognitive ou une éventuelle désorientation dans l'hyperespace. Ce qui revient à définir le problème d'adaptation, associé à ce cahier de charge, que rappelle le triplet suivant :

[H, U, O]

L'hypermédia (H) : il s'agit d'une documentation contenant des informations multimédia répondant à plusieurs services (services publics, transport, habitations, etc.). Le système hypermédia associé est distribué. En effet il puise ses informations à partir de plusieurs systèmes dispersés à travers la métropole et interconnectés en réseau. Au vu de la nature des services rendus par ses systèmes, la plupart d'entre eux sont basés initialement sur une documentation structurée et rigoureuse. Ceci rendra nécessaire l'hypérisation de cette documentation en respectant ses structures logique et physique, en vue de garantir l'homogénéité d'organisation de l'information et de pouvoir identifier et localiser chaque information dans le document.

[D, C, L, K_D]

(D) désigne le domaine des connaissances sous jacentes à l'hypermédia. Dans le cas du système AVANTI, il s'agit des domaines des services publics, transport, habitations, ...etc, au niveau d'une métropole.

(C) désigne le contenu informationnel de l'hypermédia. Il d'agit d'informations multimédia.

(L) désigne les liens hiérarchiques correspondant aux structure logique et physique et les liens hypertextes permettant de faire des références entre les nœuds.

(K_D) désigne les connaissances liées au domaine de l'hypermédia qui peuvent être représentées sous forme de réseau sémantique.

Les utilisateurs (U) : le système AVANTI vise à fournir des informations hypermédiées aux spécificités d'un variété d'utilisateurs (touristes, citoyens, employés des agences de voyage, les gens âgés, les non voyantes, les handicapés et les utilisateurs ayant de légères formes de dystrophie) [FINK97]. Ce système doit être capable de prendre en compte les objectifs, intérêts, expériences et habilités de ces différents utilisateurs. Ainsi, il doit tenir compte :

- des techniques, méthodes et modèles développés dans le contexte des systèmes adaptatifs dans les quelques dernières années dont un aperçu a été développé ci-dessus ;
- des composants logiciels standards dans le domaine du WWW, et
- de la dispersion des ordinateurs interconnectés dans un réseau métropolitain.

Le système AVANTI est accessible à partir des bureaux, des centres d'information publics, des maisons et les automates mobiles appropriés à travers le monde. Les modèles des groupes d'utilisateurs (stéréotypes) et des utilisateurs individuels aideront beaucoup à adapter le contenu, la présentation et les liens aux besoins individuels de chaque utilisateur. Les suppositions sur l'utilisateur seront acquises sur la base des sources d'information suivantes [SHIN93]

- Les interviews initiaux permettent l'acquisition des suppositions primaires au sujet de l'utilisateur et sont par conséquent une source précieuse d'information pour assigner initialement l'utilisateur à certains sous-groupes (stéréotypes).
- Certaines actions de dialogue réalisées par l'utilisateur peuvent être exploitées pour l'acquisition des premières suppositions. Par exemple, si l'utilisateur veut l'explication d'un terme technique alors il peut être supposé qu'il est non familier avec celui-ci.
- En se basant sur les suppositions primaires au sujet de l'utilisateur et des informations supplémentaires au sujet du domaine d'application, le système peut construire des inférences en vue d'acquérir plus tard des suppositions supplémentaires au sujet de l'utilisateur.
- Les stéréotypes contiennent des suppositions au sujet des caractéristiques intéressantes des sous-groupes (exemple : touristes, personnes non voyantes). Si certaines pré conditions sont rencontrées, un stéréotype peut être activé pour un utilisateur spécifique, ce qui veut dire que les suppositions contenues dans le stéréotype deviennent assignées à l'utilisateur [RICH79].

Les objectifs de l'adaptation (O) : nous présentons ci dessous quelques exemples d'objectifs d'adaptation concernant les besoins des utilisateurs:

1. Pour les utilisateurs qui n'ont jamais utilisé le système AVANTI avant, la topographie de l'espace hypermédia doit être gardée simple en vue de réduire les efforts nécessaires pour construire un modèle mental approprié [CONK96] [SHAM96]. Egalement, les liens à d'autres pages hypermédiées devront être augmentés par des étiquettes ou petits commentaires. Ces deux adaptations pourraient être redondantes (ou même gênantes) pour les citoyens qui utilisent le système d'information de leur ville natale fréquemment.
2. Pour les utilisateurs intéressés par un sujet spécifique, des informations détaillées intéressantes devraient être fournies. Dans le cas contraire, de telles informations détaillées ne devraient pas être présentées en vue de réduire les efforts de construction du modèle mental de la page hypermédia courante [NIEL96], [SAMB96].
3. Pour les touristes, un scénario de voyage ou un terme technique comme «check-out time» doivent être augmentés par des explications. Ce n'est pas nécessaire pour les experts dans le domaine comme les agents de voyages.
4. Pour les utilisateurs accédant avec un débit réduit (ex via un modem), les informations nécessitant un débit élevé (comme les animations vidéo et images à haute résolution) devraient être remplacées par les images appropriées équivalentes nécessitant un débit réduit.
5. Pour les personnes non voyantes, la modalité des informations présentées doit être changée dans le cas des sorties tactiles et / ou audio. De plus des orientations supplémentaires et de l'aide navigationnelle (le contenu des tables, les indices) peuvent aider ce groupe d'utilisateur [KENN96].
6. Pour les utilisateurs handicapés, les informations concernant l'accessibilité des lieux (exemple : l'existence et les dimensions des rampes et des chariots élévateurs, type et largeur des portes) sont importantes et doivent être fournies.
7. Pour les utilisateurs ayant des formes légères de dystrophie, l'interface homme machine doit être adaptée convenablement, c-à-d, rendue moins sensible aux mouvements de la main

5 CONCLUSION

Bien que les hypermédia adaptatifs constituent un nouveau domaine, il est possible d'identifier un ensemble de méthodes et techniques d'adaptation des hypermédia qui ont été implémentées dans différents systèmes. Ces méthodes peuvent être utilisées comme un ensemble d'outils de construction pour la création des futurs systèmes d'adaptation des hypermédia. La plupart de ces techniques sont bien décrites dans la littérature et peuvent être utilisées par les concepteurs des systèmes hypermédia adaptatifs. La plupart de ces systèmes étendent les interfaces hypermédia traditionnelles avec des caractéristiques spéciales qui laissent les utilisateurs fournir plus d'information au sujet de leurs objectifs, connaissances et préférences. Le travail que nous avons présenté dans cet article ne représente pas une solution complète au problème d'adaptation des hypermédia, néanmoins il tente de le bien définir et de lui associer un modèle général d'adaptation. Ce dernier constitue un cadre formel qui permet une analyse logique et transparente de l'adaptation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [AGOS95] Agosti, M.Melucci, and F.Crestani «Automatic authoring and construction of hypermedia for information retrieval » Multimedia system. 1995.
- [ARMS95] R.Armstrong, D.Freitag, T.Joachim, T.Mitchell « WENWATCHER : A learning apprentice for the WWW » AAAI Spring Symposium of Information Gathering distributed, heterogeneous environments, Stanford .1995.
- [BEAU94] I.Beaumont « user modeling in the interactive anatomy tutoring system ANATOM-TUTOR ». User models & user adapted interactions 4 (21-25). 1994.
- [BOCK90] H.Bocker, H.Hohl & T. Schwab « pAdapter – individualizing hypertext ». INTERACT'90.Amsterdam (931-936) 1990.
- [BOY91] G.A.Boy «On-line user model acquisition in hypertext documentation » . IJCAI'91.Australia.Sydney .1991.
- [BOYL94] C.Boyle, O.Encarnacion «MetaDoc :an adaptive hypertext learning environment » CKBSE'94.Japan.1994.

- [BRUS92] P.Brusilovsky. « A framework for intelligent knowledge sequencing and task sequencing ». Springer-Verlag . 1992.
- [BRUS94] P.Brusilovsky, L.PESIN «ISIS-Tutor : an adaptive hypertext learning environment ». JCKBSE'94.Japan.1994.
- [BRUS96] P.Brusilovsky « Methods & Techniques of Hypermedia Systems ».School of computer Science.Carnegie Mellon University.Pittsburg.1996.
- [CLIB95] K.Clibbon « Conceptually adapted hypertext for learning ».CHI'95 Conference companion, Denver. 1995.
- [FINK97] Josef Fink, Alfred Kobsa, Andreas Nill, «User oriented adaptability and adaptivity in the AVANTI project » . GMD – German National Research Center for information Technology. Institute for Applied Information Technology (FIT).Human-Computer Interaction Research Division (HCI).1997
- [GONS95] M.Gonschorek,C.Herzog « using hypertext for an adaptive helpsystem in an intelligent tutoring system ».AI-ED'95.7th conf. on A.I in education. Washington.USA.1995.
- [HAMM89] N.Hammond « Hypermedia & learning : Who guides whom ? » In : Computer assisted learning . lecture notes in Comp. Science. Berlin. Springer-Verlag. 1989.
- [HOHL96] H.Hohl, H-D. Bocker, R.Gunzenhauser « Hypadapter : an adaptive hypertext system for exploratory learning and programming ». user models & user adapted interaction 6. 1996.
- [HOOK96] K.Hook, J.Karlgren, A.Waern, N.Dahlback, C.G.Jansson, K.Karlgren, B.Lemaire « A glass box approach to adaptive hypermedia ».user models & user adapted interaction 6.1996.
- [KAY94] J.Kay, R.Kummerfeld « adaptive hypertext for individualised instruction ».Workshop on adaptive hypermedia at 4th international conference on user modeling. Hyannis. 1994.
- [KAY95] J.Kay, R.Kummerfeld «the UM toolkit for cooperative user modeling » . user models & user adapted interaction 4.1995.
- [KENN96] Kennel, A., Perrochon, L., and Darvishi, A. WAB: WWW access for Blind And Visually Impaired Computer Users. New Technologies in the Education of the Visually Handicapped, Paris, June 1996 and ACM SIGCAPH Bulletin, June 1996.
- [KOB94] A.Kobsa « KN-AHS : an adaptive hypertext client of the user modeling system BGP-MS » . 4th international conference on user modeling. Hyannis. 1994.
- [MOOR89] J.D.Moore, W.R..Swartout « Pointing : A way toward explanation dialogue » 8th national conferece on A.I .1989.
- [OPPE94] Oppermann, R. (Ed.). Adaptive User Support - Ergonomic Design of Manually and Automatically Adaptable Software. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers, Hillsdale, New Jersey, 1994.
- [PARI88] C.L.Paris « Tailoring object description to a user's level of expertise ». computational linguistics 14.1988.
- [RICH79] Rich, E. User Modeling via Stereotypes. Cognitive Science, 3, pp. 329-354, 1979.
- [RICH83] Rich, Users are individuals : individualizing user models in Int.J.Man-Machine studies, 1983
- [SCHN93] M. Schneider-Hufschmidt, T. Kuhme & U. Malinowski : State of the art in adaptive user interfaces, 1993
- [VASS96] J.Vassileva « a task-centered approach for user modeling in a hypermedia office documentation system ».user models and user adapted interaction 6. 1996.
- [ZUCK93] I.Zuckerman, R.McConachy « Consulting a user model to adress a user's inferences during content planning ». user models and user adapted interaction 3. 1993.