



HAL
open science

Individualisation de l'apprentissage dans un Système Tuteur Intelligent : cas de l'apprentissage de la lecture dans un système AMICAL

Sofiane Aouag

► **To cite this version:**

Sofiane Aouag. Individualisation de l'apprentissage dans un Système Tuteur Intelligent : cas de l'apprentissage de la lecture dans un système AMICAL. Informatique. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2010. Français. NNT : 2009CLF20016 . tel-00658846

HAL Id: tel-00658846

<https://theses.hal.science/tel-00658846>

Submitted on 11 Jan 2012

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

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

THÈSE
Université Blaise Pascal
Clermont-Ferrand II

En vue de l'obtention de

DOCTORAT

Spécialité: Informatique

Préparée par

Sofiane AOUAG

**Individualisation de l'apprentissage dans un Système
Tuteur Intelligent : cas de l'apprentissage de la
lecture dans le système AMICAL**

Jury de la thèse:

Michel Chambreuil	Directeur
Michael Baker	Rapporteur
Pascal Leroux	Rapporteur
Catherine Cleder	Membre du jury

Introduction et problématique abordée

La notion d'individualisation de l'apprentissage est loin d'être récente. En reprenant l'histoire de la pédagogie, Frédéric Haeuw (Haeuw 2005) nous explique que cette notion prend ses racines dans l'école des sophistes de la Grèce du V^{ème} siècle avant J.C. et dans les principes de la maïeutique socratique, et consiste dans le fait que la connaissance ne se donne ni de l'extérieur, ni par la force, mais que chaque individu doit découvrir le Vrai pour son propre compte à l'aide de son maître par l'art du questionnaire ou maïeutique. Henri Bouchet dans son ouvrage réédité de nombreuses fois (Bouchet 1948) considère l'enseignement qui ignore les spécificités individuelles comme un danger contraignant tous les enfants à entrer dans un même moule. *"Lorsqu'un tailleur fait un vêtement, il l'ajuste à la taille de son client, et si celui-ci est gros ou petit, il ne lui impose pas un costume trop étroit sous prétexte que c'est la largeur correspondant dans la règle à sa hauteur..."*¹ L'individualisation est traduite, aujourd'hui, par l'intérêt accordé à chaque apprenant pour trouver un cheminement individuel, à condition que l'on respecte son **propre rythme** et ses **préférences** et que l'on soit à l'écoute de ses besoins tout en prenant en considération **ses propres caractéristiques**.

Cette problématique bien connue depuis des siècles fait actuellement l'objet de recherche de plusieurs communautés scientifiques. Il s'agit d'un problème de nature pluridisciplinaire qui nécessite le développement de recherches fondamentales (aux finalités pédagogiques et épistémologiques) et appliquées (aux finalités techniques). Les problèmes posés au niveau informatique dépendent toujours de la conception des architectures et des protocoles, ainsi qu'en modélisation, optimisation, planification, structuration des documents numériques et gestion des systèmes tuteurs intelligents. Cette fameuse métaphore depuis les années 70, comment remplacer un tuteur par la machine, fait toujours l'objet de recherche de la communauté ITS. Celle-ci s'appuie généralement sur les plates-formes d'expérimentation pour arriver à une prise en compte de toutes les caractéristiques de l'apprenant.

L'individualisation de l'apprentissage nécessite la mobilisation de stratégies d'enseignement basées sur une étude approfondie des différences individuelles des apprenants. Les solutions apportées à ce problème résidant dans le fait de mettre l'apprenant au centre de la recherche restent limitées avec le développement des nouvelles technologies d'information et de communication. Il faut également assurer la flexibilité de l'outil technologique en introduisant tous les éléments d'adaptation, ce qui rend ce problème de plus en plus complexe. Cela suppose de faire reposer les finalités sur la manière de mobiliser des moyens, des méthodes et des instruments de travail individualisables. La prise en compte des spécificités humaines se réclame d'un thème très connu dans les EIAH (Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain) qui renvoie au problème de la modélisation de l'apprenant.

¹ Texte de (Claparède 1921) cité dans (Meirieu 1991)

Introduction et problématique abordée

La difficulté de ce problème est impliquée par la nature de deux processus enseignement/apprentissage. Les individus acquièrent les connaissances délivrées par le processus d'enseignement tout en se basant sur un processus d'apprentissage qui doit fonctionner conformément aux intentions d'enseignement préalables. En général, lors du processus d'enseignement, les enseignants se fondent sur des stratégies disparates pour guider les apprenants, en établissant non pas des diagnostics détaillés des élèves mais plutôt en se contentant de s'appuyer sur des indicateurs ou des observables permettant de leur montrer la difficulté rencontrée par l'apprenant pour l'aider à apprendre.

Notre objectif n'est pas de proposer La solution pour que chaque apprenant trouve le Vrai pour son propre compte (l'expression de la maïeutique socratique), en récusant les mécanismes d'apprentissage humain et la cognition de l'apprenant ; bien au contraire, il s'agit de réfléchir aux formes et aux processus de conception afin de parvenir à un aspect de résolution de ce problème de complexité exponentielle. La variété des problèmes liés à l'individualisation de l'apprentissage et la complexité du phénomène de l'apprentissage humain ne peuvent être traités sur un seul niveau ni en proposant un seul modèle de conception. Pour cela, la prise de décision pour l'individualisation de l'apprentissage doit être distribuée sur différents niveaux en utilisant différents types de modèles et de connaissances.

Nous considérons que l'individualisation de l'apprentissage se situe sur trois niveaux: -le niveau de l'objectif d'apprentissage,-le niveau de la séquence des situations didactiques types (plan d'enseignement) correspondant à cet objectif et – le niveau de l'activité didactique. L'idée de base de l'individualisation de l'apprentissage est qu'en s'appuyant sur les comportements observables de l'apprenant, différents problèmes sont à résoudre dans un système tuteur intelligent : tout d'abord, celui du recueil des connaissances décrivant les différences individuelles pour pouvoir les utiliser et parvenir à un meilleur choix permettant d'enregistrer toutes les informations obtenues sur le modèle de l'apprenant; ensuite l'implantation d'un processus d'interprétation de ce modèle pour orienter les procédures de décision au niveau de l'objectif d'apprentissage et de la session didactique susceptible d'atteindre cet objectif, enfin la modélisation des connaissances et des raisonnements mis en jeu pour l'individualisation de l'activité didactique tout en utilisant les connaissances présentes dans le modèle de l'apprenant.

Le premier et le deuxième niveau d'individualisation mènent vers les problèmes de planification didactique, il s'agit de l'organisation des connaissances pluridisciplinaires dans le système afin de parvenir à l'assurance d'un contrôle didactique intelligent. Le troisième niveau d'individualisation concerne la modélisation croisée de l'activité didactique (didactique et informatique). Il s'agit d'une part de la modélisation didactique, faite par les spécialistes de l'apprentissage, qui se base sur le processus permettant d'explicitier ses fonctionnalités, le pilotage des actions de l'apprenant, les variables objectives utilisées pour différencier selon les apprenants et les variables situationnelles intervenant pour la contextualisation des connaissances. D'autre part la modélisation informatique de l'activité didactique qui concerne le processus de représentation de tous ces éléments en s'appuyant sur des formalismes répondant aux exigences technologiques. Donc cette modélisation croisée doit se fonder sur des modèles théoriques et d'autres technologiques pour parvenir à la réalisation d'un agent informatique qui se charge de l'individualisation de l'activité didactique.

La problématique de notre thèse concerne l'individualisation des activités didactiques constituant le plan d'enseignement. Quelles sont les phases qui devraient être explorées pour individualiser l'activité didactique? et Quel modèle théorique appliquer pour faire les choix les plus efficaces? Ce sont les deux questions principales suscitant nos réflexions dans le cadre de notre cas d'étude. Le problème abordé sur le plan informatique concerne le fait de se baser sur les principes de design pédagogique pour la conception de l'activité didactique et son agent d'individualisation. Il faut parvenir à concevoir un agent qui sera capable de gérer le dynamisme de l'activité et aura pour comportement principal de se représenter le modèle de l'apprenant pour individualiser l'activité didactique.

L'agent peut prendre, dans une situation ciblée en tenant en compte d'une diversité de **connaissances** et de **modèles**, les décisions nécessaires pour instancier les paramètres d'individualisation de l'activité didactique. La complexité de connaissances à utiliser par le concepteur nécessite de penser à une architecture d'un agent incorporant dans sa structure les composantes de l'activité de l'apprenant. Donc, il faut centrer les efforts de recherche sur l'analyse de l'activité didactique, ses composantes et son dynamisme pour la contextualisation des différents éléments d'individualisation.

Notre analyse de la complexité et du dynamisme de l'activité didactique nous a conduit vers l'AT (Activity Theory). Cette théorie explique le phénomène de la transmission de connaissances en montrant comment assurer la médiation entre le sujet et les objets de l'activité. La théorie de l'activité est exploitée dans le champ de la conception des systèmes techniques avec l'approche instrumentale appelée 'l'approche psychologique de la formation'. Cette approche montre comment un sujet intègre des artefacts dans son activité pour en faire des instruments en suivant un processus d'instrumentation. Notre objectif dans cette thèse n'est pas de se baser sur la théorie instrumentale pour recueillir des corpus psychologiques de recherche mais plutôt, de proposer une méthode montrant la manière d'utiliser les principaux concepts de cette théorie dans le système informatique.

La multiplicité des approches de différentes disciplines amène à s'interroger sur les méthodologies de recherche. Pour cela nous nous sommes basé sur les travaux de Van Der Maren, concernant les méthodes de recherches dans les systèmes complexes, pour instancier la méthodologie de recherche proposée dans son ouvrage. Il s'agit de montrer la forme d'implication de différentes disciplines dans la recherche en développement pédagogique de concept. Ce type de recherche, selon l'auteur, vise à présenter une réponse à un besoin en adoptant un produit développé à partir d'une théorie nouvelle ou non encore explorée. *La démarche de développement de concept est rationnelle et technologique. La plupart du temps on part d'une théorie, issue d'une discipline prétendument contributive, qui semble être transférable à l'éducation pour dégager souvent schématiquement l'organisation des principaux concepts de cette théorie.*

Nous employons le terme rationnel, qui désigne ce qui peut être expliqué par la raison, pour décrire un modèle ayant une justification théorique. Selon l'auteur, le problème abordé dans son aspect rationnel passe par deux étapes: tout d'abord le fait d'imaginer comment opérationnaliser les concepts : l'organisation conceptuelle autour de l'idée centrale de la théorie utilisée. La deuxième étape concerne le passage à l'élaboration d'un modèle conceptuel du contenu et des procédures. La démarche technologique concerne le choix le plus efficace pour la représentation du contenu et des procédures dans le système informatique.

Notre démarche rationnelle s'interprète par l'utilisation du concept d'instrument pédagogique qui a ses origines dans l'approche instrumentale. L'instrument est une entité mixte contenant une partie artefact et une partie schème d'utilisation du sujet. Cet instrument est dit 'instrument pédagogique' s'il y a une intention pédagogique derrière l'utilisation de la partie artefact. Les entités artefact et mode d'usage sont indissociables dans l'instrument pédagogique qui représentent une totalité comprenant à la fois un artefact (ou une fraction d'artefact) et un ou des schèmes d'utilisation. L'instrument pédagogique que l'on propose représente un outil informatique intégrant une partie artefact et une partie représentant les schèmes d'utilisation prescrits de l'artefact.

On part, donc de la théorie instrumentale pour dégager schématiquement l'organisation des principaux concepts et passer à une représentation conceptuelle du contenu, de l'interface et du scénario d'utilisation de l'artefact associé à l'instrument pédagogique, afin de répondre aux propres besoins d'individualisation de l'apprentissage. L'aspect technologique du problème de l'individualisation de l'activité didactique concerne la représentation de cette dernière comme un objet pédagogique selon le paradigme objet². Les composantes structurelles de cet objet représentent les instruments pédagogiques constituant l'activité didactique. Cette représentation présente beaucoup d'avantage (réutilisation, adaptation, souplesse...) ce qui donne à l'activité plus d'adaptabilité pour l'individualiser selon les profils d'apprenants.

La notion de l'instrument constitue aussi la clé de la conception de l'agent d'individualisation de l'activité didactique qui intègre l'objet pédagogique selon l'approche Agent-Objet pédagogique que l'on propose. Les actions de l'agent sont accomplies en faisant appel à des instruments pédagogiques pour atteindre ses objectifs. Ces instruments sont représentés par les composantes conceptuelles de l'agent. La conception d'un objet pédagogique intégrant l'agent d'individualisation de l'activité didactique doit se baser sur les principes du design pédagogique pour assurer une meilleure gestion de la tâche d'individualisation de l'activité didactique.

Nos travaux se situent dans le domaine de l'ingénierie pédagogique. Les recherches actuelles dans ce domaine visent à se concentrer sur l'activité d'apprentissage de l'apprenant et à favoriser la pratique de la technique de réutilisation, en exploitant l'idée de **scénarisation** de l'activité de l'apprenant intégrée au contexte d'apprentissage. Il s'agit de proposer de nouveaux modèles d'ingénierie de dispositifs de formation basés sur le concept d'**objet pédagogique** représentant l'activité d'apprentissage. Notre conception vise une nouvelle ingénierie centrée sur la conception des instruments pédagogiques représentés par les composantes structurelles de l'objet pédagogique proposé. Cette conception amène à travailler sur la relation théorie-méthode, c'est-à-dire, proposer une

² Il est possible que différents problèmes surgissent lorsqu'on utilise le terme objet avec des sens totalement différents dans les domaines de la didactique et de l'informatique. Nous soulignons rapidement que l'objet dans le domaine de la didactique désigne une entité (ayant une existence physique ou symbolique) utilisée par l'apprenant pour réaliser une tâche. Tandis que l'objet en informatique est une abstraction d'une entité du monde réel, représentée dans le système informatique avec un format spécifique 'Représentation Objet' selon le paradigme objet.

nouvelle méthode de conception à l'échelle micro prenant pour base théorique l'approche instrumentale pour concevoir l'objet pédagogique.

L'objet pédagogique ouvre sur des problèmes techniques (exigences technologiques) et d'autres pédagogiques (exigences théoriques ou rationnelles). La plupart des travaux de recherche sur les objets pédagogiques ont plutôt une tendance technologique et c'est là qu'il apparaît un vrai problème d'isolation de ces approches sur l'aspect rationnel. Les travaux d'informaticiens dans le domaine nécessitent de prendre du recul pour la mise en œuvre des connaissances de l'apprenant en prenant en considération une théorie ou plusieurs théories pédagogiques. Cette prise en compte ne doit pas rester sur le plan des croyances philosophiques, mais il faut arriver à rendre ces théories opérationnelles, c'est-à-dire utilisées effectivement dans le système informatique. De notre point de vue, la représentation des instruments construits par les utilisateurs dans le système informatique permet de rendre la théorie instrumentale opérationnelle. Nous montrons dans cette thèse comment utiliser le concept d'instrument et le représenter dans le système informatique.

Nous proposons un nouveau modèle d'objet pédagogique ayant pour propriétés les intentions d'enseignement et pour composantes structurelles les instruments pédagogiques représentant les constituants de l'activité de l'apprenant. La représentation des instruments pédagogiques par les composantes structurelles de l'objet pédagogique permet l'opérationnalisation de la théorie instrumentale dans le système informatique. L'application du modèle proposé dans d'autres contextes nécessite une représentation explicite des intentions d'enseignement. Ainsi, il faut assurer une représentation explicite des instruments construits par l'utilisateur à partir des objets techniques. Notre conception se démarque aussi par l'intégration de l'agent d'individualisation dans l'objet pédagogique selon l'approche Agent-Objet pédagogique proposée.

Un des points clés dans la réutilisation des objets pédagogiques réside dans leur capacité à s'adapter à des intentions didactiques différentes. Ainsi, nous proposons de les structurer de manière à ce qu'on puisse accéder de façon indépendante aux intentions didactiques et aux objets qui les composent, afin de pouvoir modifier ou remplacer indépendamment chacun de ces types d'objets. L'objet pédagogique proposé est caractérisé initialement par les connaissances mises en jeu lors du processus d'acquisition des connaissances par l'apprenant, pour cela les propriétés de cet objet représentent les intentions pédagogiques qui ont un format spécifique pour AMICAL. Les intentions pédagogiques sont représentées par les couples <Action, Connaissances> ou triplets <Action,Statut,Connaissances>. L'objet pédagogique proposé intègre l'agent qui se charge de l'individualisation de l'activité didactique en utilisant des connaissances complexes sur l'état de savoir et l'état cognitif de l'apprenant pour l'adapter selon la situation ciblée. Notons que les instruments pédagogiques peuvent être utilisés dans le système pour viser des compétences de différentes natures. L'agent d'individualisation de l'activité didactique gérant le dynamisme de l'activité didactique tiendra compte de ces compétences calculées selon l'état de connaissances et l'état cognitif initiaux de l'apprenant.

La tâche d'individualisation de l'activité didactique constitue le cœur de notre mémoire de thèse. Nous avons suivie une conception basée sur des concepts issus de différentes disciplines afin de donner un aspect de résolution d'un problème complexe, celui de l'individualisation de l'apprentissage. La

collaboration des acteurs de conception nécessite de suivre une démarche de travail permettant un **dialogue continu** et un **ajustement** le plus fidèle possible aux **exigences** des différents domaines.

Les hypothèses que l'on avance dans nos recherches sont décrites comme suit :

1. Le processus d'individualisation de l'activité didactique s'appuie en partie sur des modèles complexes définis sur les instruments pédagogiques constituant l'activité didactique (modèle didactique, modèle cognitif, modèle d'interface et modèle des objets de connaissances).
2. Les modèles décrivant les instruments pédagogiques doivent être connectés pour l'individualisation de l'activité didactique en suivant un processus dynamique appelé le processus de **scénarisation de l'activité didactique** qui passe par trois étapes :
 - Construction de la matière primaire pédagogique (instanciation des paramètres du contenu) ;
 - Individualisation de l'interface (détermination des artefacts techniques d'interfaces associés aux instruments pédagogiques) ;
 - Adaptation du scénario de déroulement.

Après avoir individualisé le contenu de l'activité didactique, l'agent se base sur des connaissances recueillies à partir du modèle de l'apprenant et du contenu figuré dans les propriétés de l'objet pédagogique, représentant l'activité didactique, pour individualiser les instruments pédagogiques et le scénario d'utilisation des artefacts associés à ces derniers. Notre travail consiste donc à valider ces hypothèses dans un cas d'étude précis puis d'en étudier la généralisation pour toute la bibliothèque des situations didactiques d'AMICAL.

Contexte du travail de recherche

Le problème d'individualisation de l'activité didactique se situe au centre de nos pratiques de recherche dans le cadre du projet AMICAL³ qui vise la réalisation d'outils multimédias intelligents susceptibles de contribuer à la conduite d'un enseignement individualisé de la lecture. Il concerne la maîtrise de la lecture en langue maternelle (français), et s'adresse à des enfants en scolarité normale, ne présentant aucun déficit cognitif particulier et au tout début de leur apprentissage, donc une période correspondant au début du cours préparatoire.

Dans l'environnement AMICAL, sont intégrés trois types de modules :

- **Un module de type « exploration »** : un exemple de module de type exploration peut correspondre à un micro-monde dans lequel l'apprenant peut construire des expressions linguistiques à partir des mots proposés. Le système peut alors interagir, en temps réel, face aux différentes expressions linguistiques construites par l'apprenant, en les lisant par exemple, ou en apportant des commentaires pertinents permettant à l'apprenant de progresser dans son apprentissage. Les mots peuvent correspondre aux éléments élémentaires et les expressions linguistiques à des éléments dits plus complexes.

³ Architecture Multi-agents Interactive Compagnon pour l'Apprentissage de la Lecture

- **Un module de type « ressources »** : ce module apporte des informations en lien avec l'apprentissage de la lecture et propose un guidage de l'apprenant ; il s'agit de mettre à la disposition de l'apprenant un ensemble d'informations liées à l'acquisition de savoirs. Un apprenant donné peut, à tout moment de son apprentissage, se déplacer à l'intérieur du module et ainsi avoir accès à une ou à plusieurs de ces informations (une ressource dictionnaire, par exemple)

- **Le module de type « tutoriel »** : Ce type de module, appelé module tuteur ou tutoriel, doit conduire, de façon contrôlée, l'acquisition de savoirs par l'élève ; il a pour but de proposer à l'apprenant des sessions d'apprentissage de la lecture construites dynamiquement et adaptées à un apprenant donné à un moment particulier de son apprentissage.

Le module tutoriel est conçu dans le paradigme actuel des systèmes multi-agents. Les trois agents de premier niveau sont associés directement à la gestion des trois types d'entités (figures 0.2), on résume leurs fonctionnalités comme suit :

- (1) l'agent gestionnaire de la planification didactique (AGPD), qui, après avoir déterminé l'objectif d'une session didactique, déterminera, à partir de cet objectif et d'éléments de représentation de l'élève, une séquence de situations didactiques susceptible de permettre d'atteindre cet objectif
- (2) l'agent gestionnaire des situations didactiques (AGSD), qui réalisera les situations didactiques d'une session dans des interfaces apprenant-machine spécifiques.
- (3) l'agent gestionnaire des représentations de l'élève (AGRE), qui, à partir des informations recueillies au cours du déroulement de situations didactiques et à partir des représentations antérieures de l'élève, gèrera l'évolution de ces représentations.

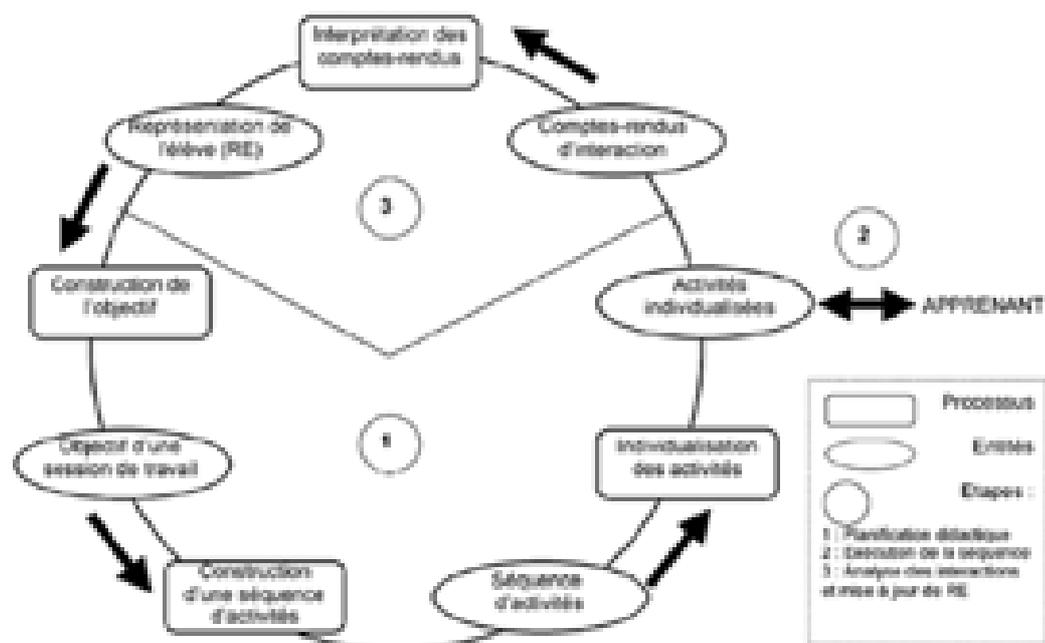


Figure 0.1 Le cycle de fonctionnement du module tuteur AMICAL

Notre travail s'inscrit dans le cadre du module tuteur AMICAL, il s'agit d'individualiser une session didactique correspondant à un objectif d'apprentissage calculé dans une phase antérieure. Le système procède à la sélection dynamique d'une suite de Situations Didactiques Types (SDTs) qui sont considérées comme les briques de base que l'on utilise pour la construction d'un plan d'enseignement. Pour qu'une SDT puisse être retenue, il faut qu'elle remplisse toutes les conditions d'adéquation par rapport à l'état des connaissances de l'apprenant et la compatibilité des contraintes d'individualisation d'une situation didactique avec les contraintes déjà présentes dans la séquence de situations didactiques retenue. Après que la SDT ait été retenue dans un plan didactique, l'agent d'individualisation de l'activité didactique devra déterminer quels éléments de cet ensemble (et sous quelles formes parmi les formes possibles) seront associés (introduits) dans la SDT pour en faire une situation didactique particulière adaptée à un élève particulier.

Nos recherches ont concerné aussi l'aspect général de la planification didactique qui peut être décomposée en trois sous-tâches indépendantes telles que chaque phase nécessite l'achèvement de la tâche précédente. Le réassemblage se fonde sur le principe 'divide and conquer' diviser et réassembler. Après avoir calculé la séquence didactique une interface doit permettre de relier les deux niveaux d'individualisation : niveau de la séquence didactique et niveau de l'activité. Le calcul de la séquence didactique nécessite de se focaliser sur une conception stratégique pour assurer une planification didactique individualisée. Nous nous sommes basé sur la stratégie de recherche heuristique dans les graphes de planification pour calculer la meilleure séquence. La formalisation des contraintes d'individualisation semble primordiale et nécessite de se fonder sur des recherches théoriques sur les aspects didactiques de la planification dans le système. L'individualisation de l'activité didactique est à la charge des agents d'individualisation qui utilisent chaque brique constituant le plan pour l'individualiser selon le modèle de l'apprenant.

Le problème d'individualisation de l'activité didactique a été abordé dans le cadre de nombreux travaux de recherches au sein du projet AMICAL. L'activité didactique, qui est considérée comme un objet théorique multi-facettes, a été caractérisée dans la majorité de ces travaux comme étant une unité d'actions isolable et significative. Pour l'agent gestionnaire de la planification didactique, une Situation Didactique Instanciée (SDI) est une "unité d'action" au sens où elle correspond à la plus petite action à la fois isolable et significative, dont le système dispose par rapport à l'objectif qu'il cherche à atteindre et par rapport à l'élève.

La conception des instruments pédagogiques représentant les constituants variés des activités didactiques est étroitement liée au domaine de l'apprentissage. La nature des connaissances modélisées dans le cadre de l'apprentissage de la lecture comme un savoir faire diffère des autres domaines d'apprentissage. D'un point de vue de l'expert de domaine, la lecture met en jeu des connaissances "à apprendre", non en tant que connaissances à posséder en tant que telles, mais des connaissances étroitement associées aux processus qui les utilisent. De plus, l'apprentissage porte sur le langage, domaine complexe et cet apprentissage doit mener de front décodage et compréhension. Ce qui fait que le matériel pédagogique utilisé ne doit pas être uniquement centrés sur la transmission des connaissances explicites mais aussi sur la transmission des connaissances tacites (faire travailler le savoir faire). Nous avons adopté une approche d'analyse à l'échelle micro, centrée sur les composantes de l'activité didactique, pour tenir compte de cette complexité. Cette approche contribue

à la rénovation des environnements informatiques pour l'apprentissage humain par le couplage d'aspects rationnel et technologique des modèles de conception.

Formellement la conception pédagogique sert de première étape pour arriver à l'implémentation d'un Système Tuteur Intelligent apte à proposer des activités didactiques individualisées. Les trois axes de recherche sont : la méthodologie de conception pédagogique ; la nouvelle approche d'objet pédagogique ; et le nouveau paradigme permettant la spécification de l'architecture des agents d'individualisation selon l'approche Agent-Objet pédagogique. Cette nouvelle approche se base sur la théorie instrumentale pour la spécification des composantes conceptuelles de l'agent et les composantes structurelles de l'objet pédagogique qui ont la même représentation théorique. Ainsi, les objectifs visés par notre travail de recherche peuvent être résumés comme suit :

- Théoriser et modéliser le processus d'individualisation de l'activité didactique
- Proposer un nouveau modèle d'objets pédagogiques correspondant à la théorie utilisée, permettant de couvrir tous les aspects de l'activité didactique (contenu, interface et scénario de déroulement) et de bénéficier de tous les avantages du paradigme objet (réutilisation, adaptation et souplesse)
- Instancier de ce qu'on appelle **éléments d'individualisation**, représentés sous forme de connaissances déclaratives, de connaissances procédurales ou de connaissances contextuelles.
- Développer l'approche Agent-Objet pédagogique, il s'agit de concevoir un objet pédagogique intégrant l'agent qui se charge de la scénarisation de l'activité didactique représentée par cet objet pédagogique.
- Implémenter ad hoc d'un prototype d'individualisation d'une session didactique.

Plan de Travail

Cette thèse est organisée comme suit :

Chapitre 1 : L'état de l'art est organisé en quatre sections commençant par l'approche conceptuelle de l'individualisation de l'apprentissage ; la deuxième section expose l'architecture des tuteurs intelligents au travers de quelques exemples ; la troisième section est dédiée à la conception des environnements d'apprentissage dans laquelle on évoque le rôle de la théorie de l'activité et l'approche instrumentale dans l'évolution de ces systèmes ; la dernière section traite les principes de base de la représentation de l'activité didactique et de son scénario de déroulement, en présentant une synthèse sur le nouveau concept Objet Pédagogique.

Chapitre 2 : Ce chapitre contient deux parties : l'analyse et la conception. Dans la partie analyse, on présente la méthode de travail suivie et les fondements théoriques de notre approche de conception qui tend vers une micro-ingénierie basée sur le principe de design pédagogique pour la modélisation d'une composante-EIAH dite instrument pédagogique. La partie conception présente le modèle générique de l'objet pédagogique proposé, fondé sur les principes de la conception objet.

Chapitre 3 : On évoque dans ce chapitre la complexité du processus d'individualisation qui nécessite la spécification de l'adaptabilité dans l'activité didactique et du rôle de ses constituants variants. On

montre également la nature des paramètres d'individualisation qui peuvent être considérés comme des variables situationnelles et inter-individuelles. Ces paramètres sont définis sur les modèles des constituants variants de l'activité didactique (le modèle cognitif, le modèle du contenu, le modèle didactique et le modèle de l'interface).

Chapitre 4 : On présente dans ce chapitre l'architecture de l'agent d'individualisation de l'activité didactique et plus particulièrement l'approche Agent-Objet pédagogique. Le fondement de l'architecture s'appuie sur une représentation d'une activité didactique sous la forme d'un objet pédagogique intégrant l'agent d'individualisation de l'activité didactique. Il s'agit de concevoir un agent ayant pour rôle de se représenter le modèle de l'apprenant pour individualiser l'activité didactique en suivant trois phases: - construction de la matière primaire pédagogique ; - préparation du matériel pédagogique et - adaptation des scénarios d'artefacts associés aux instruments pédagogiques.

Chapitre 5 : Ce chapitre est organisé en deux parties: la première partie traite de l'organisation des connaissances et de la didactique dans le système amical. Nous entamons dans cette partie la technique adoptée pour le calcul du plan d'enseignement, en nous appuyant sur les principes de recherche heuristique dans les graphes de planification. Nous nous basons sur un exemple de calcul de séquence pour montrer les relations entre le deuxième et troisième niveau d'individualisation. La deuxième partie expose la mise en œuvre de l'approche Agent-Objet pédagogique dans le troisième niveau d'individualisation dans le système AMICAL, en s'appuyant sur deux exemples d'activités : « présentation de texte » et « reconnaissances de mots ».

Nous finissons par un bilan des résultats de recherche et une présentation des annexes contenant les connaissances et les modèles des activités de 'Reconnaissance de mot' et 'Présentation de texte'. Il est à noter que le choix de ces deux activités est motivé par les deux aspects d'individualisation de deux activités différentes. La première concerne la présentation d'un texte qui constitue la base de travail pour toutes les activités de la session didactique. En revanche la deuxième situation d'apprentissage met l'apprenant devant un problème de reconnaissance de mots ce qui fait appel à différentes stratégies cognitives préconisées par les intentions pédagogiques.

L'annexe B présente les outils informatiques mis en œuvre pour l'implémentation de notre approche, ainsi qu'un prototype d'individualisation d'une session didactique implémenté avec la plate-forme Jade. Les modules de raisonnement de l'agent sont implémentés selon le paradigme de programmation logique ; Java est utilisé pour la représentation de l'agent et son insertion dans l'environnement.

Chapitre 1 :

Etat de l'art

Introduction

L'individualisation de l'apprentissage est, aujourd'hui, soumise à des contraintes disparates en relation directe avec l'utilisation des nouvelles technologies d'information et de communication. La machine qui est l'outil permettant la transmission de connaissances doit prendre en considération toutes les caractéristiques de l'apprenant, elle doit ensuite trouver le chemin qui mène l'apprenant à découvrir sa propre démarche par un contrôle didactique intelligent. Cela déclenche des recherches dans différents domaines et se conduit par l'exploitation de compétences pluridisciplinaires. L'idée de départ est de pouvoir simuler un enseignant qui est à l'écoute de ses élèves pour les guider en proposant des sessions didactiques individualisées. Un tuteur intelligent susceptible de proposer des activités didactiques individualisées est le cœur de notre travail de recherche. Il s'agit de prendre en considération les éléments contribuant effectivement à la réalisation des agents informatiques chargés de l'individualisation des sessions didactiques et de l'individualisation de chaque situation d'apprentissage.

Notre recherche bibliographique dans la littérature sur l'individualisation de l'apprentissage nous a conduit tout droit vers les problèmes de gestion des systèmes complexes. Les systèmes tuteurs intelligents sont donc l'objet d'étude qui a comme objectif principal d'individualiser l'apprentissage. Il est difficile d'identifier l'individualisation de l'apprentissage comme un domaine de recherche en soi puisqu'elle se situe dans différents champs de recherche scientifique. Les recherches en individualisation de l'apprentissage se trouvent dispersées dans de nombreux articles et de nombreux projets; il s'agit de la prise en compte des caractéristiques individuelles de chaque apprenant ; a priori, elle est centrée sur la gestion pédagogique des systèmes et des thématiques de modélisation de l'apprenant et des nouvelles technologies d'information et de communication. Ce chapitre est organisé en quatre sections. On commence dans la première section par la définition du concept d'individualisation de l'apprentissage, les différents points de vue des chercheurs issus de différents domaines et une exposition d'une synthèse sur les techniques utilisées pour l'individualisation de l'apprentissage ; la deuxième section évoque la planification didactique dans les systèmes tuteurs intelligents en se basant sur quelques exemples. On aborde dans la troisième section l'apport de la théorie de l'activité et l'approche instrumentale dans l'évolution de la conception des systèmes d'apprentissage. La quatrième section propose un état des lieux sur la représentation de l'activité didactique et le nouveau courant 'objet pédagogique'.

Etat de l'art:

Section I: Individualisation de l'apprentissage : Approche conceptuelle

1.1.1 Individualisation et personnalisation de l'apprentissage

1.1.1.1 Individualisation

Dans le dictionnaire, Historique de la langue française, nous trouvons que le mot individualisation vient du latin *individuus* ce qui signifie un individu. Dans le latin de la scolastique, *individua* ou *indivisibilia*, sont les êtres particuliers en lesquels se divisent les espèces, produites elles-mêmes par la division des genres. Le terme 'individu' s'emploie d'abord au sens large pour être formant une unité distincte par opposition au genre et espèce. L'individualité désigne l'ensemble des caractères propre à un individu.

La recherche en individualisation n'est pas récente. Nous avons commencé dans l'introduction de cette thèse par rappeler l'ouvrage de Bouchet (Bouchet H 1948) qui a traité le problème d'individualisation de l'enseignement en se basant sur l'étude de l'individualité des enfants et son rôle dans l'éducation.

Dans le colloque 'Identité individuelle et personnalisation' organisé à Toulouse en 1979, de nombreux articles ont essayé de donner les caractéristiques individuelles que l'on doit prendre en considération dans la perspective d'un enseignement individualisé. Selon Marlieu (Marlieu 1979) la perspective individualiste se rencontre en psychologie sous des formes diverses :

1. le point de vue des biologistes: l'expression d'une structure organique régulatrice des rythmes d'acquisition et de fonctionnement des conduites.
2. le point de vue des spécialistes de la psychologie sociale : l'identité est considérée comme l'organisation des attitudes, elle est fondamentalement culturelle pour ce courant de pensée.
3. le point de vue des psychanalystes : l'identité est résumée en la notion d'un drame issu de la question 'Qui suis-je'. Le drame vient des mécanismes de défense tels que les régulent l'histoire première du sujet.
4. le point de vue de l'étude génétique, ajoute l'auteur, ceci est étroitement lié à l'interstructuration de l'identité individuelle et des identités sociales. Il définit le lien entre identité et **personne** par l'unicité de l'unité de moi qui relève à son identité individuelle et la dépendance de cette unité avec l'ensemble social dont **l'individu** dépend.

Ces dimensions de l'identité individuelle font apparaître la complexité de l'étude du phénomène d'individualisation. Comment prendre en considération les différents aspects du sujet? Et selon quels critères définissons-nous un profil d'apprenants? On donnera dans ce qui suit plus de détails sur ce point. On commence tout d'abord par montrer la nature de l'individualisation de l'apprentissage d'un point de vue pédagogique et les modes de différenciation que l'on peut exploiter pour assurer un enseignement individualisé.

L'individualisation est la mise en place du travail que l'on fait individuellement, il s'agit d'exalter **les vertus de l'autonomie, de la différenciation, du rythme de l'apprenant, de la responsabilisation, de la confiance, de l'autoévaluation** (Vanderspelden 2004). La pédagogie traditionnelle selon les chercheurs dans ce domaine ne fait pas du travail individuel quand le maître donne à toute la classe le même exercice à faire tout seul, c'est du travail collectif fait individuellement (Bouchet 1948). En pédagogie Freinet, le travail est dit individuel quand l'enfant utilise des outils qui assurent son autonomie pour vaincre une difficulté d'acquisition. Il peut mener à bien ce travail grâce à des fichiers préparés et dont les fiches servent à toute la classe. Les modes de différenciation proposés par (Zakhartchouk 2001), peuvent porter sur:

- les outils d'apprentissage : les manipulations, les supports auditifs et visuels, les nouvelles technologies (power point, CD rom, ...)
- les démarches d'apprentissage : approche globale ou analytique, des séquences basées sur la déduction, la découverte intuitive, ...
- les situations d'apprentissage : situations d'écoute (active ou autre), de recherche, une évaluation formative, une production personnelle, ...
- le degré de guidance : encadrer ou non les élèves, intervenir de manière différenciée dans les groupes de travail, moments de travail en autonomie,
- la place du relationnel : un ancrage affectif, un savoir parfois plus distancé, plus détaché du vécu ou de l'environnement de l'élève,
- la gestion du temps : séquences d'apprentissage de durées différentes.
- la manière de mobiliser et d'enrôler les élèves : aider les élèves à se motiver en valorisant l'activité, en les relançant et les stimulant,
- l'organisation de la classe : travailler en classe entière, en groupes de tailles différentes, mais aussi des groupes d'entraide, de recherche, ...
- les formes de travail : moments d'exposition du professeur, moments de recherches, moments d'exercices et moments d'évaluation,
- les consignes données : consignes très explicites ou non, consignes travaillées en groupes, consignes orales ou écrites, consignes s'appuyant sur des exemples et contre-exemples,
- les formes d'évaluation : différencier les méthodes et les outils pour évaluer,
- les contenus : différents contenus peuvent être abordés pour un même objectif.

1.1.1.2 Personnalisation

La personnalisation des apprentissages, doit permettre à l'apprenant de travailler en fonction de ce qui lui est propre, de ses intérêts, de ses besoins en faisant de lui l'acteur principal de son apprentissage. Le rôle de l'enseignant est alors d'aider l'apprenant à déterminer ses besoins. C'est aussi lui offrir la possibilité d'utiliser des instruments personnalisés afin de lui permettre d'évaluer son rendement et son efficacité. Les activités personnalisées représentent une entrée parmi d'autres dans la manière d'aborder les apprentissages. Donc l'individualisation et la personnalisation de l'apprentissage constituent le centre d'intérêts des pédagogues, (Pédagogie personnalisée, pédagogie différenciée et récemment la pédagogie institutionnelle).

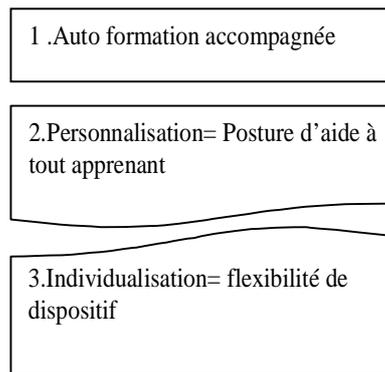


Figure I.1.1 Personnalisation et individualisation de l'apprentissage (Vanderspelden 2004)

Meirieu (Meirieu 1993) donne une synthèse que l'on présente ici pour que le lecteur informaticien sache qu'il s'agit d'une approche différente de celle connue par les chercheurs informaticiens. Le tableau ci-dessous montre que l'enseignement programmé repose sur la psychologie différenciée et les principes de la pédagogie différenciée pour arriver à mettre en place le processus d'individualisation de l'apprentissage.

Tableau I.1.1 Classification des courants d'enseignement individualisé (Meirieu 1993)

	Enseignement scolaire pré-élémentaire et élémentaire	Enseignement scolaire secondaire général	Enseignement scolaire secondaire technologique	Publics « en difficulté »	Formation professionnelle
1) humanisme	Plan de travail	« classes multiples »	« stages propres individualisés »		Enseignement par correspondance
Pédagogie personnalisée					
2) psychanalyse	Conseil	Travail autonome		Thérapie	Groupes de développement personnel
Libéral					
3) behaviorisme	Fiches auto-correctives	Travail indépendant	Apprentissage guidé par description de la tâche	Fiches auto-correctives	EAO (première génération)
Enseignement programmé					
4) psychologie différentielle	Analistes	Groupes de besoins		Leviers-crochets	Auto-formation assistée
Pédagogie différenciée					
5) taxonomie	Pédagogie par objectifs	Groupes de niveau	Usages contextualisés	Pédagogie du contrat	Enseignement modulaire
Pédagogie de la maîtrise					
6) psychologie cognitive et constructiviste	Séquences-problèmes	Pédagogie de projet	Pédagogie de projet technologique	Crédits d'adéquation cognitive	EAO (deuxième génération)
Pédagogie constructiviste					

Notons ici que le terme individualisation de l'apprentissage se rapproche du fait que l'apprenant doit suivre un chemin individuel en utilisant les éléments correspondant à son profil et à son niveau.

1.1.2 Niveaux d'individualisation

On retient dans le cadre de notre thèse la définition donnée par le dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation (dictionnaire de l'éducation) :

Dans le domaine pédagogique, l'individualisation peut s'appliquer à trois niveaux.

1. L'individualisation des objectifs permet l'adaptation à la diversité des besoins et demandes : sujets et matières étudiés, niveaux de difficulté ou de complexité visés, etc.
2. L'individualisation des moyens permet de s'adapter aux contraintes des individus : lieux, durée et rythme de formation, support multimédia, etc.
3. L'individualisation des méthodes permet de s'adapter à la variété des stratégies d'apprentissage de chacun : différenciation, alternance, production de savoirs, échanges de savoirs, etc

1.1.3 Les différences individuelles

La question principale qui semble devoir être posée pour l'individualisation de l'apprentissage est celle de la modélisation des connaissances et des raisonnements mis en jeu face à une diversité de profils d'apprenants. Une première réponse consiste à discerner tout d'abord la nature de la différence entre les apprenants pour concevoir ensuite les différents contextes préconisés selon cette différence. Cela permet de proposer des sessions didactiques individualisées prenant en considération une variété de profils d'apprenants et des situations didactiques incluant une multiplicité de variables situationnelles et interindividuelles. Il s'agit de voir avec un expert de domaine les différentes stratégies utilisées par les apprenants, les préférences de chaque profil d'apprenants et également les différentes stratégies d'enseignement qui peuvent correspondre à ces dernières. En effet, on peut repérer ces différences dans les comportements, les styles d'apprentissage et les stratégies utilisées dans une situation d'apprentissage. L'expert de domaine sera en mesure, selon son domaine de compétence, de fournir des stratégies d'enseignement efficaces pour chaque profil d'élèves.

Nous nous basons dans cette partie sur l'idée qu'il existe des différences individuelles entre apprenants pouvant intervenir comme des variables objectives de mesure de leurs habiletés. Ces variables dépendent d'une part des connaissances préalables des apprenants et d'autre part des différents éléments représentant ces différences. La diversité de profils d'apprenant doit être modélisée en termes de six bases : les connaissances préalables, les habiletés (compétences), le style cognitif (stratégies cognitives), le style d'apprentissage, les facteurs affectifs et les facteurs socio-culturels (âge, sexe, origine...). On traite donc le cadre conceptuel diversifié des différences individuelles. Il s'agit d'utiliser la base des différences individuelles traitée par Janet ATLAN (Atlan 1996) dans laquelle elle distingue quatre types de différences individuelles :

- les différences cognitives (style cognitif – dépendance/indépendance du champ, le fait de prendre des risques, analysant/globalisant ; style d'apprentissage – visuel, auditif, tactile ; intelligence ; aptitude) ;
- les différences affectives (motivation, personnalité - anxiété, confiance en soi, attitude) ;
- les différences socio-culturelles (âge, sexe, éducation antérieure) ;
- les différences dans l'utilisation des stratégies d'apprentissage.

Il nous est donc apparu important de situer cette réflexion sur les différences individuelles dans une perspective de modélisation de connaissances et de raisonnement mis en jeu pour concrétiser ces

propos dans le contexte du travail de notre laboratoire. Après une revue des travaux d'autres équipes de recherche, on a découvert que de nombreux groupes de recherche se sont investis pour arriver à éclairer la notion du style d'apprentissage. L'origine de cette idée se base sur la notion de style cognitif qui a donné naissance à celle du style d'apprentissage.

1.1.3.1 Style cognitif et style d'apprentissage

L'équipe formée de Jacques Chevrier (Université du Québec à Hull), Gilles Fortin (Université St Paul), Mariette Théberge et Raymond LeBlanc (Université d'Ottawa) poursuit une réflexion sur la problématique des styles d'apprentissage en lien avec l'éducation depuis plusieurs années. Les publications antérieures ont porté essentiellement sur le concept de style d'apprentissage (Chevrier & Charbonneau 1991; Fortin & al. 1997; Théberge & al 1996). Dans leur travail sur l'historique (Chevrier & al. 2000), les auteurs affirment que le style cognitif est le parent du style d'apprentissage. Leur réflexion sur le style cognitif est basée sur l'article de Keefe (Keefe 1979), qui déclare Gordon Allport comme étant le premier auteur qui a proposé le terme de «style cognitif» dans son livre *Personality: a psychological interpretation*, concept qu'il reprend et développe en 1961 dans son livre *Pattermand growth in personality* en se basant sur les recherches réalisées au cours des années quarante et cinquante par (Goldstein & Scheerer 1941), (Klein 1950), (Witkin & al. 1954) et (Kelly 1955).

Allport (Allport 1961) affirme que chaque individu possède un ensemble («set»), à la fois cognitif et affectif, de traits personnels correspondant à des modes fondamentaux de penser-et-d'agir qui orientent ses perceptions, ses images et ses jugements à propos de son monde personnel. L'auteur considère que chaque action d'une personne peut avoir un aspect adaptatif et un aspect expressif. L'aspect adaptatif de l'action concerne les actions que la personne accomplit consciemment et volontairement, qui sont déterminées par les besoins du moment et de la situation, et dépendent de facteurs personnels particuliers (attitude face à la tâche, habiletés pertinentes, intentions spécifiques); l'aspect expressif, concerne généralement les actions moins conscientes et moins volontaires, (tempérament, dispositions personnelles, déterminants culturels et situationnels).

Selon Witkin (Witkin 1976), les styles cognitifs correspondent aux modes caractéristiques de fonctionnement que nous révélons dans nos activités perceptives et intellectuelles d'une manière hautement constante et généralisée. Ainsi, la différenciation cognitive est l'un de ces styles cognitifs qui se manifeste selon deux modes: la dépendance du champ et l'indépendance du champ. L'auteur définit les styles cognitifs comme les différences individuelles dans la manière dont nous percevons, pensons, résolvons les problèmes, apprenons, sommes liés aux autres.

1.1.3.2 Différences individuelles et style d'apprentissage

Les typologies de styles d'apprentissage qui prennent pour cadre de référence l'environnement pédagogique s'intéressent aux préférences des élèves pour certains aspects du contexte d'apprentissage. On se base dans la partie de ce présent chapitre sur quelques exemples donnés dans l'article de (Chevrier et al 2000), pour permettre au lecteur de comprendre comment les acteurs du domaine de l'apprentissage humain conçoivent le problème des différences individuelles, et aussi comment nous

pourrons utiliser leurs modèles dans le cadre d'une modélisation du raisonnement d'un agent informatique.

1- L'équipe de recherche cite Barbe, Swassing et Milone (1979, 1988) qui ont développé le Swassing-Barbe Perceptual Modality Instrument pour identifier les styles : visuel, auditif et kinesthésique. Le style visuel se caractérise par une meilleure mémoire en utilisant la vision, le style auditif en utilisant l'audition et le kinesthésique en utilisant le toucher. L'originalité de ce modèle est de mesurer les styles à partir du rapport entre des scores de performance. Le tableau ci-dessous synthétise les modalités d'encodage et de représentation traitées par les différents auteurs.

Tableau I.1.2 Modèle de traitement de l'information : modalités d'encodage et de représentation (Chevrier & al 2000)

Auteur(s)	Date	Instrument	Styles d'apprentissage / Profil d'apprentissage
Barbe, Swassing & Milone	1979	Swassing-Barbe Perceptual Modality Instrument (trois épreuves de mémoire)	Style d'apprentissage (performance relative) identifié à partir de trois styles possibles: Style visuel; Style auditif; Style kinesthésique.
Antoine de La Garanderie	1980	Observation des conduites de l'élève	Profil pédagogique établi à partir de huit stratégies possibles issues de la combinaison de deux dimensions : Type d'évocations : visuelles et auditives; Objets d'apprentissage : le concret, les mots, les opérations complexes et les opérations élaborées.
Riding et Buckle Riding et Rayner	1990 1998	Cognitive Styles Analysis (CSA) (trois épreuves informatisées)	Style d'apprentissage établi à partir de quatre styles possibles issus de la combinaison de deux dimensions bipolaires : Global vs Analytique; Visualisateur vs Verbalisateur. Style global-visualisateur; Style global-verbalisateur; Style analytique-visualisateur; Style analytique-verbalisateur.

2- (Honey & Mumford 1986) ont élaboré une nomenclature qui contribue à mieux comprendre comment la personne conçoit l'action dans une situation d'apprentissage. Les styles qu'ils définissent sont au nombre de quatre types: (1) le style actif, (2) le style réfléchi, (3) le style théoricien et (4) le style pratique. Le style actif se réfère à une personne flexible et impulsive qui affronte directement la situation source et s'engage de façon spontanée et sans idées préétablies dans des expériences nouvelles. Une personne de style réfléchi aime prendre du recul pour réfléchir à des situations et les examiner selon différents points de vue, il s'agit d'une personne observatrice qui met en avant l'analyse de la situation et la réflexion avant d'agir. Une personne de style théoricien aborde les problèmes de façon progressive en suivant des étapes enchaînées. Elle combine des différents éléments en suivant une approche logique systématique et rationnelle. Quant à la personne de style pratique, elle s'intéresse vivement à l'application pratique des idées, des techniques et théories afin de trouver le meilleur chemin en se servant de son expertise pour évaluer rapidement l'efficacité et la

pertinence de la tâche dans une situation d'apprentissage.

3- Dans une approche qui tient compte de l'indépendance ou de la dépendance face au champ d'apprentissage, les styles sont définis comme des caractéristiques individuelles et reflètent un mode préférentiel stable (Duckwall & Hayes 1991) ; (Witkin & Goodenough 1981). La procédure d'évaluation s'effectue par une observation directe du sujet qui exécute une ou plusieurs tâches de perception. Le style d'apprentissage nécessite également de prendre en considération les différentes stratégies d'apprentissage qui servent à décrire des conduites hiérarchisées liées aux caractéristiques de la personne. Il est en général admis qu'une stratégie reflète davantage un choix plus ou moins contrôlé parmi un ensemble de possibilités. Riding et Rayner introduisent une distinction entre styles et stratégies :

"strategies can be learned and modified while style is a relatively fixed core characteristic of an individual"(Riding & Rayner 1998).

(Chevrier & al 2000) font référence aux stratégies des apprenants permettant de savoir comment nous apprenons dans des situations différentes. En comparant deux apprenants (A et B) dans deux tâches (apprentissage d'un logiciel et apprentissage de la réalisation d'un travail en équipe) le problème du contexte est posé. Cette contribution, qui présente par ailleurs une modélisation du processus d'apprentissage un peu risquée puisqu'elle ne porte que sur deux cas, a cependant le mérite d'attirer l'attention sur le problème important de la variabilité des styles à travers les tâches.

4- Ainsi le style d'apprentissage est conçu comme un processus mettant en jeu plusieurs éléments qui composent la situation d'apprentissage, éléments relevant autant de la personne que de la tâche. Selon (Chevrier & al 2000)

"Le style d'apprentissage est le mode de fonctionnement privilégié par l'apprenant dans une situation d'apprentissage. C'est un mode généré par l'activation d'un système de représentations de la tâche et de lui-même, qui se manifeste par l'expression de préférences pour certaines manières de faire et par le choix de conduites et de stratégies d'apprentissage particulières auxquelles l'apprenant s'identifie. "

Le mode de fonctionnement privilégié se base sur l'idée de demander à la personne elle-même son style d'apprentissage. Il se caractérise par des préférences et un ensemble de règles. Les préférences de chaque apprenant se basent sur des facteurs considérés importants dans son fonctionnement d'apprentissage. (Chevrier & al 2000) citent les exemples d'un apprenant qui peut dire : *"J'aime apprendre avec d'autres personnes" ou "Je préfère avoir le plus grand nombre d'informations possibles, car c'est important pour moi d'avoir le maximum de données pour alimenter ma réflexion"*. (Mischel & Shoda 1998).

La prise en compte de tous ces éléments est très favorable pour une perspective de conduite d'un enseignement individualisé. Cette prise en compte nécessite, selon nous, de prendre du recul par rapport à chaque modèle choisi afin d'arriver à une meilleure exploitation du concept de 'style d'apprentissage'. Il s'agit d'une part de savoir quelles sont les différences et ensuite de comment on peut modéliser les techniques de raisonnement de l'agent.

1.1.3.3 Motivation de l'apprenant

Margaret Martinez, commence son article (Martinez 2000) par le texte

*"If a student does not want to learn, she will not;
Regardless of the quality of the instruction offered her.
If a student wants to learn, she will find a way;
Regardless of the quality of the instruction offered her."*

Donc si l'élève est motivé, il trouvera son chemin pour acquérir les connaissances, et il apprendra. Face à la complexité d'un problème qui se situe au niveau de la prise en compte du côté affectif de l'apprenant et du déclenchement de cette motivation, on trouve différents travaux de recherche. Il s'agit de doter les machines de capacités de percevoir et d'exprimer des émotions, de déterminer la relation entre le monde affectif de l'apprenant et les processus cognitifs.

Depuis les années 2000, des travaux ont été publiés sur la motivation et le monde affectif de l'apprenant et sa relation avec la modélisation d'un EIAH, en particulier lors des conférences ITS et AIED (ITS'2006 Workshop Motivational and affective issues in ITS 2006a), (AIED 2005). Le concept de (Emotionally Intelligent Tutoring System EITS, voir section II), un système tuteur Emotionnel Intelligent qui utilise l'émotion pour améliorer l'apprentissage, a été aussi évoqué dans les travaux de (Ochs Frasson 2004 ; Burluson & Picard 2004, Yanghee 2004) qui proposent un compagnon affectif qui retient l'apprenant en suscitant sa motivation pendant la session d'apprentissage (voir Figure I.1.2).

L'idée de la prise en compte du côté affectif de l'apprenant n'est pas récente, des recherches dans les années 80 ont commencé à expliciter le rôle des facteurs émotionnels. On trouve un exemple d'une typologie basée sur les fonctions des activités d'apprentissage (Deschênes et coll., 1988) qui distingue trois grandes fonctions permettant de regrouper les activités d'apprentissage en formation à distance en activités de types cognitif, métacognitif et affectif.

Tableau I.1.3 Types d'activités de l'apprenant (Deschênes & Coll 1988)

Activités de type cognitif	Activités de type métacognitif	Activités de type affectif
Indiquent le <i>quoi</i> et le <i>comment</i> étudier Portent sur le domaine conceptuel Servent aussi à l'évaluation Permettent l'apprentissage de stratégies efficaces (support méthodologique)	Activités de : - Planification - Evaluation - Régulation de la compréhension Activités de prise en compte des variables environnementales	Activités qui visent en particulier : - La motivation - L'intérêt - Les valeurs de l'apprenant

La nature des activités proposées à l'apprenant entraîne chez ce dernier des réactions affectives pouvant modifier son apprentissage. Le côté affectif de l'apprenant peut avoir un rôle très positif par rapport à l'apprentissage si un lien est fait par le concepteur d'activités d'apprentissage entre le

domaine affectif et le domaine cognitif (Deschênes & Lebel, 1994). L'exemple de (Yanghee Kim 2004) est un cas d'application de l'expression de six états affectifs de l'apprenant (intéressé, ennuyé, confiant, anxieux, satisfait et frustré)



Figure I.1.2 Expression des états affectifs par le système (Yanghee 2004)

Le cœur du problème d'individualisation est défini sur le choix des stratégies à utiliser en fonction de ces observables. Il s'agit de proposer des tâches pouvant conduire les apprenants à mieux apprendre en se basant sur les différences individuelles (les stratégies d'apprentissage,... les six éléments cités dans la section 1.1.3). Donc la modélisation des connaissances nécessite une spécification complète des différences individuelles et des observables permettant de les identifier, elle nécessite aussi la spécification des stratégies d'enseignement susceptibles de guider l'apprenant à appliquer telle ou telle stratégie selon le contexte.

Synthèse

L'enseignement programmé repose sur la psychologie différenciée et les principes de la pédagogie différenciée pour arriver à mettre en place le processus d'individualisation de l'apprentissage. Les spécialistes de l'apprentissage traitent le problème de différences individuelles selon différents angles en se basant généralement sur des plateformes d'expérimentation. Nous avons vu précédemment que la diversité de profils d'apprenant doit être modélisée en termes de six bases : les connaissances préalables, les habilités (compétences), le style cognitif (stratégies cognitives), le style d'apprentissage, les facteurs affectifs et les facteurs socio-culturels.

La variété des situations pédagogiques traitées dans les différents travaux de recherches, présentés ci-dessus, et aussi la diversité des objectifs fixés au début pour chaque équipe de recherche rendent le problème de plus en plus complexe. La plupart de ces travaux s'orientent vers une spécification générale des différences individuelles en se basant sur les comportements, les compétences et les styles d'apprentissage. Cependant la recherche sur le style d'apprentissage est toujours en phase exploratoire, ceci est dû au fait de la complexité du mécanisme de l'apprentissage humain. Nous prendrons en considération cette modélisation des styles d'apprentissage (réfléchi, visuel, auditif, impulsif(ou actif)) et montrerons comment les utiliser par l'agent d'individualisation de l'activité didactique (chapitre 5).

La prise en compte du côté affectif de l'apprenant permet une meilleure gestion de l'activité didactique. Il est à noter ici que la gestion de ce type de connaissances peut se faire lors du déroulement de l'activité didactique. L'agent d'individualisation peut aider par exemple à dépasser l'état_frustré par des aides contextualisées et bien traitées (voir chapitre 5).

1.1.4 La prise en compte de l'individualisation par l'informatique

Tous les auteurs du domaine de l'informatique en éducation s'accordent à dire que l'enseignement par ordinateur trouve ses racines dans l'enseignement programmé des années 1950-1970. La conception classique des tuteurs intelligents tourne autour des trois composantes qui interagissent dans la formation : le sujet, l'élève et le professeur c'est-à-dire: quoi, pour qui, et comment (what, who, how : (Self 1974)). (Hartely & Sleeman 1973) ont les premiers spécifié les divers composants d'un tuteur intelligent : connaissance du domaine, connaissances de la personne qui reçoit l'enseignement (modèle de l'élève), connaissances des stratégies d'enseignement, connaissance de la façon d'appliquer la connaissance des stratégies d'enseignement aux besoins d'une personne. Wenger (Wenger 1987), propose d'intégrer deux modules: le module pédagogique, et le module de communication qui sont liés au modèle du domaine et au modèle de l'élève.

Le modèle initial comportait un modèle 'apprenant' se basant sur deux principes lui donnant deux aspects différents. Le modèle 'différentiel' ('buggy' en anglais) se propose de représenter les erreurs de raisonnement d'un apprenant observées lors de la phase d'interaction avec le système (Brown 1982, Blondel & al. 1997). Ce modèle nécessite beaucoup d'effort pour arriver à représenter une connaissance en construction chez un apprenant, mais, de plus, pouvoir représenter les méconnaissances et les erreurs de ce dernier nécessite de les valider dans des contextes expérimentaux soigneusement préparés ; les principaux résultats ont été obtenus dans des domaines d'enseignement très limités. Donc ces modèles sont trop complexes et proposent de raisonner sur le comportement de l'apprenant.

Dans le modèle de type 'expertise-partielle' ('overlay' en anglais) (Goldstein 1982) l'élève est vu comme un sous-ensemble des connaissances de l'expert. Cette modélisation est relativement simple à mettre en œuvre par rapport à la technique précédente. Celle-ci est en général modélisée soit sous forme de règles de production, ou bien sous forme de 'frames', ou bien encore sous forme d'un tableau dont les lignes sont les concepts du domaine enseigné et dont les colonnes sont des attributs qui représentent l'état mental de l'apprenant par rapport aux concepts (Brusilovsky et Persin 1994). Les attributs prennent des valeurs soit booléennes, soit dans un ensemble de valeurs symboliques avec des interprétations pédagogiques significatives comme dans le modèle proposé par (Nicaud 1987). On présente dans la section suivante le Système Quiz qui se base sur ce type de modélisation de l'apprenant (voir Section II).

Les modèles récents s'appuient sur une ontologie du domaine pour identifier le sous-ensemble connu de l'élève, et celui qu'il reste à couvrir (Brusilovsky 1999). Il est important de noter ici que le modèle de l'apprenant et le profil d'utilisateur se différencient selon le domaine d'application. Un profil d'utilisateur pourrait être considéré comme une vue partielle du modèle de l'apprenant. Donc il est clair qu'on désigne dans ce type de système un utilisateur et non pas un apprenant et dans la majorité des travaux présentés dans le domaine.

1.1.5 Individualisation, personnalisation et modèle de l'apprenant

L'intégration d'une représentation de l'apprenant au sein du système devrait permettre une parfaite individualisation de l'enseignement/apprentissage. Théoriquement, le système serait capable de recueillir et d'utiliser des informations telles que :

Individualisation de l'apprentissage: Approche conceptuelle

- L'état de ses connaissances déclaratives (les notions et concepts qu'il connaît),
- L'état des connaissances procédurales de l'apprenant (ce qu'il sait faire),
- L'état cognitif (capacité cognitive et métacognitive)
- Ses caractéristiques individuelles (son style cognitif (sa réaction aux différentes stratégies proposées), son style d'apprentissage (impulsif, réfléchi ...) son intérêt pour les différents types de situations d'apprentissage, etc.),
- Son niveau d'évolution et son profil (il est déterminé grâce à la trace de ses actions et de ses résultats au cours du déroulement de la session).

Le modèle de l'élève n'a pas encore répondu aux espérances qu'il avait fait naître, du fait de la difficulté à recueillir et à exploiter ce type d'informations. On voit, en effet, immédiatement les problèmes théoriques et pratiques que cela soulève, parmi lesquels le fait que les actions de l'apprenant ne sont pas nécessairement la trace de ce qu'il sait, et que ce savoir, lui-même, est précisément en évolution. Quant à ses stratégies cognitives, elles peuvent changer, elles aussi. De plus, il n'existe certainement pas de correspondance unique et définitive entre une stratégie cognitive de l'apprenant et une stratégie pédagogique à lui associer (Odile Blanvillain 1993).

Les représentations de l'apprenant ont un rôle prédominant dans l'apprentissage, particulièrement sur le niveau d'implication de l'apprenant et sur le degré et la manière de mobiliser ses ressources cognitives (Abric 1989, Boekaerts 1995, Romainville 1993). Cette représentation est plus ou moins explicite. Elle détermine largement les dispositifs d'apprentissage et les modalités d'évaluation mis en place. L'approche en termes de compétences pose précisément le problème en termes de mobilisation de capacités individuelles en fonction de l'objectif à atteindre. De plus, la dimension opératoire et fonctionnelle des compétences s'accommode de la conception constructiviste, dominante dans les systèmes éducatifs, selon laquelle les connaissances constituent la solution à des problèmes que l'individu se pose selon sa façon.

Bruillard dans l'introduction de son livre (Les machines à enseigner (Bruillard 1995) cite (Sandberg & Barnard 1993) qui classifient trois positions théoriques sur l'apprentissage et la cognition dans le cadre des Environnements Interactifs Assistés par Ordinateur : - les individualistes ; - les contextualistes et les éclectiques .

Les individualistes : (Anderson, Ohlsson, Elshout et Van Lehn) qui considèrent l'individu comme le cœur du problème. Et ils centrent leurs recherches sur la cognition de l'apprenant.

Les contextualistes : (Collins, Shank, Pontecorvo) qui se centrent sur l'environnement et l'immersion de l'apprenant dans le contexte. Ils s'orientent plus vers la cognition et ses rapports dans un contexte plus large.

Les éclectiques : (Merril, Woolf, Vivet) qui rajoutent encore les circonstances comme un troisième élément qualifiant l'apprentissage comme individualiste ou contextualiste selon le cas étudié ; ils cherchent à reproduire des systèmes en se basant sur les théories de la cognition humaine.

Aujourd'hui les recherches dans le champ de l'informatique en éducation se focalisent sur les aspects pouvant fournir une meilleure utilisation des ressources d'apprentissage. Cette meilleure utilisation devrait se baser d'une part sur le fait de rendre les documents numériques plus sophistiqués

en terme de structuration, d'utilisation et de réutilisation dans des contextes différents selon les intentions d'enseignement, et surtout de reproduction des documents numériques susceptibles d'être gérés intelligemment. Donc l'exploitation de nouvelles technologies d'information et de communication est l'élément essentiel de ces travaux. Les nombreuses recherches actuelles sur le modèle d'utilisateur dans l'enseignement essayent de dépasser les limites d'un modèle statique orienté vers le contenu. La modélisation de l'utilisateur en dehors des ITS connaît un développement important en raison de la complexité croissante des interactions et de la recherche de services personnalisés sur l'Internet (Sebastiani & al. 2005).

Les travaux des informaticiens se différencient selon le domaine de travail de chaque équipe de recherche : la communauté Recherche d'Information (RI), la communauté Bases de Données (BD), la communauté de l'interaction homme-machine (IHM), les systèmes hypermedias adaptatifs (SHA) ... etc. On présente brièvement les principes de ces communautés de recherche afin de montrer au lecteur l'émergence de l'activité de conception dans le domaine d'informatique, sans parler des problèmes liés à la conception des environnements d'apprentissage et à la pluridisciplinarité de ce champ de recherche qu'on évoquera dans la section III de ce chapitre.

1.1.5.1 Personnalisation dans la communauté RI

Un profil d'élève regroupe, selon la communauté RI, l'ensemble des connaissances nécessaires à une évaluation efficace des requêtes et à une génération d'une information pertinente adaptée à chaque utilisateur. La personnalisation de l'information peut être définie par un ensemble de préférences individuelles représentées par des couples (attribut, valeur), par des ordonnancements de critères ou par des règles sémantiques spécifiques à chaque utilisateur ou communauté d'utilisateurs (Bouzeghoub & Kostadinov 2005). Ces modes de spécification servent à décrire les préférences et le centre d'intérêt de l'utilisateur, le niveau de qualité des données qu'il commande ou des modalités de communiquer ces données. Ces informations sont représentées dans un modèle d'utilisateur appelé souvent *profil*. La personnalisation est ainsi définie comme un apprentissage réalisé à partir des préférences rendues par les utilisateurs à l'issue de la présentation des résultats successifs du système. Dans l'exemple du projet CASPER (Bradley & al. 2000) qui présente un moteur de recherche d'emploi, le profil d'un utilisateur est défini sous la forme de statistiques des actions effectuées par l'utilisateur sur les offres d'emplois.

Tableau I.1.4 Projet CASPER (Bradley & al. 2000)

Annonce	Action	Nombre de clics	Temps de lecture
job5	lire	1	234
job56	candidater	2	186
job45	envoyer à un ami	1	54

En utilisant un ensemble de règles de décision, le système va décider quelle annonce est pertinente pour l'utilisateur. Par exemple il peut considérer que les annonces 'job45' et 'job56' sont pertinentes pour l'utilisateur en raison des actions effectuées (candidater et envoyer à un ami). Par contre il n'a fait que lire l'annonce 'job5' qui sera considérée comme inintéressante.

1.1.5.2 Personnalisation dans la communauté BD (Base de données)

Dans le domaine des BD, il n'est pas courant d'intégrer l'utilisateur dans le processus de recherche d'informations. Une requête SQL¹ contient en général l'ensemble des critères jugés utiles à une sélection de données pertinentes. Les profils sont alors intégrés directement aux requêtes par les utilisateurs ou lors de la compilation de ces dernières ; ils sont alors pris en compte en une seule fois durant le filtrage de l'information. Dans le domaine des BD, le profil de l'utilisateur contient des données qui expriment ses habitudes, des prédicats fréquemment utilisés dans ses requêtes ou des définitions de l'ordre de préférences de ces prédicats (Koutrika & Loannidis 2004). Par exemple, le scénario de l'agence de voyage met en œuvre un agent logiciel capable de planifier un voyage complexe impliquant plusieurs lieux, plusieurs moyens de transport, l'inscription à des activités tout en résolvant des contraintes hétérogènes (dormir dans un hôtel convenable, minimiser le coût d'ensemble du voyage, diminuer le temps de correspondance, utiliser les transporteurs favoris et trouver des repas végétariens...). Imaginons que l'utilisateur d'une agence de voyage ait à résoudre le problème suivant :

Paul habite à *Paris* et il aime voyager pendant le week-end. Il descend d'habitude dans des hôtels au *centre ville* et préfère voyager en *train* plutôt qu'en *car*.

La solution proposée par l'agent doit mettre l'intérêt de l'utilisateur (Paul) au centre des recherches et exprimer par un *degré* qui est un nombre réel compris entre 0 et 1 l'intérêt de cet utilisateur. Sur chaque expression du profil, considérée comme une sous requête, est ajouté un nombre compris entre 0 et 1 pour exprimer l'importance relative de cette expression par rapport aux autres. Ainsi la valeur 1 sur les trois premières expressions signifie que ces conditions doivent être toujours satisfaites.

Les autres expressions expriment le fait que l'utilisateur a une plus forte préférence pour les hôtels situés au centre ville (d) que pour les voyages de deux jours (e) et qu'il préfère voyager en train (f) plutôt qu'en car (g). Cet exemple exprime l'idée de personnalisation d'un voyage pour un utilisateur X, l'ensemble des préférences de ce dernier doit être considéré comme des contraintes incluses dans la requête elle-même.

1.1.5.3 Personnalisation dans les IHM

Dans le domaine des IHM, la notion de requête n'existe pas sous forme de langage. Les systèmes utilisent des informations sur l'utilisateur (âge, niveau d'expertise, handicaps etc.) ou sur la technologie qu'il utilise (type du media, logiciels etc.) pour lui fournir une interface d'interaction adaptée. L'ultime objectif de ces systèmes est de guider l'utilisateur dans ses recherches et de faciliter l'expression de ses besoins. Un exemple de tel système est 'Apt Decision' qui représente un agent de recherche d'appartements (Shearin & Lieberman 2001). L'utilisateur soumet un certain nombre de critères de recherche (nombre de pièces, surface etc) et ensuite le système guide l'utilisateur, selon ses interactions, à travers les annonces disponibles. A chaque étape, le système analyse les actions effectuées par l'utilisateur pour lui proposer, dans la prochaine itération, des réponses conformes à ses préférences.

¹ Pour les lecteurs non informaticiens, SQL est un langage de manipulation de données qui permet de faire des sélections dans la Base de Données selon les choix spécifiés dans la requête.

Le contenu du profil d'un utilisateur varie selon les approches et les applications. Dans le domaine IHM, le profil contient, par exemple, des informations permettant au système d'adapter l'affichage des résultats selon les préférences de l'utilisateur. Un exemple simple d'un tel profil, donné par (Bouzeghoub & Kostadinov 2005), est celui utilisé par les fournisseurs de services Web. Dans ces systèmes, le profil d'un utilisateur représente un ensemble de données personnelles (nom, prénom, langue, genre, date_naissance, code_postal, e-mail, profession, poste etc, dans le cas de Yahoo par exemple) et des catégories d'intérêts qui constituent sa page d'accueil (ex. météo, football, jeux, etc.). Le contenu de certaines catégories du centre d'intérêt peut être défini à partir des données personnelles (par exemple si l'utilisateur est né au début du mois de Juin et s'il a choisi la catégorie 'Horoscope', le zodiaque affiché sera Gémeaux). Une autre approche, présentée dans (Mobasher & al. 2002), consiste à regrouper les transactions similaires d'un utilisateur dans des clusters. Le profil (noté PR_c) d'un utilisateur est obtenu sur la base d'un cluster c et contient les identifiants d'un ensemble de pages dont le poids associé à chaque page dépasse un seuil μ : $PR_c = \{(p, \text{poids}(p, PR_c)), \text{poids}(p, PR_c) > \mu\}$. Le poids d'une page p est calculé en fonction de la fréquence de son apparition dans le cluster. Dans le domaine des IHM, la notion de profil, souvent appelé modèle d'utilisateur, se focalise plus sur le niveau d'expertise et le métier de l'utilisateur afin de déterminer le type de dialogue que le système va avoir avec lui, les métaphores graphiques les plus appropriées ainsi que les modalités de livraison des résultats qu'il attend du système d'information.

1.1.5.4 Personnalisation dans les hypermédias adaptatifs

Dans les systèmes hypermedias adaptatifs, la personnalisation se base sur un ensemble de principes permettant de décrire les éléments d'adaptation dans le système. On trouve que cette méthodologie est très intéressante. Selon (Brukovsky 1995), un système adaptatif dynamique doit donc satisfaire les critères suivants:

- Être un système dont l'interface est un hypermédia;
- Avoir un modèle d'apprenant;
- Avoir un modèle du domaine;
- Avoir une base de données multimédia;
- Être capable d'adapter l'hypermédia à partir de ces modèles et de mettre à jour le modèle de l'apprenant en observant son comportement.

Nous nous proposons ici de décrire les principaux aspects de ces systèmes étudiés par (Jacquot 2006), (Deslestre 2000) et qui peuvent être décrits comme suit :

Éléments d'adaptation dans le système : Il existe 4 catégories d'éléments auxquels les systèmes d'hypermédias adaptatifs peuvent s'adapter :

- les connaissances de l'utilisateur concernant les concepts ou les documents du domaine.
- les buts de l'utilisateur : que doit-il apprendre, quelle(s) tâche(s) souhaite-t-il réaliser ?
- l'expérience et les compétences de l'utilisateur. Ces éléments diffèrent des connaissances de l'utilisateur par le fait qu'il s'agit de compétences extérieures au domaine de l'hypermédia adaptatif.
- les préférences de l'utilisateur concernant la présentation des documents : taille des caractères, couleurs, etc.

Adaptation du contenu : Les techniques d'adaptation dans les hypermédias adaptatifs sont classifiées en deux grandes catégories : adaptation de contenu et de composition des documents, et adaptation de navigation entre les documents.

1- L'adaptation de contenu varie entre

- l'adaptation de texte (masquer des explications, utiliser des variantes des textes, rajouter des explications concernant les pré-requis, etc)
- l'adaptation des médias (les images, l'audio ou la vidéo...)

2- L'adaptation de navigation consiste à modifier les liens qui sont proposés à l'utilisateur.

Méthode d'adaptation : Il existe différentes méthodes assurant l'adaptation de navigation :

- le tri de liens, qui consiste à fournir une liste ordonnée de liens en fonction des buts, des connaissances et du document courant ;
- l'annotation de liens, qui consiste à fournir de manière textuelle ou graphique une indication sur le lien, ou sur la pertinence d'utiliser ce lien pour l'utilisateur, en fonction de son profil, (par exemple des icônes colorées dont la couleur guide l'utilisateur : vert pour les liens les plus souhaitables, rouges pour les liens indésirables, etc) ;
- les cartes adaptatives : les cartes (*map* en anglais) permettent de présenter à l'utilisateur, l'organisation de l'hypermédia, à l'aide de liens, soit sous forme textuelle (présentation hiérarchique de l'hypermédia), soit sous forme graphique ;
- le masquage de liens, qui permet de limiter les possibilités de navigation en masquant les liens inutiles pour l'utilisateur, en fonction de ses connaissances et de ses buts ;
- l'adaptation du plan proposé à l'utilisateur, qui consiste à proposer des pages, représentant le plan de l'hypermédia, différentes en fonction des connaissances de l'utilisateur ;
- le guidage du parcours de l'utilisateur, qui consiste à guider le choix du document que l'utilisateur doit lire ensuite. On peut soit fournir un bouton "suivant" à l'utilisateur, soit lui fournir un document formé d'une séquence de différents documents.

Les méthodes utilisées pour assurer l'adaptation de contenu peuvent être décrites comme suit :

- l'ajout d'explications, qui consiste à fournir des explications supplémentaires à certaines catégories d'utilisateurs ;
- l'ajout d'explications introductives, qui consiste à insérer des explications au début d'une page présentant un sujet donné. Ces explications sont relatives aux pré-requis nécessaires pour aborder le sujet en question ;
- les explications comparatives, qui consistent à faire un parallèle avec un concept similaire connu de l'utilisateur. L'explication compare alors les deux concepts ;
- les variantes d'explications, qui consistent à proposer des variantes des explications sur un même sujet à l'utilisateur ;
- le tri, qui consiste à trier les fragments composant une page en fonction de leur intérêt pour l'utilisateur.

Mode d'adaptation : Les techniques d'adaptation se basent généralement sur la modélisation de l'utilisateur, il s'agit d'interroger l'utilisateur pour initialiser son profil. Leur mise à jour est très souvent automatique, mais peut être effectuée manuellement si nécessaire. Les mécanismes d'adaptation sont généralement inspirés des autres méthodes proposées par les communautés citées dans les sections précédentes. Donc il n'existe pas une méthode propre à ce type de système mais une réutilisation de techniques et de modèles des autres domaines de recherche.

Synthèse

L'individualisation est soumise à de nombreuses contraintes en relation avec la structuration du contenu à enseigner et aussi avec les théories pédagogiques. L'enseignement programmé nécessite de fonder les pratiques pédagogiques sur les bases établies scientifiquement par les chercheurs non informaticiens et même les informaticiens (IHM, BD, SHA et RI). Rendre le système plus adaptatif donne à l'apprenant une multiplicité de choix et garantit le travail individuel. Le profil d'utilisateur est considéré comme une vue partielle sur le modèle de l'apprenant qui est plus générale et doit contenir tous les éléments pouvant intervenir dans la personnalisation de l'information, mais aussi dans l'individualisation de l'apprentissage. Donc, le modèle de l'apprenant que l'on propose (chapitre 5) doit contenir : l'état de ses connaissances déclaratives, l'état cognitif, les caractéristiques individuelles, son style d'apprentissage et son niveau d'évolution.

Nous avons essayé de caractériser les quatre classes des travaux des informaticiens s'effectuant dans des domaines de recherches différents mais qui convergent pour arriver à proposer des outils, techniques et théories permettant d'aller jusqu'à la personnalisation de l'information et l'individualisation de l'apprentissage. Donc ces différentes orientations de recherche représentent pour nous une richesse de techniques que l'on peut toujours utiliser dans les tuteurs intelligents. Les principes des systèmes hypermédia adaptatifs fournissent les bases de l'individualisation de l'apprentissage. Nous évoquerons l'adaptabilité de l'activité didactique qui se fonde sur les principes d'un système adaptatif, flexible et paramétrable (voir chapitre 3).

Tableau I.1.5 Synthèse sur les techniques utilisées pour la personnalisation de l'apprentissage

	IHM	BD	SHA	RI
Principe	Interface d'interaction adaptée	Utiliser des requêtes SQL	Méthodes d'adaptation implémentées selon les principes de (RI, IHM, Web sémantique et BD)	Utilisation des règles sémantiques
Profils utilisateur	Préférences données par l'utilisateur	Contraintes incluses dans les requêtes SQL	Connaissances, compétences, but et préférences de l'utilisateur	Les actions, les préférences et les comportements de l'utilisateur
Mode de personnalisation	Interrogation de l'utilisateur pour personnaliser l'interface	Utiliser les données qui expriment les habitudes, les prédicats fréquemment utilisés dans les requêtes de l'utilisateur	Analyse du domaine et adaptation selon les connaissances et but d'utilisateur en se basant sur les méthodes (IHM, BD et RI)	Utiliser les connaissances nécessaires à une production d'une information pertinente (couples (attribut, valeur) représentant les préférences de l'utilisateur.
Objectif	Adaptation de l'interface	Trouver les critères jugés utiles à une sélection de données pertinentes.	Adaptation de l'apprentissage	une production d'une information pertinente adaptée à chaque utilisateur

1.1.6 Conclusion

Nous avons montré dans ce chapitre les différents points de vue sur l'individualisation de l'apprentissage. Nous avons remarqué que les pédagogues se concentrent plus sur la façon d'enseigner en tenant compte des théories pédagogiques et des caractéristiques de l'apprenant. Ces caractéristiques peuvent concerner son appartenance sociale et culturelle et aussi ses spécificités individuelles. Nous avons également remarqué que la plupart de ces travaux s'orientent vers une spécification générale des différences individuelles en se basant sur les comportements, les compétences et les styles d'apprentissage.

Les travaux des informaticiens se différencient selon le domaine de travail de chaque équipe de recherche : la communauté Recherche d'Information (RI), la communauté Bases de Données (BD), la communauté de l'interaction homme-machine (IHM), les systèmes hypermedias adaptatifs (SHA). L'objectif de ces travaux est de répondre, de différentes façons, au problème de personnalisation de l'information et d'individualisation de l'apprentissage en fournissant des techniques de gestion du modèle de l'utilisateur et de l'apprenant. Nos travaux concernent particulièrement l'individualisation de l'apprentissage en utilisant un modèle de l'apprenant.

La prise en compte des différences individuelles dans le système informatique nous conduit à nous interroger sur la structure des artefacts informatiques complexes, pouvant entreprendre les tâches prescrites, qui permettent de différencier selon les profils d'apprenants (voir chapitre 2). Ceci nécessite tout d'abord d'établir un cadre globale pour la réalisation d'un système informatique pouvant être personnalisé selon les apprenants.

Fournir un cadre globale suffisant pour assurer des fonctions solides requiert une meilleure gestion pédagogique dans le système, nous évoquerons dans la deuxième partie la gestion pédagogique pour détailler ensuite les différentes théories pédagogiques et évoquer les problèmes de la conception des EIAH.

Etat de l'art:

Section II : Gestion pédagogique et architecture des Tuteurs Intelligents

1.2.1. Introduction

Au milieu des années 80, les préoccupations des chercheurs dans le domaine de l'informatique en éducation étaient de déterminer les apports de l'Intelligence Artificielle aux logiciels d'éducation (Nicaud et Vivet 1988). Il s'agissait dans un premier temps d'envisager les améliorations de l'EAO (Enseignement Assisté par Ordinateur), en se basant sur les systèmes experts à cette époque. L'idée de départ était qu'un système expert a comme avantages de pouvoir gérer une session pédagogique en tenant compte de l'apprenant et de munir le système d'enseignement d'un module d'explication pouvant résoudre les problèmes posés à l'apprenant mais aussi par l'apprenant (Delozanne & Vivet 1990). Donc le but était de concevoir un logiciel expert dans le domaine à enseigner et expert en pédagogie, qui pourrait jouer le rôle de tuteur intelligent aidant l'apprenant à résoudre un problème. La technique appliquée à la résolution de problème dans les systèmes tuteurs intelligents se concentre toujours sur la planification didactique qui constitue en effet un champ de l'Intelligence Artificielle dont la littérature est féconde. Les chercheurs dans le domaine voient la planification sous différents angles :

- la planification de l'interaction et du dialogue,
- la planification des sessions didactiques,
- la planification et la gestion de l'explication.

Cette section est organisée en deux parties : la première partie évoque la gestion pédagogique des systèmes tuteurs intelligents en se basant sur des exemples de quelques tuteurs intelligents classiques les plus connus ; la deuxième partie expose une synthèse sur la technologie agent (exploitée en éducation) en montrant des exemples récents qui font toujours l'objet de recherches actuelles.

1.2.2 Planification didactique dans les systèmes tuteurs intelligents

La planification didactique est le processus le plus important dans un tuteur intelligent qui assure un contrôle didactique intelligent en se basant sur le calcul des plans d'enseignement. Le raisonnement sur les plans est un thème important en intelligence artificielle. Dans la planification classique, un plan est considéré comme une séquence ordonnée d'actions qui vise à satisfaire un but donné. Chaque action est définie par ses préconditions (les conditions qui doivent être satisfaites pour que l'action soit exécutable) et ses effets (les modifications apportées à l'état du monde par l'exécution de l'action).

Différentes approches ont été exploitées pour la modélisation du processus de planification didactique selon le domaine d'apprentissage en jeu. La gestion pédagogique générale d'un tuteur intelligent correspond aux trois modules principaux des Tuteurs Intelligents qui concernent tout d'abord la modélisation de l'expertise du domaine (le TI doit être compétent dans le domaine à enseigner), la

modélisation de l'apprenant et la modélisation de la connaissance pédagogique (quelles activités proposer à l'élève et comment le guider). En conséquence, la planification devient un outil de modélisation et de gestion des sessions pédagogiques, des explications, du dialogue et de l'interaction entre le système et l'apprenant. Il est à noter que la distinction entre dialogue et interaction a été donnée dans (Bruillard et al 2000). Les auteurs se basent sur les travaux de Chevallier (Chevallier 1994) pour définir un modèle de dialogue général structuré en deux niveaux : un niveau de structuration pédagogique où interviennent des stratégies pédagogiques et un niveau de structuration dialogique où interviennent des stratégies interactives et de discours. Donc Le niveau d'abstraction d'un dialogue est plus élevé qu'une interaction apprenant/système. On peut considérer l'interaction comme un moyen utilisé pour le développement d'un modèle de dialogue pédagogique.

Les approches exploitées se focalisent généralement sur la planification en intelligence artificielle (explicitier sous la forme de plans les actions à planifier). Au travers des quelques tuteurs intelligents que l'on expose dans cette section de l'état de l'art, on présente la session didactique vue selon chaque domaine d'apprentissage et chaque tuteur intelligent. Cela permettra d'éclairer le lecteur sur les problèmes abordés, tout en prenant en considération la diversité des connaissances à utiliser, leur structuration et le fonctionnement des tuteurs intelligents.

1.2.2.1 L'exemple Quadratic Tutor

Il s'agit de concevoir un système d'enseignement capable d'améliorer sa stratégie pédagogique au fur et à mesure de son déroulement. L'environnement Quadratic Tutor, conçu par O'Shea (O'Shea 1982), exploite les connaissances de l'apprenant relatives à la racine carrée pour la compréhension des techniques utilisées pour le calcul des racines des équations du second degré.

L'apprentissage est facilité par l'utilisation d'une représentation graphique de $x+n$ et $(x+n)^2 = x^2 + 2nx + n^2$ et $(x+n)$. Le tuteur doit sélectionner les exemples appropriés dans sa base et converser avec l'étudiant, en lui offrant commentaires et aides et en l'interrompant s'il prend beaucoup de temps. QuadraticTutor dispose pour cela une matrice de difficulté des tâches d'un modèle d'élève de type expertise partielle (voir Section I pour ce type de modèle) sur les règles à apprendre et de stratégies d'enseignement.

Le système Quadratic tutor adopte **la planification à base d'une bibliothèque de plans**. Il intègre l'apprenant comme une composante du système. Il sélectionne pour un apprenant donné un plan préexistant dans le système. Il s'agit d'une mise en relation de l'apprenant, de la tâche et du domaine. Si aucun plan ne correspond au profil de l'élève, la solution est de construire un nouveau plan qui sera rajouté à la bibliothèque après la génération et de le tester pour qu'il soit considéré par la suite comme un nouvel opérateur pédagogique.

<p>Considérez l'équation $X^2 + 18 = 9 \times X$. Devinez les solutions <i>E: Que se passe-t-il si je ne peux pas</i> SVP, tapez un nombre ou tapez STOP si vous désirez arrêter <i>E: 1, 2</i> Non <i>E: 3</i> C'est exact, essayez de trouver l'autre réponse <i>E: 4, 5</i> Non <i>E: 6</i> C'est bien, vous avez trouvé les deux réponses Considérez l'équation $X^2 + 18 = 19 \times X$. Devinez les solutions <i>E: 3</i> Non, réessayez <i>E: 6, 12, 2, 3</i> Non, réessayez</p>	<p><i>E: 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10</i> Vous n'essayez pas de découvrir une règle pour vous aider Nous allons regarder un autre exemple. Essayez de trouver une règle Les solutions sont en fait 1 et 18 Considérez l'équation $X^2 + 48 = 19 \times X$. Devinez les solutions <i>E: 1, 18, 12, 48, 19, 64, 9, 2</i> Non <i>E: 3</i> C'est exact, essayez de trouver l'autre réponse <i>E: 6</i> Non, réessayez <i>E: 3</i> Oui mais vous l'aviez déjà devinée correctement <i>E: 15, 18, 9, 1</i> Non, cela fait beaucoup d'essais Essayons un autre exemple Les bonnes réponses sont en fait 3 et 18.</p>
--	--

Figure I.2.1 Exemple d'une session Quadratic Tutor (Bruillard 1997)

1.2.2.2 L'exemple ExCHREK

ExCHREK est un programme d'enseignement conçu à l'université de Stanford par P. Suppes et son équipe (Blaine & Smith 1977). C'est un système pour l'enseignement de la théorie des ensembles en mathématique. L'étudiant dispose d'un petit nombre d'opérateurs, ce qui lui permet de déclarer ses intentions au système dans un langage simple et naturel. Il est à noter que le système ExCHREK se situe dans le cadre de l'**approche basée sur un plan fixé**, il s'agit d'une planification basée sur une succession de leçons prédéfinie par un expert humain.

<p>EXC : Montrer : si $A \subset B$ alors $\neg(B \subseteq A)$ <i>Elève : hyp (1)</i> EXC : $A \subset B$ <i>Elève : raa (reductio ad absurdum)</i> EXC : Supposons (2) $B \subseteq A$ <i>Elève : Définition, sous-ensemble propre pour 1</i> EXC : (3) $A \subseteq B$ et $A \neq B$ <i>Elève : 2, 3 établissent</i> EXC : 2, 3 établissent (4) $A = B$ <i>Elève : 3, 4 contradiction</i> EXC : 3, 4 contradiction (5) $\neg(B \subseteq A)$ <i>Elève : Cqfd</i> EXC : Correct</p>	<p>Théorème : si $A \subset B$ alors $\neg(B \subseteq A)$ On suppose $A \subset B$ et on va montrer $\neg(B \subseteq A)$ par un raisonnement par l'absurde. On suppose donc $B \subseteq A$. Comme $A \subset B$, par définition, $A \subseteq B$ et $A \neq B$. Or $A \subseteq B$ et $B \subseteq A$ ce qui prouve que $A = B$. C'est une contradiction, donc la supposition $B \subseteq A$ est fautive, sa négation est vraie, donc $\neg(B \subseteq A)$.</p>
---	---

Figure I.2.2 Exemple d'une session avec ExCHREK (Bruillard 1997)

Selon les différents comportements envisageables de l'apprenant, les plans sont enregistrés sous forme de graphes reliant les activités entre elles, les arcs du graphe correspondent aux différents comportements possibles de l'apprenant. Il s'agit d'une mise en relation de l'apprenant, de la tâche et du domaine. En fait dans ce type de planification, les plans ne sont ni révisables ni modifiables. L'inconvénient de cette approche est que l'adaptabilité à l'apprenant n'est pas gérée d'une façon dynamique (l'ordonnement des leçons est statique). Le système n'intègre pas de modèle de l'élève, ce qui crée des obstacles pour l'adaptabilité des leçons aux profils des apprenants. L'étudiant doit résoudre chacun de ces exercices au fur et à mesure qu'il avance dans les leçons.

1.2.2.3 L'exemple WEST

Le système West (Burton & Brown 1982) est un EIAO qui permet d'entraîner et d'améliorer les compétences arithmétiques de l'élève. Il se présente sous la forme d'un jeu de l'oie inspiré de la conquête de l'Ouest (How the West Was Won). Le trajet comprend soixante-dix cases, certaines d'entre elles correspondant à des villes. Le but du jeu est d'arriver à la dernière ville en suivant le minimum d'étapes selon les nombres tirés. A chaque tour, un joueur dispose de trois nombres tirés au hasard avec lesquels il doit construire une expression arithmétique utilisant les opérations d'addition, soustraction, multiplication et division.

Pour avancer sur la case, le système lui donne trois chiffres qu'il doit combiner avec deux opérations élémentaires différentes afin d'obtenir une valeur correspondant au nombre de cases qu'il pourra parcourir. Le joueur déplace alors son pion d'un nombre de pas égal à la valeur numérique de cette expression. La valeur la plus grande n'est pas forcément la plus avantageuse. En effet atteindre une ville fait passer directement à la ville suivante et atterrir sur une case occupée par un adversaire renvoie ces deux dernières villes en arrière. Si l'étudiant est faible dans plusieurs formulations algébriques, un ordre est imposé selon certains critères qui peuvent par exemple représenter des stratégies pédagogiques (accentuation sur un point, etc.) Dans le modèle de l'élève est enregistré le nombre de fois qu'une expression a été employée, si les parenthèses sont employées correctement, etc.

Bob is at 54 -- the COMPUTER is at 40.
West: It's MY turn ... Spinners are 2 4 2 My expression is : $2+(4/2)$ wich gives ME 4.
I took a SHORTCUT
I bumped YOU the COMPUTER is at 54 -- Bob is at 40.
West: It's YOUR turn ... Spinners are : 1 2 2 What arithmetic expression did you form ?
*Bob : $1+2*2$*
West: What number does that give you?
Bob: 5
West: You don't seem to be bumping very much. Bunps are hard to get but they are usually a good idea.

*One good example would be the expression : $(1*2)+2$, which would give you a SHORTCUT and a BUMP!!*
So you could have been at 54 while I would have ended up at 40. Bob is at 45 -- the COMPUTER is at 54.

...

Figure I.2.3 Exemple d'un dialogue dans le dispositif WEST (BurtonR , Brown J-S1982)

Le système intervient auprès de l'apprenant seulement si celui-ci a donné une mauvaise réponse ou une réponse non optimale. Il lui conseille à chaque intervention la réponse optimale (les interventions sont basées sur un ensemble de principes, critiques ou des suggestions pour améliorer sa performance). La planification se base sur **l'approche réactive**, elle est définie comme l'ensemble de réactions du système par rapport aux actions de l'apprenant. Il s'agit d'intervenir auprès des apprenants pour leur proposer une analyse à posteriori de leurs méthodes. Donc le système dispose des informations sur les actions possibles de l'apprenant pour intervenir et lui donner des explications.

1.2.2.4. CAMELIA

Le système expert CAMELIA (Vivet 1984) permet, en utilisant connaissances déclaratives et procédurales, de conduire des preuves et des calculs symboliques. Construit comme sur-couche du système de calcul symbolique REDUCE, il se présente comme une synthèse d'approches algorithmique et heuristique. Ce système profite des performances de résolution de REDUCE en utilisant les capacités de résolution d'un système à base de connaissances. L'objectif initial était de disposer d'un système de Mathématiques Assistées par Ordinateur.

Les connaissances algorithmiques sont prises en charge par des procédures REDUCE. Les connaissances heuristiques spécifiques du domaine sont séparées du moteur de résolution afin d'appliquer le modèle à des domaines variés (le calcul de primitives, le calcul de développements limités, le calcul mental, l'utilisation du traitement de texte, etc.). Les bases de connaissances sont structurées en trois niveaux : les règles de réécriture, les plans et les méta-règles. Les règles expriment les connaissances sûres du domaine. Elles sont écrites comme des règles de réécriture, par exemple que "La primitive de $\cos(x)$ SE REECRIT $\sin(x)$ ".

Les plans représentent les savoir-faire du domaine. Ils expriment à la fois des connaissances déclaratives sur le type de problème à résoudre (pattern de problème), la description du contexte d'application du plan et l'ordonnancement des actions à réaliser pour exécuter ce plan. Ces actions sont soit des algorithmes immédiatement exécutables (des procédures REDUCE à exécuter), soit font l'objet d'une résolution heuristique (un sous-problème à résoudre). Les métarègles permettent au moteur du système de retenir pour un problème donné des plans de résolution candidats, puis d'effectuer une sélection en éliminant des plans non pertinents dans le contexte et enfin de réaliser un classement des plans restants en attribuant des notes concernant l'intérêt d'un plan et son coût d'exécution.

Exemple de méta-règles :

MR1 :	Si un plan impose un opérateur rare, Et cet opérateur figure dans le problème Alors augmenter fortement l'intérêt de ce plan.
MR2 :	Si l'élève ne connaît pas un opérateur Alors éliminer tous les plans imposant cet opérateur.

1.2.2.5 AMALIA

Le projet AMALIA (Vivet 1987, Vivet 1988a, Vivet et al. 1988a, Vivet et al. 1988b) vise à construire un tuteur intelligent pour enseigner le calcul algébrique à des étudiants de DEUG. L'objectif d'AMALIA était de valider trois idées fondamentales :

1. *Le formalisme des plans et des métarègles peut servir à coder des scénarii pédagogiques (partie étapes du plan) adaptés à des situations (partie descripteurs du problème), les méta-règles permettant de choisir un scénario pédagogique.*
2. *L'utilisation de métarègles formelles prenant en compte le modèle de l'élève et le contexte de la session peut permettre un contrôle pédagogique de la résolution. C'est l'idée de résolution pédagogique.*
3. *L'utilisation de bases de connaissances disposant d'un langage de représentation suffisamment riche (plans, métarègles) peut permettre un travail au niveau des explications fournies à l'élève sur la résolution du système*

L'architecture proposée pour la conception d'AMALIA (figure I.2.4) repose sur la coopération de deux systèmes à base de connaissances utilisant le même formalisme de représentation des connaissances pour modéliser à la fois l'expertise du domaine et l'expertise pédagogique. Le système utilise le même moteur pour interpréter les plans du domaine et les plans pédagogiques. Nous remarquons dans la figure I.2.4 que le planificateur pédagogique impose au planificateur de résolution de problèmes du domaine des démarches de résolution adaptées à l'apprenant par activation de méta-règles pédagogiques.

Les auteurs annoncent que le projet AMALIA n'a pas conduit à l'implémentation d'un tuteur en calcul algébrique, mais il a permis de lancer trois défis : l'utilisation de plans pour coder des scénarii pédagogiques, l'utilisation de méta-règles pour arriver à des résolutions "pédagogiques" et la structuration de bases de connaissances pour fournir des explications à un élève.

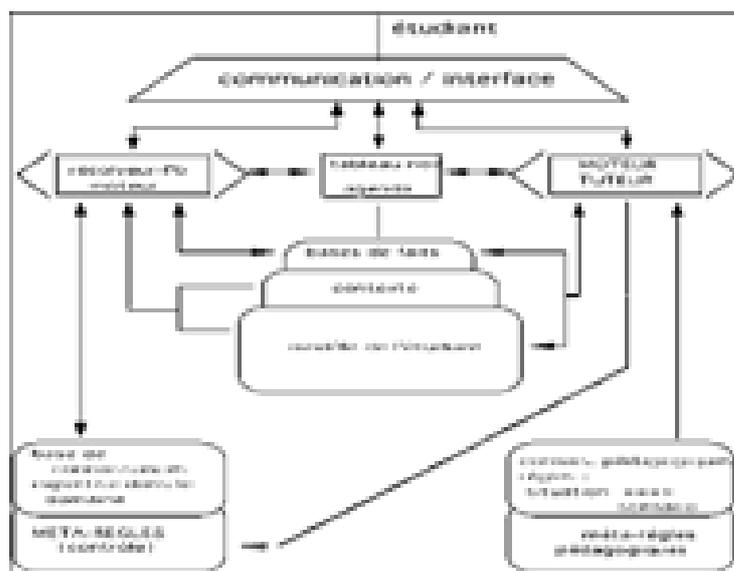


Figure I.2.4 Architecture d'AMALIA (Bruillard et al 2000)

1.2.2.6 L'exemple du QUIZ, fonctionnement et structuration de connaissances

QUIZ est un tuteur intelligent pour l'enseignement des enchères au bridge. Selon (Bruillard et al 2000) Labat et Futersack ont d'abord conjointement exploré l'idée d'une architecture générique des tuteurs intelligents telle qu'elle était présentée dans le projet AMALIA (Labat & Futersack 1990, Futersack & al 1992, Labat 1992, Futersack & al 1993). Celle-ci est basée sur la conjonction de deux systèmes experts, l'un travaillant sur l'expertise du domaine et l'autre sur l'expertise pédagogique. Ils ont également mis en œuvre l'idée de modéliser l'expertise pédagogique par des plans et des métarègles.

QUIZ propose pour la construction de tuteurs intelligents une architecture multi-agents relevant de l'Intelligence Artificielle distribuée de type modulaire. Il comprend quatre agents hétérogènes ayant chacun son propre espace de travail, son propre langage de représentation des connaissances et communiquant avec les autres par des envois de messages asynchrones. L'agent principal est le module pédagogique qui contient un planificateur pédagogique dynamique (KEPLER ELFE). Ce module gère la session et met à jour un modèle de l'élève. Le deuxième agent est le résolveur de problèmes : c'est un système expert d'enchères au Bridge réalisé en SNARK (Laurière 1986) qui comprend plus de 400 règles d'ordre 1. Le troisième est l'agent explicateur, également un système expert écrit en SNARK. Il est capable de répondre à des questions de type "Pourquoi telle enchère ?" et "Pourquoi pas telle enchère ?". Enfin le quatrième est un générateur de problèmes sous contraintes qui génère des mains de treize cartes.

```
(Plan-D1 ; le nom
(descripteurs objet presentation
Duree 0
Intérêt faible
... )
POUR <objectif> ESSAYER
(SUC
(%action1) ;
(Choix
      (action2) ; sous tâche
      (% action3) ; si action 2 a échoué
```

D'autre part, dans QUIZ, l'expertise d'enchères au bridge nécessite un formalisme de représentation des connaissances différent de celui adopté pour l'expertise pédagogique. La planification mise en œuvre dans QUIZ se fait par l'assemblage de sous-plans mémorisés dans une bibliothèque de plans et sélectionnés par un ensemble de métarègles.

Le plan est constitué d'un objectif, d'un descriptif permettant de préciser les conditions d'application du plan, d'un corps constitué d'un ensemble ordonné d'actions primitives et de sous objectifs. Les objectifs utilisés dans les plans sont supposés déjà ordonnés. Cet ordonnancement est inspiré par des structures de contrôle inspirées du langage LISP telles que : SUC (AND), CHOIX (COND), TQ (WHILE). Le déroulement de la session dans QUIZ se fait en quatre étapes :

1- La Phase d'initialisation : il s'agit d'exécuter deux actions : l'ouverture de la session de l'apprenant et l'interprétation de l'agenda (le choix d'une tâche dont la durée est compatible

avec le temps restant dans une session). Le curriculum est géré en utilisant l'agenda et l'expertise qui est donnée sous forme de règles de production :

Si le mode d'apprentissage préféré est l'apprentissage guidé
Et c'est la première session et l'élève n'est pas débutant
Et l'élève joue au bridge en partie libre
Alors
Liste-Thème ← (complément sur l'évaluation d'une tâche, rappel sur les ouvertures, présentation des principes généraux des enchères)

2- La phase d'élaboration du plan : il s'agit de chercher, à partir d'une bibliothèque de plans, un plan qui correspond à un objectif courant en se basant sur des métarègles.

3- La phase d'exécution : elle correspond à l'interprétation effective du plan généré dans la phase d'élaboration de plan.

4- La phase d'élaboration/exécution de plan : elle consiste à entre-relier l'élaboration et l'exécution du plan didactique.

Il est à noter que les trois premières phases se situent dans le niveau stratégique (les décisions) du système et la quatrième phase correspond au niveau tactique (le choix des tâches). Le module pédagogique de QUIZ impose au résolveur de problèmes du domaine un niveau d'expertise correspondant à une résolution pédagogique adaptée au niveau de l'apprenant. QUIZ s'appuie sur l'application des techniques de la planification du système STRIPS aux STI. Donc QUIZ adopte une approche mixte (génération de plans et utilisation d'un agenda).

Le principe de base de cette approche est de générer dynamiquement un plan, d'explicitier la représentation de plan sous forme de structure de données globale facile à modifier, de se donner les moyens de réviser les plans si des problèmes surviennent au cours de son exécution, et finalement d'adapter de façon dynamique le contrôle de l'exécution d'un plan. Ceci permet de prévoir les prochaines actions, ou bien d'inférer les étapes intermédiaires non observées.

1.2.2.7 L'exemple McPeachey, fonctionnement et structuration de connaissances:

Le système McPeachy (McCalla & Peachy 1985) est composé de cinq composantes :

Une base de connaissances de domaine : (un ensemble de concepts qui proviennent du domaine de la micro-économie)

Un modèle de l'élève : la modélisation de l'élève se base sur l'approche de 'misconceptions'. Une misconception correspond à la forme incorrecte d'un concept. Le formalisme utilisé pour représenter les états de connaissances d'un élève est la logique des prédicats (exemple prédicat SK (student knows)). SK(X) signifie que l'étudiant connaît le concept 'X'. L'objectif pédagogique est représenté de la même façon SK(X)&SK(Y) signifie que l'on souhaite faire acquérir à un élève les deux concepts X et Y.

Un ensemble d'opérateurs d'enseignement: les opérateurs d'enseignement sont représentés selon le formalisme STRIPS. L'opérateur d'enseignement est structuré en quatre parties (le nom de

l'opérateur, les préconditions d'exécution, les effets attendus et les actions représentant l'activité de l'élève). Le système dispose également des opérateurs appelés les opérateurs de remédiation ayant le rôle de remédiation des misconceptions par la présentation des formes correctes des concepts à l'élève.

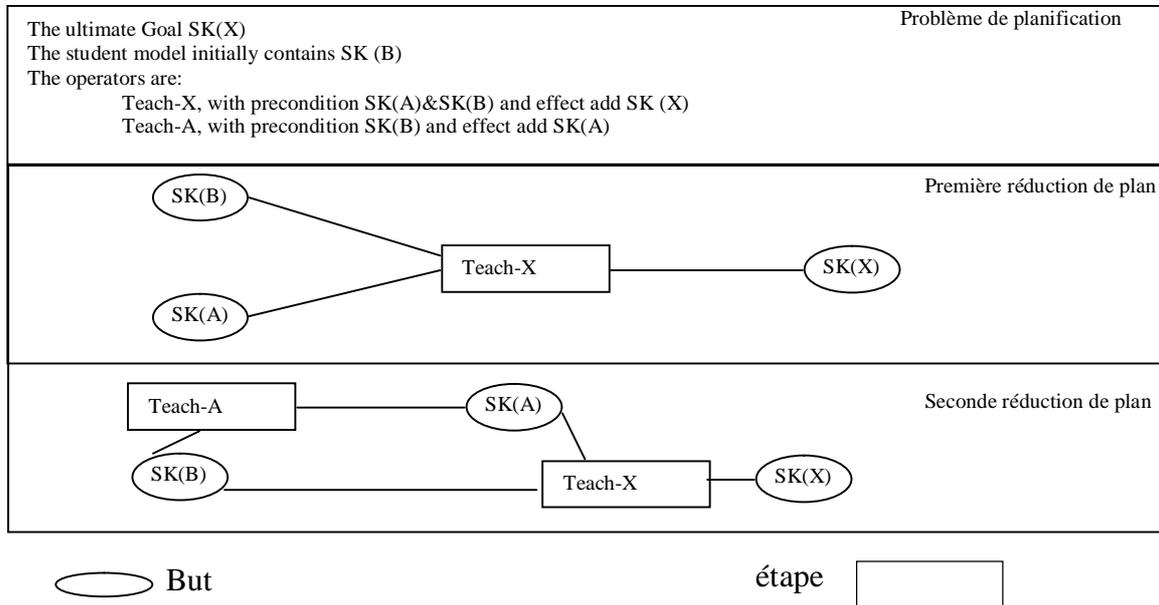


Figure I.2.5 Principe de fonctionnement de McPeachy(McCalla & Peachy 1985)

Un planificateur : il s'agit de calculer un plan correspondant à un élève particulier en se basant sur le modèle de l'élève. Le plan du système McPeachy est représenté sous forme d'une structure de graphe orienté. Les arcs représentent le séquençage des actions, les nœuds sont de deux différentes natures (étapes ou buts). Une étape correspond à une instance particulière d'un opérateur d'enseignement.

Un exécuteur: l'exécuteur utilise le plan généré pour guider la tâche d'enseignement, l'exécuteur peut demander au planificateur de réviser le plan s'il y a une contrainte causant une inadéquation par rapport à ce plan.

Le processus de génération de plan commence par un état initial représentant l'état cognitif de l'élève, un état final (ou Ultimate Goal) qui décrit l'état cognitif désiré et un ensemble d'opérateurs. Ce processus consiste en deux composantes : le planificateur dit naïf et l'éditeur de plans. Le planificateur naïf produit un plan sans prendre en considération les interactions entre les sous buts.

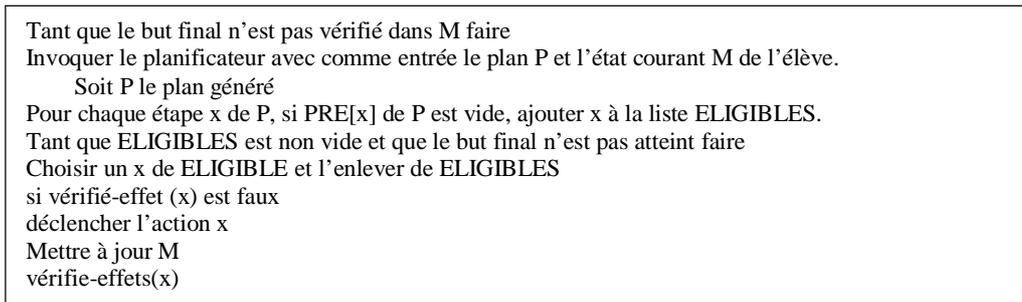


Figure I.2.6 Algorithme du processus d'exécution dans le système McPeachy

Le rôle de l'éditeur de plan est d'examiner les interactions en introduisant des contraintes d'ordre dans le plan. Le planificateur naïf commence par trouver les buts frontières, qui ne sont pas vérifiés dans le modèle de l'élève. Il utilise ensuite la description des opérateurs disponibles comme règles de réduction du problème pour arriver à des buts vérifiés dans le modèle de l'apprenant. Le plan est développé de la droite vers la gauche. Le planificateur naïf s'arrête quand tous les buts frontières sont dans le modèle de l'élève.

Cet algorithme utilise deux structures de données locales : la liste ELIGIBLES et la liste PRE[X]. La liste ELIGIBLE est la liste des étapes du plan qui sont candidates à l'exécution, puisque leurs préconditions sont vérifiées dans le modèle de l'élève. PRES[x] est la liste des préconditions non satisfaites de l'opérateur x. La fonction vérifié-effets renvoie 'vraie' si toutes les postconditions de l'opérateur x dans le modèle de l'élève sont vérifiées.

Synthèse

Nous avons présenté quelques exemples de tuteurs intelligents les plus connus dans le domaine. Il est à noter que chaque tuteur incorpore des stratégies d'enseignement selon le domaine d'apprentissage. Les objectifs fixés pour chaque tuteur jouent un rôle important pour son architecture et aussi pour les techniques utilisées pour la gestion pédagogique. Un tuteur intelligent pour la gestion d'interaction apprenant-système doit prendre en considération les interactions possibles à la différence d'un tuteur incorporant l'explication comme élément essentiel qui doit guider l'apprenant. Pour cela les approches adoptées pour les tuteurs ne sont pas les mêmes et diffèrent selon le type de planification mentionné dans l'introduction. Le tableau ci-dessous synthétise les différents types de planification et les méthodes exploitées pour chaque type. Il donne également les avantages et les inconvénients de chaque approche.

Nous avons adopté l'approche algorithmique pour le calcul du plan dans le cadre de nos recherches. Nous pouvons facilement remarquer la rigidité des approches basées sur une bibliothèque de plans ou sur un plan fixe. La construction dynamique des plans nécessite de définir une bibliothèque des activités à utiliser dans le système. Notons que dans le cadre du projet AMICAL, cette bibliothèque correspond à l'ensemble des activités types (non individualisées). Donc une première étape concerne tout d'abord la construction d'un plan des activités types pour ensuite les individualiser selon le modèle de l'apprenant. Ainsi nous nous proposons de rendre compte à deux niveaux différents, celui du calcul de la séquence didactique et le niveau d'individualisation de chaque activité didactique. Il nous paraît fondamental de prendre en considération les techniques présentées ci-dessus pour assurer une meilleure gestion pédagogique.

Le calcul du plan dans notre cas d'étude se fait d'une façon dynamique. Nous avons montré l'importance de la gestion dynamique des plans et d'explicitation de leurs représentations sous forme de structure de données globale facile à modifier.

Tableau I.2.1 Synthèse sur les techniques de planification didactique

Planification de dialogues Apprenant système	L'approche basée sur une bibliothèque de plans Quadritutor Quiz	Dans ce type de planification, on intègre l'apprenant comme une composante du système. C'est à dire sélectionner pour un apprenant donné un plan préexistant dans le système. Il s'agit d'une mise en relation de l'apprenant, de la tâche et du domaine. Si aucun plan ne correspond au profil de l'élève, la solution est de construire un nouveau plan qui sera rajouté à la bibliothèque après la génération et le teste pour qu'il soit considéré par la suite comme un nouvel opérateur.	Avantages : - Intègre l'apprenant comme composante du système - Rapidité, Inconvénients: échec dans le cas des situations non prévues
	L'approche basée sur un plan fixé EXCHREK	Comme l'indique son nom, il s'agit d'une planification basée sur une succession de leçons prédéfinies par un expert humain, selon les différents comportements envisageables de l'apprenant. Les plans sont enregistrés sous forme de graphes reliant les activités entre elles, les arcs du graphe correspondent aux différents comportements possibles de l'apprenant.	Avantages: les interactions de l'apprenant sont prises en compte pour le parcours des graphes des activités Inconvénients : cette technique demande beaucoup de temps pour le mise en œuvre du système (multiplicité de branchements dans le graphe conçu)
Planification de l'explication	L'approche réactive ou opportuniste : WEST	Ce type planification est défini comme l'ensemble de réactions du système par rapport aux actions de l'apprenant. Il s'agit d'intervenir auprès des apprenants pour leurs proposer une analyse à posteriori de leurs méthodes. Donc le système dispose des informations sur les actions de l'apprenant pour intervenir et leur donner des explications.	Avantages : - l'ordinateur peut générer un discours bien adapté en langage naturel - Motivation de l'apprenant d'apprendre en jouant Inconvénients : Il n'est jamais certain que les faiblesses diagnostiquées d'un élève puissent être calculées en se basant uniquement sur ses actions.
	L'approche algorithmique : CAMELIA	Il s'agit de se baser sur un profil d'apprenants au lieu que sur leurs actions possibles. L'explication consiste à montrer à l'étudiant la suite des règles qui auraient dû être appliquées	Avantages: l'exploitation d'une base de connaissances expertes Inconvénients : rigidité de la stratégie utilisée
	La planification fondée sur un agenda (QUIZ)	La planification fondée sur un agenda est une technique provenant de l'intelligence artificielle. On place en tête les tâches à exécuter, celles que l'on suppose être les plus pertinentes. L'agenda ne représente pas un plan parce que l'exécution successive des tâches ne se fait pas pour atteindre un objectif précis. Il s'agit de trouver la meilleure tâche à exécuter en premier.	Avantages: Cette technique est facile à implémenter, elle permet à plusieurs modules indépendants de communiquer en ajoutant leurs preuves à l'appui du choix d'une tâche particulière. Inconvénients : le calcul du plan ne correspond pas à un objectif d'enseignement bien précis
	Génération de plan McPeachy QUIZ	Cette approche s'appuie généralement sur l'application des techniques de la planification du système STRIPS aux STI en conduisant ensemble l'élaboration et l'exécution de plan. Le principe de base de cette approche est de générer dynamiquement un plan, et finalement d'adapter de façon dynamique le contrôle de l'exécution d'un plan. Ceci permet de prévoir les prochaines actions, ou bien d'inférer les étapes intermédiaires non observées.	Avantage: en explicitant la représentation de plan sous forme de structure de données globale facile à modifier, cela donne au planificateur plus de flexibilité Inconvénients: la difficulté de modélisation des actions apprenant et des actions système et aussi les règles permettant de générer le plan.

Le plan d'enseignement dans notre système est représenté comme une séquence de SD (Situation didactique) correspondant à un objectif d'enseignement calculé dans une phase antérieure. Notre approche ne se base pas sur la sélection des plans préexistants mais plutôt le calcul se fait à partir d'une bibliothèque d'activités type non individualisées. Ce qui permet de répondre aux besoins de la gestion pédagogique du système amical. Nous évoquerons dans le chapitre 5 ce type de problème en proposant une technique de planification à base de recherche heuristique dans les graphes de planification.

1.2.3. Gestion des systèmes tuteurs intelligents à base d'agent pédagogique

Après avoir exposé les principes et les fondements des systèmes tuteurs intelligents classiques, il convient de présenter l'apport de la technologie agent dans les systèmes d'apprentissage actuels qui mettent la personnalisation/individualisation de l'apprentissage au cœur de leur activité de recherche. On a vu dans la première section que le contenu du profil d'un utilisateur varie selon les approches et les applications. Les agents pédagogiques appliqués à l'enseignement se basent généralement sur les principes de l'IHM pour modéliser la communication verbale, non verbale et émotive via des personnages virtuels. Les recherches en EIAH doivent étudier le comportement de l'apprenant et de l'enseignant en matière de communication verbale et non verbale. Les agents pédagogiques visent donc à incorporer dans les Tuteurs Intelligents des actes communicatifs et des actes d'enseignement qui ne sont pas exploités dans les systèmes tuteurs présentés ci-dessus.

On utilise le terme agent dans le sens donné dans (Chaib-draa 1996): un agent est une entité (humaine ou informatique) autonome, communicante et dépendante de son environnement et des autres agents dans le cas d'un système multi-agents (SMA). Différents modèles d'agents sont utilisés dans le cadre de l'enseignement assisté par ordinateur. Les agents pédagogiques sont généralement cognitifs et/ou conversationnels, tandis que les autres agents éducationnels peuvent également utiliser le modèle réactif.

Les agents cognitifs : ils se basent sur les techniques de l'intelligence artificielle ; l'agent cognitif est doté de facultés d'analyse et de pouvoir décisionnel. L'un des exemples est le modèle BDI (Beliefs-Desire-Intentions) qui élabore des plans (intentions) selon sa représentation du monde (croyances ou beliefs) pour réaliser ses désirs (objectifs), on reviendra sur ce type d'agents dans le chapitre 5.

Les agents conversationnels : l'agent conversationnel est une extension de l'agent cognitif centrée sur l'utilisation du langage naturel (reconnaissance et synthèse d'actes de langage).

Les agents réactifs: l'agent réactif fonctionne sur le schéma comportemental behavioriste (stimuli/réponses et conditionnement opérant) : l'agent perçoit le monde et agit instinctivement selon les règles comportementales qu'il possède. Il est très adaptable à un environnement dynamique.

On présente dans cette partie les travaux qui portent sur les agents informatiques exploités pour munir les systèmes de spécificités technologiques, il s'agit d'exploiter ces éléments technologiques pour se rapprocher de l'imitation d'un enseignant dans les situations d'apprentissage ciblées. On présente

également une implémentation représentative d'agents pédagogiques afin d'analyser leurs caractéristiques. Notons que les capacités, les représentations et les implémentations de ces systèmes varient beaucoup selon les objectifs préalables du système et le domaine d'application. Un agent pédagogique ou agent éducationnel devrait posséder une large gamme de connaissances et de compétences pédagogiques, il serait capable d'aider la formation dans tous les domaines et pourrait s'adapter à tous les apprenants pour individualiser l'apprentissage.

1.2.3.1 Classification des agents éducationnels

A.L. Baylor, (Baylor 1990) propose une classification des agents éducationnels en deux groupes : *les outils* et *les tuteurs intelligents*. La première catégorie regroupe les systèmes multi-agents conçus pour la gestion pédagogique des EIAH. La deuxième catégorie concerne les agents qui interagissent directement avec l'apprenant et/ou le formateur dans le but d'assurer une communication personnalisée en utilisant une interface directe (un agent multimédia animé). Une deuxième classification de (Chou & al. 2003) regroupe deux types d'agents éducationnels : les agents pédagogiques et les assistants personnels. Ces derniers ne peuvent pas être considérés comme des agents pédagogiques ; ils sont généralement les outils logiciels qui peuvent être utilisés dans différents domaines (différents de l'apprentissage). Les agents pédagogiques sont eux-mêmes séparés en deux catégories : les professeurs et les compagnons d'apprentissage (Learning Companions - LC).

Tab. I.2.2 – Classification de (Chou & al. 2003), cité par (Baudouin 2005)

agent éducationnel		
agent pédagogique		assistant personnel
professeur autoritaire	compagnon (LC)	
précepteur entraîneur guide ...	élève compétiteur collaborateur généraliste classe ...	assistant pour l'apprenant assistant pour le formateur

1. 2.3.2 Exemple de l'agent pédagogique ABITS

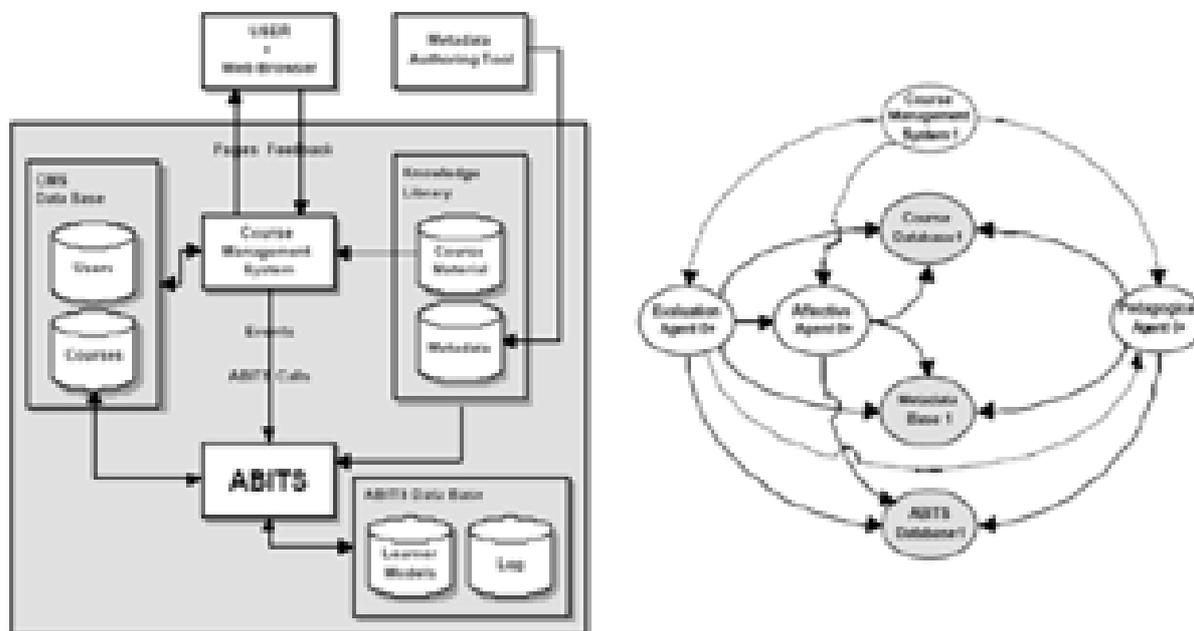
ABITS (Capuano N & al. 2000) (Agent Based Intelligent Tutoring System) a été réalisé dans le cadre du projet InTraSys (Intelligent Training System in Technical Assistance). C'est un ITS basé sur une approche multi-agents, créé pour l'apprentissage à distance qui permet d'étendre un système de gestion de cours classique (Course Management System ou CMS).

ABITS respecte les normes IEEE LTSC sur les Learning Object Metadata (LOM) définissant les propriétés minimales nécessaires à la gestion, l'organisation et l'évaluation des ressources pédagogiques et des méta-data associées (voir section IV pour les normes).

ABITS est constitué de trois ensembles d'agents fonctionnels (cf. figure I.2.7 – droite) :

1. Les agents d'évaluation, responsables de l'évaluation de l'état cognitif de l'apprenant,

2. Les agents affectifs, qui évaluent le profil de l'apprenant,
3. Les agents pédagogiques, qui génèrent le programme d'étude.



Légende :

- Course Material Database : contient les ressources sous forme de fichiers délivrables sur le Web (HTML, VRML, etc.).
- Metadata Base : contient tous les schémas de meta-data (XML/RDF).
- Log Database : contient la liste de toutes les activités de l'apprenant (pages visitées, temps, résultats des tests, etc.).
- Learner Models Database : contient l'état cognitif et le profil de l'apprenant.
- User Database : contient toutes les informations à propos des utilisateurs.
- Courses Database : contient les objectifs d'apprentissages, les cours et les programmes d'étude

Figure I.2.7 Architecture ABITS (Capuano & al. 2000)

ABITS possède de nombreux agents fonctionnels qui permettent son fonctionnement interne. ABITS peut adapter le matériel didactique en fonction des préférences et des capacités de l'apprenant. Pour mettre à jour le modèle de l'apprenant, l'état cognitif regroupe l'ensemble des degrés de connaissances atteints par l'apprenant. Un nombre flou (fuzzy number) est utilisé pour représenter le niveau dans chaque concept, ce qui permet plus de souplesse. ABITS applique par exemple une fonction d'oubli (forgetting function) sur l'état cognitif pour prendre en compte l'oubli au fur et à mesure du temps. Le profil de l'apprenant est composé d'un ensemble de préférences (learning preferences) en fonction du format de ce matériel (texte, image...), de l'approche utilisée par l'apprenant (inductive, déductive, explorative) et aussi du degré d'interactivité, de la densité sémantique et du degré de difficulté qui peuvent avoir les statuts (très bas, bas, haut...). Nous avons utilisé ces statuts pour la représentation de degrés de maîtrise des connaissances dans le modèle de l'apprenant (voir chapitre 5).

A la différence de la gestion de contenu présentée dans les systèmes tuteurs classiques, le système ABITS prend en considération les préférences de l'apprenant et gère son état affectif. Il est à noter que les préférences des apprenants dans le cadre de notre étude peuvent correspondre aux différentes formes utilisées (par exemple : formes de compagnons), comme elles peuvent correspondre aux contenus (utiliser des textes narratifs pour susciter la motivation de l'apprenant). Nous reviendrons sur ce point dans le chapitre 5.

1.2.3.3 Exemple de 'Cognitive Help Tutor Agent'

Alven et ses collègues (Alven et al 2006) développent un modèle pour l'adaptation des aides selon les comportements cognitifs des apprenants. Ce modèle est utilisé pour la conception d'un agent de contextualisation des aides ajouté au tuteur 'Geometry Tutor', ce dernier est conçu pour enseigner la géométrie élémentaire par Anderson et ses collègues (Anderson et al 1985). Anderson, qui est à la base psychologue, voulait valider la théorie ACT (Active Control of Thought) qui traite de l'acquisition d'habiletés (Skills) à l'aide d'un ensemble de mécanismes (voir section III de ce chapitre : Théories prescriptives pour plus de détails). La résolution d'un problème par l'apprenant est modélisée par un ensemble de règles de production. L'application de la théorie ACT dans le domaine de la géométrie permet d'explicitement l'acquisition d'habiletés à la démonstration. L'idée de base est de montrer le processus de compilation de connaissances (le passage d'une représentation déclarative à une représentation procédurale).

Le travail de conception réalisé dans le cadre du projet '**Cognitive Help Tutor Agent**' s'est centré sur la modélisation des aides et une analyse quantitative des résultats. Ce travail valide l'hypothèse se basant sur le fait que pour améliorer l'apprentissage il faut améliorer les habiletés méta-cognitives pour permettre à l'apprenant de mieux apprendre. Ceci est soutenu par de nombreux travaux, cités par les auteurs, entre autres (Brown & Campione 1996, Palincsar & Brown 1984, White & Frederiksen 1998). Donc supporter les connaissances méta-cognitives par le tuteur doit permettre à mieux gérer les apprentissages.

Le modèle des aides proposé (voir figure I.2.8) se fonde sur les travaux (Nelson-Legall 1981, Newman 1994). Il s'agit de suivre les étapes suivantes:

1. Prendre conscience d'un besoin d'aide
2. Décider de demander de l'aide
3. Identifier les possibilités d'aide (s)
4. Utiliser des stratégies visant à obtenir l'aide
5. Evaluer l'étape de recherche d'aide

Ce modèle présente donc une contribution à la littérature sur les modèles d'aide car il est beaucoup plus sophistiqué, sur le plan théorique, que les modèles existants. À la différence des modèles proposés qui restent descriptifs (Nelson-Legall 1981, Newman 1994), les auteurs annoncent que ce modèle est à la fois descriptif et prescriptif. Le système est capable d'évaluer les capacités méta-cognitives selon les comportements des apprenants. Il est prescriptif car il prescrit des aides utilisées correctement par les apprenants, et qui sont jugées utiles pour leurs apprentissages. Le système est

descriptif dans la mesure où il peut les guider et leur proposer les aides convenant à la situation ciblée en utilisant les règles appelées 'bug rules'. Ces règles concernent l'utilisation des comportements observés pour l'évaluation de l'étape de recherche d'aide par les apprenants, et donc proposer l'aide qui convient à la situation visée. Notons aussi que ce modèle met en évidence la relation entre l'utilisation des aides et l'apprentissage. En outre, comme l'annoncent les auteurs, il est le premier modèle d'aide implémenté dans un environnement d'apprentissage interactif.

Nous nous sommes basés dans le cadre de nos recherches sur l'exemple d'aide modélisée comme un instrument. Cette modélisation prend en compte la théorie instrumentale et se base toujours sur le fait que la prise en compte des habilités méta-cognitives dans le système permet de mieux gérer les apprentissages. Nous avons essayé d'explicitier ces capacités et les représenter comme des compétences méta-cognitives dans le système. Notre travail s'est centré sur une analyse qualitative des aides dans le cadre de l'apprentissage de la lecture (voir chapitre 2 Partie 2).

L'analyse qualitative des aides permet l'optimisation du modèle proposé en distinguant la nature de chaque composante d'aide. Il s'agit de faire la distinction entre des aides fonctionnelles d'interaction et celles en relation avec la résolution du problème. Il faut donc comprendre la nature de chaque composante modélisée afin de partager les tâches entre les acteurs de conception. S'agit-il d'ajouter d'autres consignes pouvant intervenir pour expliquer mieux le problème ? (le travail de didacticien) ou plutôt une interface difficile à maîtriser (le travail de l'ergonome). La composante d'aide, selon nous, est un instrument pédagogique qui doit être préparé par l'équipe selon la méthode de conception que l'on propose (voir chapitre 2).

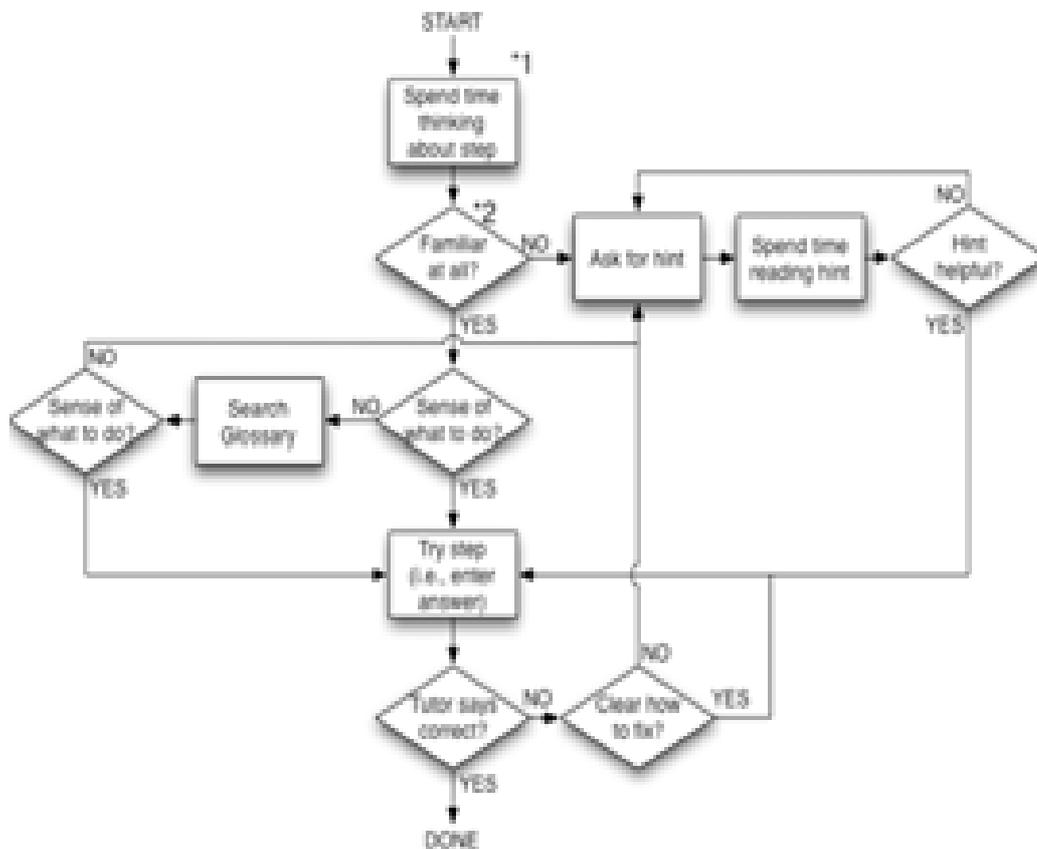


Figure II.2.8 Modèle de contextualisation des aides (Alven et al 2006)

1.2.4 Synthèse

Nous avons présenté dans cette section deux types de tuteurs intelligents :

- Les tuteurs intelligents classiques qui mettent le processus de planification didactique au cœur de leur travail de recherche
- Les tuteurs intelligents utilisant la nouvelle technologie agent pour répondre aux besoins d'individualisation de l'apprentissage en se basant sur ce qu'on appelle les agents pédagogiques.

Les techniques présentées pour le calcul des sessions didactiques requièrent une organisation de la didactique dans le système pour assurer une meilleure gestion pédagogique. Nous nous sommes basés sur ces techniques pour assurer une organisation de la didactique convenable à notre cas d'études. Nous présenterons dans le chapitre 5 l'organisation de la didactique dans le système AMICAL et un exemple d'une session didactique calculée selon les principes de l'approche algorithmique. Il s'agit aussi de définir les états initiaux de l'apprenant (de savoir et cognitif) pour déterminer les états désirés et proposer à l'apprenant des activités individualisées qui permettent de faire évoluer sa cognition et faire progresser ses connaissances.

Nous nous sommes basés sur la technologie agent pour l'individualisation de chaque activité didactique constituant le plan d'enseignement. Après avoir calculé le plan didactique selon les principes de l'approche algorithmique, les agents d'individualisation se chargent d'individualiser les activités constituant ce plan. Nous avons repris les principes de représentation des connaissances de l'apprenant, présentés dans ABITS, avec les degrés de maîtrise qui varient entre très-bas et très haut. Ceci donne plus de possibilités de différenciation entre les apprenants, le statut d'une connaissance ne sera plus connu ou non_connu, mais plutôt il varierait selon le travail effectué par l'apprenant de très bas jusqu'à très haut.

Nous avons présenté un modèle d'agent se chargeant de la contextualisation des aides. Ce travail qui se base sur une analyse quantitative des aides nous a permis de faire le choix du constituant que l'on présente comme un exemple de modélisation d'instrument pédagogique. Notre travail se base sur l'enrichissement de cette composante pour pouvoir l'utiliser de différentes façons selon les profils des apprenants.

Les systèmes tuteurs intelligents doivent se baser sur des théories pédagogiques et sur des recherches pluridisciplinaires pour concrétiser les différentes propositions en utilisant des stratégies pédagogiques efficaces. Tout cela renvoie à un champ de recherche étroitement lié à l'architecture des tuteurs intelligents, c'est la conception des environnements d'apprentissage. On traite dans la section suivante le rôle de la théorie de l'activité et l'approche instrumentale dans l'évolution des environnements d'apprentissage.

État de l'art:

Section III: Apport de la théorie de l'activité et l'approche instrumentale dans l'évolution des environnements d'apprentissage

1.3.1. Introduction

Le domaine de la conception des Environnements Informatiques d'Apprentissage Humain est de nature pluridisciplinaire, différents acteurs de conception collaborant chacun selon son approche et sa discipline pour modéliser le système. L'utilisation d'une théorie pédagogique ou plusieurs théories pédagogiques joue un rôle important pour l'amélioration de la phase de conception de l'enseignement dans le système. Il s'agit d'une part de la manière dont on peut organiser la didactique pour que le système soit le plus efficace possible, d'autre part de rendre compte du processus d'apprentissage et dépasser la naïveté des behavioristes. Le choix de cette théorie doit tenir compte de l'apprentissage avec les Nouvelles Technologies d'Information et de Communication, c'est-à-dire, choisir une théorie pédagogique qui prend en considération la relation entre les objets techniques et le sujet.

La question principale qui semble devoir être posée dans un environnement d'apprentissage informatisé concerne la nature des objets techniques porteurs de connaissances. Comment peuvent-ils apporter la connaissance au sujet ? Et quel modèle théorique serait-il susceptible d'expliquer l'activité constructive et épistémique du sujet? La théorie de l'activité donne des éléments de réponse montrant comment assurer la médiation entre le sujet et les objets de l'activité en utilisant l'instrument. L'idée derrière cette conceptualisation réside dans le fait que les connaissances du sujet sont abstraites à partir de ses actions. Le sujet construit ses connaissances en interagissant avec les objets de l'activité.

Selon Linard (Linard 2002) la théorie de l'activité est un cadre organisateur des dispositifs de formation « ... elles impliquent un changement de regard radical sur l'action et la connaissance et un vrai tournant épistémologique par rapport au rationalisme objectiviste dominant jusqu'ici » L'auteur affirme qu'elle peut apporter des solutions définitives pour la conception des dispositifs de formation médiatisée. Cette théorie est exploitée dans le champ de la conception des systèmes techniques avec l'approche instrumentale.

Nous commençons cette section par l'illustration des théories d'enseignement utilisées par les acteurs du domaine de l'apprentissage. Nous évoquons également les limites et l'ignorance de l'aspect TICE par ces systèmes. Nous évoquerons ensuite le rôle de la théorie de l'activité dans l'évolution de ces systèmes d'enseignement. Nous finissons par détailler l'approche instrumentale et montrer son apport dans l'évolution des environnements d'apprentissage humain.

1.3.2 Instructional Design et théorie de l'apprentissage

L'*Instructional Design* est un champ de recherche anglo-saxon s'intéressant à la conception de l'enseignement ; il s'agit d'une part de définir la manière dont on peut organiser la didactique pour que

le système soit le plus efficace possible, d'autre part de rendre compte des principales évolutions des trois paradigmes (béhavioriste, cognitiviste et constructiviste). Le but de ce courant est de mettre en avant les principales idées sur l'enseignement qui leur sont sous-jacentes. Il existe un nombre important d'articles français comprenant la traduction des principes de l'Instructional Design (Lebrun & Berthelot 1991) ; conception de séquences d'enseignement (Dessus 1995) ; conception de systèmes de formation (Brien 1994) ; design pédagogique (Raynal & Rieunier 1991) et récemment Philippe Dessus a écrit un article (Dessus 2006) dans lequel il a évoqué la classification de différents modèles accompagnés par des synthèses critiques pertinentes.

Merril, dans l'introduction de son article accessible librement sur son site web 'Instructional transaction theory: An Instructional Design Model Based on Knowledge Objects' (Merril 1996) distingue entre développement de systèmes d'instruction (*instructional systems*) et théorie de *l'instructional design*. Il s'agit de formuler simplement les deux questions principales auxquelles les modèles d'ID tentent de répondre (Murray 1999 ; van Merriënboer & Kirschner 2001), qui sont : « comment enseigner ? », du point de vue de l'enseignant et, ensuite, « quoi enseigner ? ». Cela mène à prendre un certain nombre de décisions sur ces points, mettant en œuvre, schématiquement, trois niveaux de fonctionnement (*le niveau du concepteur* du modèle, *le niveau de l'enseignant* et *le niveau des apprenants*). Le premier niveau, comprend plusieurs phases (analyse, conception, développement, implémentation, évaluation), il met l'accent fondamentalement sur ce qu'il faut faire. Pour cela, il annonce que l'utilisation d'une théorie adaptée devient une véritable nécessité pour la conception d'un 'Instructional design model'. Une telle théorie doit posséder trois composants:

- une théorie sur la description du savoir ;
- une théorie sur la description des stratégies d'enseignement ;
- une théorie *prescriptive*.

1.3.2.1 Théorie descriptive du savoir

La théorie descriptive du savoir est fondée sur une classification en fonction d'un niveau de performance et d'un type de contenu. L'auteur se base sur une taxonomie d'entités « emboîtées » qui était envisagée dans le cas de Gagné (et avant lui de Bloom). Il dégage deux dimensions d'apprentissage : le contenu à transmettre et les performances. La dimension contenu comporte les niveaux suivants : faits, concepts, procédures, principes. Pour le niveau de performance, il distingue : se mémoriser un exemple (*instance*), se souvenir d'un fait général (*generality*), utiliser un fait général avec un nouveau exemple, trouver une règle générale.

1.3.2.2 La théorie descriptive de la stratégie d'enseignement

Cette théorie vise à associer à un couple (performance, contenu) une stratégie « optimale » composée de composants appropriés. Cette théorie comprend trois grands éléments :

- des formes primaires de présentation (règles, exemples, rappels, exercices...),
- des formes secondaires de présentation (prérequis, objectifs, assistances, informations contextuelles, représentations alternatives, règles mnémoniques, feedback...)

- des stratégies qu'il appelle *interdisplay relationships*, mettant en relation différentes formes de présentation : exemples et contre exemples, exigeant que toutes les réponses soient correctes...

D'après Merrill, cette théorie ne permet pas d'aboutir à des prescriptions pouvant être fidèlement implémentées dans la machine. Pour cela, il a développé une seconde théorie dite *Component design theory* puis, à partir des années 90, dans le cadre d'un *instructional design* de deuxième génération (ID2), il développe une théorie dite de la transaction éducative (*instructional transaction theory*). Celle-ci fait explicitement référence à des « objets de savoir ou objets de connaissance » (knowledge objects).

La composante de description du savoir comprend des objets (*knowledge objects*) et des relations (*knowledge relationships*). Les objets sont divisés en entités, activités, processus. Les relations entre eux sont de type « composant, propriété, abstraction, association entre composants de savoir... » La composante des stratégies est pour sa part divisée en « algorithmes d'instruction » appelés *transaction shells* (modules de transaction) et paramètres conditionnels. Un module de transaction contient des règles pour sélectionner et séquencer la présentation d'objets de connaissances. Les transactions sont de type: identification, exécution, explication, jugement, classification, généralisation, transfert.

1.3.2.3 La théorie prescriptive

Cette théorie contient des règles permettant d'agencer les objets de savoir, et les transactions les plus efficaces dans un contexte donné.

Les connaissances déclaratives sont, a priori, les concepts que l'apprenant connaît c'est à dire un savoir sur les concepts qui peuvent avoir une représentation déclarative. La théorie ACT*, développée par Anderson (Anderson 1983) et ses collègues de l'Université de Carnegie Mellon, concernant l'architecture de la cognition, montre la manière dont on apprend et organise les connaissances pour produire des comportements intelligents. Cette théorie se base sur l'idée que l'apprentissage commence par des informations déclaratives et que les connaissances procédurales s'acquièrent en faisant des inférences à partir de ces connaissances pré-existantes factuelles. Cette théorie distingue trois types d'apprentissage fondamentaux : la généralisation, qui permet aux productions de s'appliquer à des domaines plus larges, la discrimination, qui, à l'inverse, se restreint sur le champ d'application de ces productions, et la consolidation, qui se traduit par une attention plus fréquente de certaines productions.

Bruillard (Bruillard 1997) résume l'objectif des travaux de Anderson qui résident dans le fait de développer des tuteurs conduisant à des applications effectives se basant sur:

- Une représentation fine de l'état initial de l'apprenant.
- une définition précise d'un état cognitif désiré
- une théorie de l'apprentissage décrivant de quelle façon l'expérience transforme l'état cognitif de l'apprenant.

La référence est clairement basée sur la tradition de Gagné, qui a effectivement défini les neuf types d'événements d'apprentissage.

1.3.2.4 Les neuf types d'événements d'apprentissage de Gagné

La théorie des conditions d'apprentissage de Gagné (Gagné, 1976), était largement basée sur une approche behavioriste. Elle a évolué par la suite en incluant les théories cognitivistes, comme par exemple le modèle du traitement de l'information. En effet, selon Gagné, ce modèle se fonde sur le fait qu'un certain nombre de processus internes sont influencés par une multitude d'évènements externes. Le fait de pouvoir organiser ces différents évènements externes pour activer et soutenir les processus internes d'apprentissage constitue ce qu'on appelle l'"instruction" (Gagné, 1976). Gagné part du modèle du traitement de l'information pour expliquer qu'il existe plusieurs types et niveaux d'apprentissage et que chacun de ces types d'apprentissage nécessite différents types d'instructions. Parmi les différents types d'apprentissage, il en distingue cinq catégories principales : l'information verbale, les capacités intellectuelles, les stratégies cognitives, les capacités motrices et les attitudes. Gagné suggère qu'il existe une hiérarchie au sein des tâches pour acquérir une compétence intellectuelle à travers les neuf évènements d'apprentissage suivants :

1. gagner l'attention ;
2. informer les apprenants des objectifs ;
3. stimuler le rappel d'une connaissance acquise précédemment ;
4. présenter le matériel-stimulus ;
5. guider l'apprenant ;
6. inciter à la performance ;
7. produire un feedback sur les performances ;
8. évaluer les performances ;
9. favoriser la rétention et le transfert.

On peut facilement remarquer les limites de ces théories d'enseignement qui vise uniquement la conception de la didactique d'une manière correspondant à la théorie adoptée. Cette théorisation ne prend pas en considération le contexte d'apprentissage avec les Nouvelles Technologies d'Information et de Communication. On rappelle ici qu'un EIAH nécessite l'utilisation d'une théorie prenant en considération l'apprentissage et son contexte, c'est-à-dire apprendre dans un environnement informatique. Nous donnons dans ce qui suit les éléments essentiels de la théorie de l'activité pour présenter ensuite des exemples de son application dans le courant Instructional Design.

1.3.3 Théorie de l'activité et Instructional Design

1.3.3.1 Théorie de l'activité

Dans la partie historique de la théorie de l'activité présentée dans la thèse de Bourguin (Bourguin 2000). L'auteur annonce que le père de l'AT est Alexei Leont'ev, qui poursuit les travaux de Vygotsky (Vygotsky 1978). Progressivement, l'AT s'est révélée être un corps de concepts dont le but est la compréhension de l'activité humaine en fournissant une méthode efficace et utile pour les autres approches provenant des sciences humaines. La solution offerte par la Théorie de l'Activité est la définition d'un concept intermédiaire, un contexte minimal pour l'étude des actions individuelles, qui sera considéré comme unité basique d'analyse : le concept d'activité.

Engeström (Engeström1999) a défini un modèle structurel simple du concept d'activité exprimant la médiation existant entre le *sujet* et l'*objet* de l'activité. Cette médiation est représentée par le concept d'*outil* représentant tout ce qui est utilisé dans le processus de transformation, incluant aussi bien les outils matériels que les outils pour penser. Il considère que l'activité humaine s'exprime par l'interrelation dynamique et réciproque de différentes entités (sujet, objet, communauté ; règles, outils, division du travail) (voir le modèle de l'activité connu sous le nom de « triangle d'Engeström », figure I.3.2). Cette modélisation de la structure d'une activité explicite les relations mutuelles entre les trois concepts de base que sont le sujet, l'objet et la communauté. La relation entre le sujet et l'objet (resp. le sujet et la communauté, la communauté et l'objet) est médiatisée par des outils (resp. par des règles explicites ou implicites, par la division du travail, etc) (Betbeder & Tchounikine 2004).

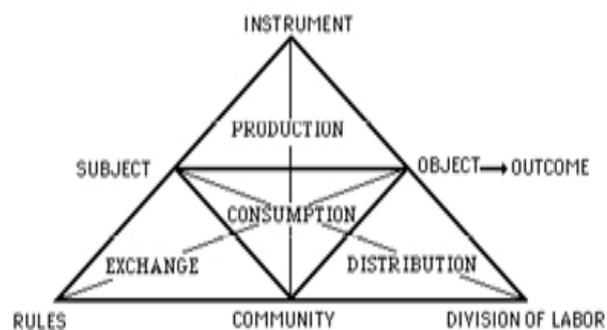


Figure I.3.1 Modèle de base de l'activité (Triangle d'Engeström)

Les niveaux d'une activité

L'activité peut être décrite dans une structure hiérarchique comprenant 3 niveaux: l'activité, l'action, et l'opération. Cette structure décrit l'activité (niveau le plus haut) comme étant réalisée au travers de chaînes d'actions (niveau intermédiaire), elles-mêmes réalisées au travers d'opérations (niveau le plus bas) – même si pour certains, d'un point de vue plus proche de la psychologie cognitive, les opérations peuvent elles-mêmes être divisées en blocs de fonctions (Bedny & Meister 1997).

Les actions : L'action est toujours liée à un but conscient par rapport à ce qui motive l'activité, elle peut être interprétée différemment suivant son contexte ou plutôt l'activité dans laquelle on la considère. Selon Searle, l'action est une séquence d'événements subjectifs causée par un but et orientée vers lui. Une seule et même action peut appartenir à plusieurs activités. "*Actions have both an intentional, orientational aspect (what is to be done) and an instrumental aspect (how to do it: anticipated plan and general method to reach intermediary goals)*" (Linard 1994). L'exécution d'une action est planifiée, en utilisant un modèle, et au cours d'une phase appelée *orientation*. Sa réalisation peut donc être considérée comme une séquence *orientation - exécution*. Ce qui renvoie au concept de Plan Interne d'Action (*Internal Plan of Action ou IPA*) développé dans l'AT. L'IPA est proche des concepts cognitifs de mémoire de travail et de la représentation du modèle mental.

Les opérations : Il n'y a pas une bijection entre une action et l'ensemble des opérations qui participent à sa réalisation. Une action peut correspondre à plusieurs opérations qui peuvent la réaliser. On peut considérer une opération comme une action qui est descendue d'un niveau dans la structure hiérarchique de l'activité, du fait de la quasi-disparition de sa phase d'orientation. Ainsi, les actions opérationnalisées sont aptes à participer à la création de nouvelles actions de niveau hiérarchique plus élevé. Elles sont exécutées plus rapidement et elles répondent, de façon inconsciente, à des conditions spécifiques. L'exemple le plus souvent cité est celui de l'utilisation d'une boîte de vitesse qui, au départ, est difficile et lente car réfléchie et planifiée. Peu à peu, celle-ci devient automatique, inconsciente et susceptible de contribuer à des actions de plus haut niveau (ex. ralentir) (Bourguin 2000). Les opérations nous permettent d'agir sans penser consciemment à chaque petit pas d'exécution. Il arrive souvent, lorsque les conditions d'exécution d'une opération changent, que l'opération remonte au niveau de l'action, sollicitant une ré-analyse de la situation et une nouvelle phase d'orientation.

L'activité : Une action peut elle-même monter d'un niveau et devenir une activité (Kuutti 96). Réciproquement, une activité peut correspondre à une action dans une activité d'un niveau plus général. De ce fait, dans l'AT, les limites entre les différents niveaux de la structure hiérarchique d'une activité sont floues. La dynamique action-opération et la possibilité de construire des actions de plus haut niveau à partir d'actions opérationnalisées constitue une propriété fondamentale du développement humain. Ces mécanismes semblent importants car ils viennent contribuer à la formation de l'expérience des sujets. Finalement, nous pouvons dès à présent remarquer l'importance de l'application de cette théorie puissante (AT) qui a comme point fort de considérer des instruments construits d'une façon dynamique par les sujets. Nous détaillerons dans les sections suivantes l'approche instrumentale et le concept de l'instrument.

1.3.3.2 L'application de la théorie de l'activité dans l'Instructional Design

Jonassen et ses collègues (Barab & al. 2004 ; Jonassen & Rohrer-Murphy 1999 ; Jonassen & al. 1999), cités par (Dessus 2006), ont repris et appliqué la théorie de l'activité au domaine de l'ID. Cette théorie est maintenant répandue et appliquée à de nombreux domaines éducatifs (Barab & al. 2004 ; Lewis 1997 ; Linard 2001 ; Rabardel 1995). Toute activité, selon cette théorie, est organisée en systèmes dont la Figure I.3.2 ci-dessus rend compte. Ce cadre a été appliqué par Jonassen et Rohrer-Murphy (Jonassen & Rohrer-Murphy 1999) dans l'ID d'environnements d'apprentissage informatisés. Ils l'ont détaillé en six étapes, (voir Tableau I.3.1). Ces auteurs montrent une méthode d'analyse de systèmes d'enseignement.

Le problème posé par les systèmes classiques ID est le manque de la prise en compte du contexte TICE ; la plupart des travaux concentrent sur la spécification d'une théorie permettant de gérer le contenu d'enseignement sans rendre compte de l'usage des objets techniques. Nous montrons dans ce qui suit un exemple d'utilisation de la théorie de l'activité dans les systèmes interactifs. Il s'agit d'entamer les différentes applications de cette théorie dans un contexte plus large et son ouverture sur la prise en compte d'une communauté d'utilisateurs distants.

Tableau I.3.1 – Le modèle Du système d'activité de Briggs et Gagné (d'après van Merriënboer & Kirschner 2001, p.430) cité par (Dessus 2006).

1 Clarifier l'utilisation du système d'activité	Lister une série de problèmes typiquement rencontrés par les sujets. Quand et où ces problèmes surviennent-ils d'habitude ?
1.1 Comprendre le(s) contextes(s) pertinents dans le(s)quel(s) l'activité est inscrite	Examiner des communications qui ont lieu pendant l'activité
1.2 Comprendre le sujet, ses motivations et sa vision des contradictions du système	Lister exhaustivement les motifs et buts de chaque groupe de sujets. Quelles attentes ont-ils ? Qui les initie ? Comment contribuer à la dynamique de la situation observée ? Interroger des personnes (in-) directement associées à l'activité, afin de comprendre les contradictions, les facteurs généraux qui influent l'activité.
2. Analyser le système d'activité	Qui sont les participants du système ? Quels sont leurs rôles, leurs croyances ? Quels sont les résultats attendus de l'activité ?
2.1 Définir le sujet	Sur quels critères seront-ils évalués ? Quels sont les règles et rôles de chaque membre du groupe ?
2.2 Définir la ou les communauté(s)	Quels sont les buts et motifs de l'activité et comment sont-ils reliés aux buts et motifs des autres et de la société ? Quelle est la division du travail dans le système d'activité ?
2.3 Définir l'objet	Quelle récompense est perçue lorsqu'un but est accompli ? [...]
3. Analyser la structure de l'activité	Comment le travail est réalisé ? Quelles sont les activités auxquelles les sujets participent ? [...]
3.1 Définir l'activité elle-même	Quelles sont les normes, règles, procédures à documenter ? Quelles formes de pensée, de « types rationnels », ou de pré-supposés théoriques ont motivé le travail ? comment ont-ils évolué ? Qu'est-ce que les sujets pensent d'eux-mêmes ? [...]
3.2 Décomposer l'activité en ses sous-actions et opérations	Pour chaque activité (gouvernée par un but), observer et analyser les actions mises en œuvre, et par qui. Pour chaque action (de plus bas niveau), observer et analyser les opérations mises en œuvre, et par qui.

1.3.4 Environnement d'apprentissage entre l'informatique et les acteurs de l'apprentissage

Comme nous venons de voir, l'environnement d'apprentissage est un lieu de rencontre de différents acteurs de conception issus de différentes disciplines (didactique, cognition humaine, science sociale...). La spécification des rôles de chaque acteur de conception n'est certainement pas l'objectif final de l'informaticien qui se charge de la conception d'un EIAH. Cet artefact complexe doit être accessible par chaque acteur de conception pour concevoir des modèles théoriques et pratiques permettant l'avancement de toute l'équipe de conception.

L'informatique dans ces travaux sert comme outil permettant de construire des coquilles vides pour générer les EIAH (Tchoukinine 2002a). La question concernant la place de l'informatique dans la conception des EIAH a été abordée dans de nombreux articles de recherche entre autres (Paquette & Tchounikine 2002), (Nicoll 2001), (Balachef 2002), (Kuutti 1996). Tchounikine dans son article

(Tchoukine 2002b), annonce que la conception d'environnements informatiques dédiés à l'apprentissage est un travail d'une tout autre nature.

" D'un point de vue informatique, la différence est que, lorsqu'il s'agit de penser et de concevoir des programmes informatiques dédiés à l'apprentissage, il faut intégrer cette dimension dans la conception de l'artefact : l'enjeu est de concevoir un environnement qui va créer un contexte qui répond aux attentes pédagogiques et favorise les apprentissages visés"

De notre point de vue, l'informaticien doit connaître les objectifs d'apprentissage qui sont considérés comme des éléments pouvant aider à trouver les meilleurs moyens pour cerner les difficultés didactiques. Il s'agit de se baser sur des théories pédagogiques pour arriver à une spécification complète de l'environnement à réaliser. Par conséquent, il faut se mettre dans un niveau de conception très haut et réfléchir à un modèle et une infrastructure qui intègrent des apports de la science informatique et des fondations venant des sciences humaines et sociales.

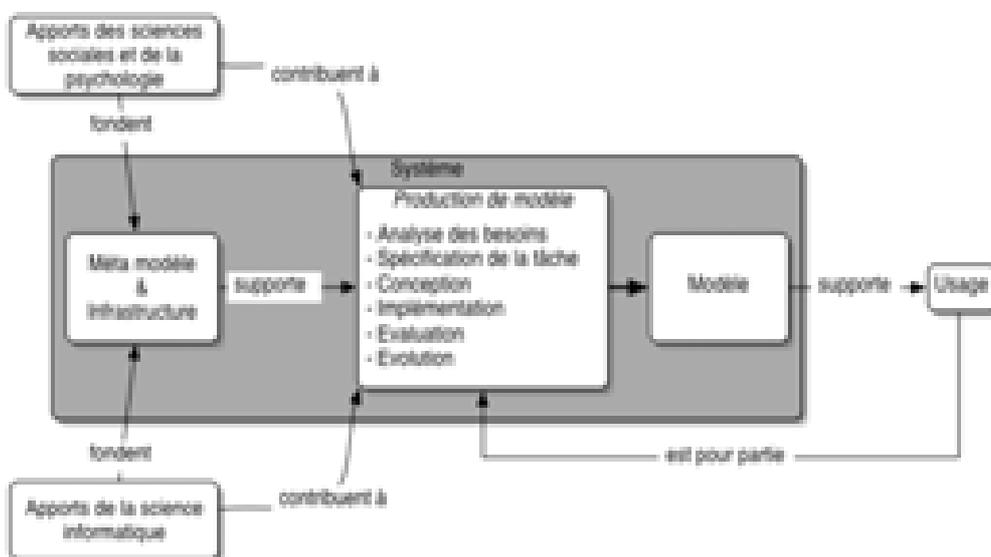


Figure 1.3.2 L'introduction d'un méta modèle et d'une infrastructure qui intègrent des apports de la science informatique et des fondations venant des sciences humaines et sociales. (Bourguin & Derycke 2005)

Dans la figure ci-dessus le méta modèle & infrastructure représentent le lieu de rencontre de l'informatique avec les autres disciplines. Notre travail de thèse se concentre sur ce point et évoque un modèle conceptuel utilisé pour définir une infrastructure selon le principe du design pédagogique et le couplage théorie-méthode. Nous revenons sur ce point dans la section IV de ce chapitre. Nous donnerons dans ce qui suit un exemple d'un modèle conceptuel utilisé par des informaticiens pour la réalisation d'un système interactif en se basant sur la théorie de l'activité.

Exemple d'application de la théorie de l'activité dans les systèmes interactifs

Nous présentons une brève description des travaux de Bourguin (Bourguin 2000, Bourguin & Derycke 2005). L'auteur a développé d'abord dans sa thèse (Bourguin 2000) le projet DARE (Activités Distribuées dans un Environnement Réflexif) qui est fondé sur la Théorie de l'Activité. Le but de ses

travaux est de développer les enjeux de construction de collecticiels et de définir le modèle conceptuel d'un nouvel environnement générique de TCAO (Travail Coopératif Assisté par Ordinateur) dont une propriété fondamentale est la réflexivité. Il propose une architecture fondée sur les concepts et mécanismes proposés par la Théorie de l'Activité, ainsi qu'une architecture distribuée ouverte et extensible permettant aux utilisateurs distants d'interagir dans l'environnement. L'auteur propose ensuite une seconde itération du projet DARE avec la nouvelle version CoolDA (Cooperative Layer supporting Distributed Activities). Ces travaux présentent un exemple concret de travaux d'informaticiens basés sur un corps de théories non techniques.

Le concept de Support d'Activité (SA), utilisé dans le projet CoolDA (Bourguin 2000, 2004), est central dans le modèle générique de SA présenté ci-dessous (voir figure I.3.3). Un SA permet aux utilisateurs d'accéder à leurs ressources (coopératives ou non) en fonction de leur rôle. Chaque SA correspond au support informatique offert aux utilisateurs impliqués dans une activité spécifique. Les concepts utilisés dans ce modèle sont inspirés de la TA, qui montre que l'outil informe le sujet, en fonction de son rôle, sur l'état de sa réalisation.

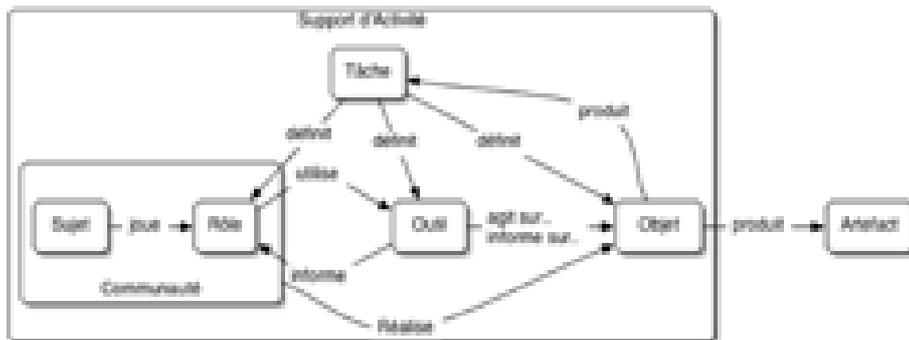


Figure I.3.3.A Le support d'activité et sa tâche : un système réflexif.

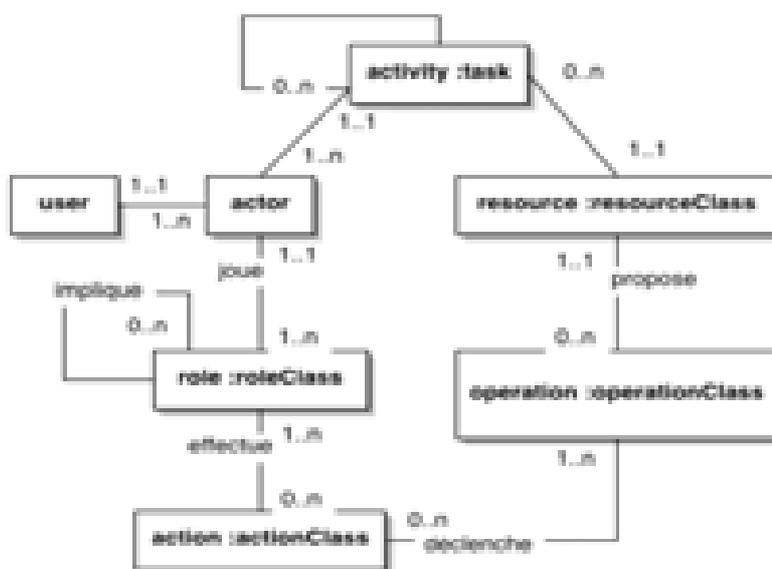


Figure I.3.3.B Le modèle d'activité.

Cet exemple semble pertinent et présente une contribution dans le domaine de TCAO et IHM. Néanmoins, il manque une exploration de tous les apports de la théorie de l'activité dans ce type de système. De notre point de vue une reconceptualisation de l'artefact vu selon la théorie instrumentale (comme une partie intégrante de l'instrument) permet de rendre compte du phénomène de l'usage et contribue à l'amélioration du système. Nous avons essayé de profiter de la théorie instrumentale pour améliorer le modèle d'infrastructure que l'on propose dans notre thèse (voir chapitre 2). Donc nos travaux se basent plutôt sur la théorie instrumentale pour concevoir une composante E-learning appelée instrument pédagogique qui incorpore dans sa structure tous les éléments d'individualisation.

En résumé, nous avons présenté un exemple d'une approche de conception de systèmes interactifs inspirée de la théorie de l'activité qui vise à concevoir des infrastructures informatiques ouvertes capables de mieux supporter la co-évolution des tâches et des artefacts.

Nous rappelons ici que le problème principal traité dans cette thèse est celui de l'individualisation de l'apprentissage. Pour cela nous sommes contraints à nous poser d'autres questions non seulement sur le dispositif technique mais aussi sur les connaissances de l'apprenant, l'évaluation et voir même la façon de combiner ces différents aspects de l'environnement d'apprentissage pour rendre le système capable de proposer des activités individualisables. Nous présentons rapidement les différentes classes des environnements d'apprentissage pour évoquer ensuite la théorie instrumentale et son apport dans l'évolution des environnements d'apprentissage.

1.3.5 Classification des environnements d'apprentissage

L'apprentissage est un processus complexe et la conception d'un environnement prenant en considération cette complexité reste encore loin d'être réalisable. Les chercheurs conçoivent différents environnements selon les bases qu'ils trouvent essentielles dans le cadre de leurs travaux de recherche. Ce n'est donc pas que l'apprenant qui doit être pris en considération dans un environnement d'apprentissage mais également d'autres éléments qui font partie de deux processus du apprentissage/enseignement. Les courants centrés sur l'apprenant diffèrent aussi selon la théorie pédagogique utilisée. On commence dans un premier temps par présenter une classification des environnements d'apprentissage qui a été proposée par le *Committee on Developments in Science of Learning* du *National Research Council* (sous la direction de Bransford, Brown et Cocking 1999), qui se base sur l'explicitation de quatre bases faisant le centre de recherche de chaque environnement (l'apprenant, les connaissances, l'évaluation et la communauté). (Figure I.3.4)

1.3.5.1 L'environnement centré sur l'apprenant : L'environnement d'apprentissage centré sur l'apprenant est une traduction directe du *Student-Centered Learning Environment* (SCLE) (Class & Bétrancourt 2004). Ce type d'environnement d'apprentissage affilié au constructivisme (Land & Hannafin 2000) et (Jonassen & Land 2000)

1.3.5.2 L'environnement centré sur les connaissances : Il s'agit dans le cadre de ce type d'environnement d'aider l'apprenant à devenir connaissant (Martel 2005). L'enseignant est ici centré

sur les types d'informations et d'activités qui développent chez l'élève les connaissances. Ces environnements sont centrés sur la relation entre la représentation des connaissances du domaine et la mise en œuvre de mécanismes d'exploitation de ces connaissances.

1.3.5.3 L'environnement centré sur l'évaluation : L'évaluation joue un rôle important dans les environnements d'apprentissage ; il s'agit de stimuler la réflexion de l'élève sur sa progression. L'évaluation peut concerner les activités individuelles ou collectives. Dans les deux cas, elle consiste à fournir à l'enseignant des vues sur les activités par le biais d'indicateurs, de mesures (Merceron & al 2004). Ces mesures permettent aux enseignants d'évaluer le déroulement de l'activité individuelle ou collective.

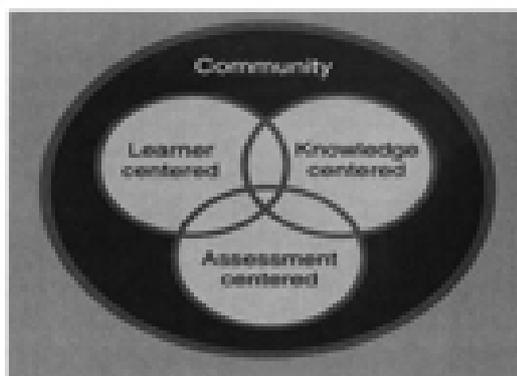


Figure I.3.4 Les quatre types d'environnement d'apprentissage selon (Bransford et al 1999)

1.3.5.4 L'environnement centré sur la communauté : Les activités collaboratives réfèrent autant à la classe, à l'école qu'au milieu environnant (famille, état, nation, le monde, etc.) (Martel 2005). La collaboration repose sur un but commun, mais chaque membre réalise la tâche en puisant dans les ressources de l'environnement (mémoire organisationnelle) et du groupe. On distingue en éducation quatre types de communautés : communauté d'apprentissage (CoA), communauté de pratique (CoP), communauté d'élaboration de connaissances (CoÉco) et communauté de recherche.

Synthèse

Cette classification met en évidence les quatre composantes pouvant être considérées comme une base de réflexion pour chaque courant de pensée. Le fait de mettre l'apprenant au centre de la recherche n'implique pas d'ignorer l'évaluation comme étant un élément essentiel pour la conception de l'environnement d'apprentissage. À notre avis, les environnements centrés sur les connaissances restent les plus répandus pour le recueil et l'utilisation des connaissances. Ces connaissances peuvent être utiles autant pour la modélisation de l'apprentissage individuel que pour l'apprentissage collaboratif. Les trois premiers types d'environnements sont inter-reliés et alignés afin d'établir les ingrédients de l'environnement centré sur la communauté.

Tableau I.3.2: Synthèse sur les quatre types d'environnement d'apprentissage

Principes	Environnement centré sur l'apprenant	Environnement centré sur les connaissances	Environnement centré sur l'évaluation	Environnement centré sur la communauté
Porter attention	Apprenant et son processus d'apprentissage	Recueil de connaissances	L'évaluation du processus d'apprentissage	Travail de groupe, dialogues et coopération
Analyse	Analyser les comportements de l'apprenant	Type de connaissances et métaconnaissances (règles, méta règles...)	Les choix de la mesure, et les moments où s'effectuera l'évaluation	But commun et mémoire organisationnelle
Conception	Concevoir les différences entre apprenants pour élaborer et soutenir le processus méta cognitif de chaque profil d'apprenants	Prédiction, Diagnostic Connaissances expertes et Planification pédagogique	Intention Modalité Jugement et décision	Tâches collectives, habiletés et attitudes
Développement	Les activités d'apprentissage établies en fonction des contextes réels	Plateforme d'expérimentation dans un contexte réel	Se baser sur des expériences pour obtenir un bilan de compétences de l'apprenant	Les plates-formes virtuelles d'apprentissage collaboratif

AMICAL est considéré comme un environnement centré sur les connaissances. L'objectif est de modéliser les connaissances expertes pour les utiliser par les agents du système. La méthode de travail des experts de domaine a une tendance vers les environnements centrés sur l'apprenant. En analysant son comportement dans les expériences réalisées, dans le cadre du système, nous pouvons recueillir les erreurs et les compétences de l'apprenant pour conduire son apprentissage. Une question importante se pose ici : quel est le rôle de la théorie de l'activité dans chaque type d'environnement d'apprentissage ?

Nous pouvons facilement remarquer l'importance de la théorie de l'activité dans l'explication des phénomènes de l'apprentissage dans les différents types d'environnements. Un système d'activité est composé : d'un **sujet**, à l'aide d'outils, qui **atteint un objectif** et peut accepter **des règles de travail** d'une **communauté** dans laquelle une division du travail permet de contribuer à l'objectif (Lewis 1997). L'évaluation est inscrite dans l'outil médiateur qui informe sur l'atteinte ou non de l'objectif fixé. Les connaissances concernent la modélisation des règles de travail et le diagnostic en se basant sur différentes expériences. Le sujet et la communauté sont explicites dans le modèle.

Nous avons critiqué précédemment le manque de l'exploration de tous les apports de la théorie de l'activité dans le projet CoolDA et surtout le manque d'utilisation du concept de l'instrument de la théorie instrumentale, celle-ci a été considérée comme une dérivation de la théorie de l'activité (Bourguin & Derycke 2005). L'auteur a même annoncé dans sa thèse qu'elle peut être considérée

comme une extension de la théorie de l'activité (Bouligin 2000). La théorie instrumentale donne des explications rationnelles au phénomène d'usage en se basant sur des fondements psychologiques assez importants. Nous essayons dans cette thèse de montrer comment utiliser les principaux concepts de cette théorie. Nous commençons d'abord par présenter les fondements théoriques de cette approche.

1.3.6 La théorie instrumentale

La problématique principale abordée par l'approche instrumentale est celle d'adopter un double questionnement : comment s'intègre la technologie dans l'environnement social ? Et comment s'intègre l'homme dans l'environnement technologique ? Rabardel au début de son ouvrage montre qu'il faut rompre avec l'évidence d'une technologie neutre vis à vis de son environnement d'intégration et d'utilisation

"Les objets et les systèmes techniques sont improprement nommés. Il vaudrait mieux parler d'objets ou de systèmes anthropotechniques, malgré l'inélégance du terme". (Rabardel 1995)

Il souligne ce dualisme entre technocentrisme et anthropocentrisme. Selon Monique Linard (LINARD, 96), Rabardel propose une approche globale des situations d'interactions homme-machine. Son approche est à dominante anthropocentrique et elle n'est pas totalement centrée sur l'homme. En effet, il n'est pas possible de considérer la machine comme simple objet, neutre dans son usage. Se jouant de l'évidence d'une causalité linéaire, il analyse les situations d'activités instrumentées dans une démarche complexe, globale. Il souligne le besoin d'une approche "*psychologique de la technologie*". Nous avons montré que cette approche peut même être considérée comme une extension de l'AT, elle est surtout bien connue par la communauté française.

Cette nouvelle approche propose principalement deux modèles : le modèle SAI (Situations d'Activités Instrumentées) et le modèle SACI (Situation d'Activités Collectives Instrumentées). Dans le premier modèle, la notion d'artefact médiateur de l'AT, est redéfinie en termes d'instrument. La différence majeure entre l'artefact et l'instrument est que ce dernier est bipolaire, tenant à la fois du sujet et de l'objet. L'appropriation de l'artefact par le sujet au cours de l'activité est alors considérée comme une genèse instrumentale. Le modèle SACI (Situation d'Activités Collectives Instrumentées) est une extension du modèle SAI pour le replacer dans un contexte de groupe et a été utilisé dans l'analyse de collectifs (Cerrato 1999). En effet, l'approche instrumentale expose clairement comment un sujet intègre des artefacts dans son activité pour en faire des instruments, comment il modifie ses schèmes d'utilisation, la manière dont ils vont être utilisés.

1.3.6.1 Artefact et instrument

Rabardel expose clairement le choix du terme "artefact" plutôt que les termes d'*objet technique* ou d'*Objet Matériel Fabriqué* (OMF). L'artefact est une notion fréquemment utilisée en anthropologie présentant aussi bien le caractère de neutralité que lui confère l'anthropologie que la possibilité de considérer les systèmes symboliques comme inclus dans la classe des instruments. L'artefact se définit comme 'système technique ayant ses spécificités et considéré indépendamment des hommes' tandis que l'instrument, est 'une chose inscrite dans un usage, élaborée pour s'inscrire dans des activités

finalisées' (Rabardel, 1995 p. 60). Or, Rabardel utilise le concept d'artefact pour désigner de façon neutre toute chose finalisée d'origine humaine, matérielle ou symbolique.

L'instrument est une entité mixte constituée, du côté de l'objet, d'un artefact, d'une fraction, voire d'un ensemble d'artefacts matériels ou symboliques, et du côté du sujet, d'organiseurs de l'action: les schèmes d'utilisation qui comprennent des dimensions représentatives et opératoires. D'après Rabardel, *"l'instrument n'est pas seulement une partie du monde externe au sujet, une donnée disponible pour être associée à l'action. Les schèmes d'utilisation constituent les entités psychologiques organisatrices des actes instrumentaux au sens où l'entend Vygotsky"* (Rabardel, 1999 p.260).

La distinction faite entre artefact et instrument est fondamentale pour la conception de l'instrument médiateur que Rabardel propose. L'instrument est une entité intermédiaire entre deux autres entités que sont le sujet, acteur utilisateur de l'instrument et l'objet sur lequel porte l'action. Il est considéré comme une entité bifaciale, mixte, à la fois artefact et mode d'utilisation. Les entités artefact et mode d'usage sont indissociables dans l'instrument qui représentent une totalité comprenant à la fois un artefact (ou une fraction d'artefact) et un ou des schèmes d'utilisation. Donc l'instrument tient à la fois de l'apprenant et de l'objet.

Le concept d'instrument attire toute notre attention puisque dans cette conceptualisation, artefact et schème sont à la fois associés et font partie d'une relation d'indépendance relative. Un même schème d'utilisation peut s'appliquer à une multiplicité d'artefacts appartenant ou pas à une même classe d'objets. Il est important d'insister sur le fait que l'artefact prend statut d'instrument par le sujet lorsqu'il lui donne le statut de moyen pour atteindre les buts de son action. De ce fait, les artefacts dans l'activité peuvent provoquer des réorganisations plus ou moins importantes. Selon Rabardel (1999, p.19), *"ce sont ses réorganisations qui ont été identifiées par Vygotsky à propos des instruments psychologiques dès son article de 1930."*

1.3.6.2 Outil et instrument

Le terme d'"outil" vient du latin signifiant "ustensile" alors que le terme 'instrument' vient des latins *instrumentum* et *instruere*, signifiant respectivement "ce qui sert à équiper" et "instruire". En résumant son travail de définition des deux termes, Bruillard constate que *"l'outil façonne alors que l'instrument instruit"* (Bruillard 1998). Cette formule qu'Éric Bruillard qualifie de *"lapidaire"* est très répandue pour expliquer la position de l'informatique. Doit-on considérer l'ordinateur comme simple outil pour "façonner", rigide et déterministe dans ses fonctionnalités ? Ou doit-on, comme le défend Bruillard considérer l'ordinateur comme un instrument, objet d'engagement personnel et d'instruction pour les utilisateurs ? À l'heure actuelle, l'ordinateur est considéré très majoritairement comme un outil. Avant de proposer aux professionnels de l'enseignement et de la formation des systèmes d'apprentissage tels que les conçoit le champ de recherche de l'EIAH, il est primordial que ces personnes comprennent la véritable nature de l'ordinateur. Bruillard réclame de passer tout d'abord par une étape qui remet en cause la manière d'enseigner, la manière de considérer les objets composant l'environnement d'enseignement (compas, carte géographique, livre, équerre, etc.). Rabardel se concentre sur l'instrument et plus précisément sur sa constitution et son élaboration. L'instrument

n'est pas un simple objet à la disposition des hommes. Bruillard ne développe pas un travail sur l'instrument, mais s'attarde sur la distinction entre "outil" et "instrument", sur la question du caractère instrumental de l'ordinateur en situation d'apprentissage et enfin sur la perception des instruments par les institutions.

Il est intéressant de comparer le cadre d'étude de Rabardel et celui de Bruillard. Le premier s'intéresse à l'utilisation des instruments en situation de travail, en situation de production (bureautique, industriel, ingénierie, etc.). L'approche instrumentale résulte d'un besoin exprimé par certains entrepreneurs. C'est une dynamique interne qui soutient l'approche instrumentale de Rabardel. Le second s'intéresse aux situations d'enseignement et plus particulièrement à l'utilisation de l'ordinateur en classe. Au lieu d'une dynamique interne, Bruillard présente un constat d'insouciance vis à vis des outils d'enseignement (compas, calculatrice, ordinateur, etc.). Il souligne un manque de dynamisme des institutions à l'égard de la nécessité d'une approche instrumentale des situations pédagogiques. Le tableau I.3.3 présente le résultat de l'analyse effectuée sur la base du modèle SAI concernant le peintre professionnel qui s'occupe à nettoyer le plafond avec une décolleuse de papier peint. Cet exemple donne un exemple concret d'une activité et des instruments utilisés par le sujet, il permet de constater que les statuts des objets utilisés dans l'activité finalisée sont variables. Suivant l'instant, les instruments utilisés par le sujet sont différents. De même, l'objet de l'activité peut varier.

Tableau I.3.3 : Exemple d'analyse de l'activité à partir du modèle SAI (Rabardel 1995)

Activité	Spatule	Plaque Décolleuse	Vapeur	Enduit	Papier Peint	Plafond
Le peintre passe la plaque décolleuse sur le papier peint		Instrument	Instrument		objet	
Il racle avec une spatule le papier peint qui se décolle sous l'effet de la vapeur	instrument		instrument		objet	
Il applique la plaque décolleuse sur le plafond						objet
Sous l'action de la vapeur l'enduit se fragilise			instrument	objet		
Il ne reste plus qu'à le gratter avec la spatule	instrument			objet		

1.3.6.3 Instrument et schèmes d'utilisation

Nous avons déjà introduit la notion d'artefact et le fait de sa relative neutralité vis à vis de ses utilisateurs potentiels. L'autre élément constitutif de l'instrument est son ensemble de schèmes d'utilisation, ou composante schématique. Rabardel souligne la "transversalité" de ce concept que l'on retrouve dans différentes disciplines chez différents auteurs. Même s'il est possible de lier l'origine du concept de schème à des auteurs antérieurs, Piaget (Piaget 1969) en fut sans contestation l'instigateur

théorique. Ce concept est à la base de ses travaux et donc de la psychologie génétique. Le schème peut être défini comme étant une structure élaborée notamment par généralisation des invariants liés à l'action, prolongeant l'organisation biologique du sujet, et possédant donc des capacités assimilatrices et accommodatrices par rapport à l'environnement extérieur au sujet. L'assimilation, incorporation des choses au sujet et l'accommodation, adaptation du sujet aux choses, sont deux processus dynamiques permettant l'acquisition des connaissances.

Rabardel présente ensuite les travaux effectués sur ce concept de schème, notamment ceux de l'école genevoise à la suite de Piaget. Ils cherchent à généraliser ce concept au sujet pragmatique et à le rapprocher du concept de représentation employé en intelligence artificielle. Ce dernier axe d'évolution permettrait une meilleure formalisation du concept de schème et donc un accès à la modélisation informatique. Cette présentation historique et théorique du concept de schème a permis à Rabardel d'obtenir un concept utilisable pour la modélisation des situations d'activités instrumentées.

La figure ci-dessus montre le fait de distinguer quatre types de logiques associés à l'artefact : de construction, de fonctionnement, d'utilisation et d'évolution, à partir desquelles il situe les approches par les différentes disciplines scientifiques (fig. I.3.5.A). L'intérêt de cette approche est dans la tentative de situer et coordonner les points de vue possibles mais elle est encore insuffisante selon Rabardel : la prise en compte de l'activité de l'homme y est limitée, ce qui se traduit, par l'absence de toute référence à la psychologie en tant que discipline permettant d'analyser les faits techniques. La synthèse de Gonod a été complétée par Rabardel en prenant pour base la figure I.3.5:

- il faut, au minimum, rajouter une logique de conception, correspondant à l'activité des concepteurs (et donc en relation avec -mais distincte - de la logique de construction) et donner une acception psychologique aux autres dimensions, en particulier la logique d'utilisation ;

- Rajouter aux approches identifiées dans la figure I.3.5 la famille de disciplines qui en est absente : psychologie, ergonomie, didactique.

Entre la logique d'utilisation de l'artefact désignée par Gonod et la logique de fonctionnement de l'outil, on trouve que cette réalité doit être conçue dans un cadre de la cognition de l'apprenant où l'on doit pouvoir distinguer les microprocessus implémentés par l'apprenant dans le contexte de son apprentissage. Selon Rabardel les *schèmes d'utilisation* sont les schèmes en situation d'activités instrumentées. Il distingue trois types de schèmes d'utilisation :

- *Schème d'usage* : il concerne les tâches secondes qui sont orientées vers l'artefact et non vers l'objet de l'activité ;
- *Schème d'action instrumentée* : il concerne les tâches primaires dont l'objet est directement lié à l'objectif global de l'activité ;
- *Schème d'activité collective instrumentée* : il concerne les situations d'activité au sein desquelles plusieurs acteurs travaillent avec le même artefact.

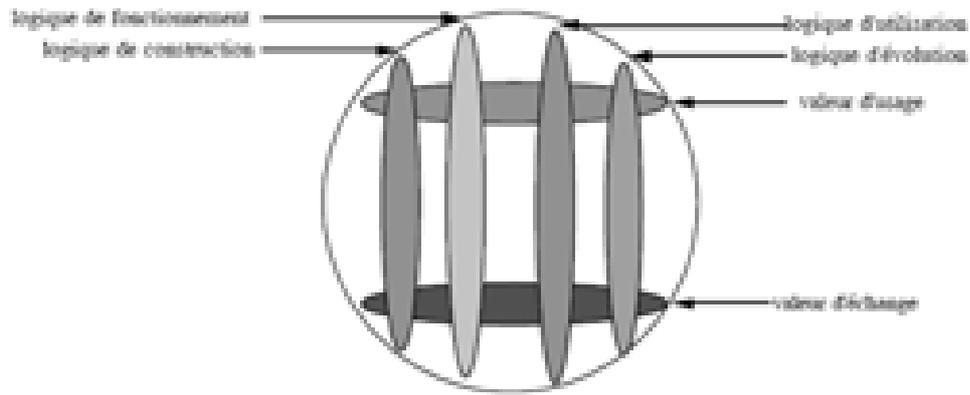


Figure I.3.5.A Multidimensionnalité de la technologie (d'après Gonod 1991)
Cité par (Rabardel 1995)

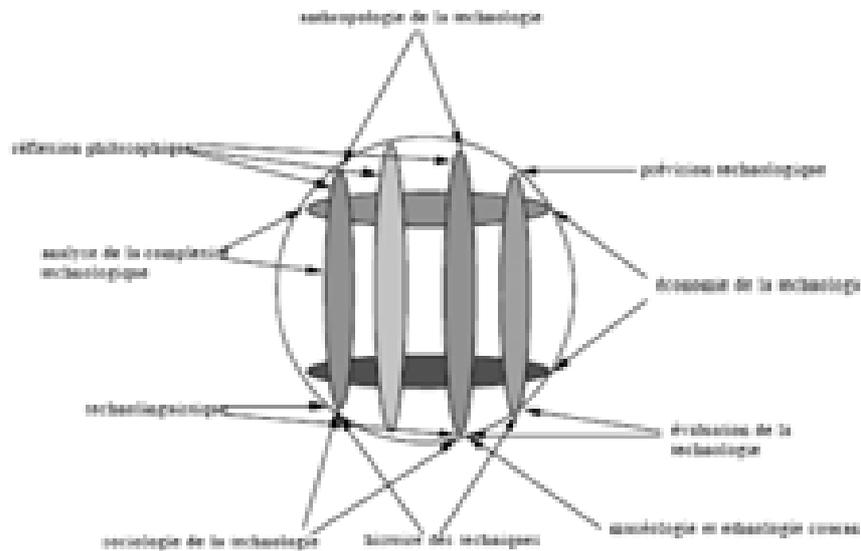


Figure IV.1.5.B Multidimensionnalité de la technologie (d'après Gonod 1991)
Cité par (Rabardel 1995)

Les schèmes d'usage vont se coordonner, mais aussi s'assimiler et s'accommoder mutuellement pour former d'autres schèmes, cette fois-ci schèmes d'action instrumentée. Pour distinguer ces différentes classes de schèmes, il ne faut pas se baser sur leurs propriétés intrinsèques mais plutôt sur leurs positions relatives à l'intérieur même de l'activité finalisée. Les schèmes sont mutuellement dépendant – co-dépendance – et forment un ensemble de schèmes associé à l'activité. Sans distinction, ces différents types de schèmes sont nommés *schèmes sociaux d'utilisation*. En effet, même si ces schèmes sont propres à un utilisateur, ils sont mis en œuvre au sein d'une situation d'activité qui, peut contenir différents acteurs. Le transfert d'information entre ces acteurs, comme la réalisation d'un mode d'emploi, consiste en un transfert de schèmes d'utilisation. Nous pouvons noter ici un passage rapide du niveau individuel au niveau collectif de la part de Rabardel. " *Les schèmes font l'objet de*

transmissions, de transferts..." (Rabardel 1995) entre individus. Après une modélisation constructiviste des activités instrumentées individuelles, l'auteur étend son modèle au niveau collectif par l'utilisation du concept de transmission interindividuelle.

1.3.6.4 Définition de l'instrument

En guise de résumé de ce que nous venons de présenter, nous annonçons que l'instrument, selon l'approche instrumentale, peut être caractérisé par les éléments suivants :

- L'instrument est composite, comprend une partie *artefact* et une partie *schèmes d'utilisation*.
- La partie *artefact* est issue du travail du concepteur et de son anticipation concernant l'utilisation future de l'*artefact*.
- La partie *schèmes d'utilisation* est issue de l'engagement du sujet dans l'activité finalisée. Par conséquent l'instrument n'est pas seulement une partie du monde externe au sujet mais le résultat de l'engagement personnel du sujet dans l'action.
- Cette émergence de l'instrument au cours de l'activité est conditionnée par les caractéristiques de l'environnement, par la nature de l'activité, par les caractéristiques des artefacts.

Enfin, les deux composantes de l'instrument sont fortement liées mais n'ont pas la même position vis à vis de l'émergence de l'instrument. L'artefact est indispensable mais n'est pas l'élément moteur de l'institution de l'instrument par le sujet. C'est la composante schématique, singulière qui va permettre la persistance de l'instrument pour l'individu. La composante *artefact* n'est pas singulière mais plutôt appartenant à une classe d'artefacts présentant des invariances suffisantes pour l'association à un même ensemble de schèmes d'utilisation pour une situation donnée.

"Certes, il n'y a pas d'instrument sans artefact, mais la conservation de la composante artefactuelle peut être celle d'une classe d'objets (et non celle d'un artefact singulier) ...". (Rabardel 1995, Page 96)

1.3.6.5 Instrumentation et instrumentalisation, deux processus duaux

Rabardel distingue, dans la genèse d'un instrument, deux processus croisés : *l'instrumentation* et *l'instrumentalisation* ; l'instrumentalisation est relative à l'enrichissement de l'artefact pour qu'il soit plus adapté selon les sujets, l'instrumentation est relative à l'émergence des schèmes chez le sujet (c'est-à-dire à la façon avec laquelle l'artefact va contribuer à *préstructurer* l'action du sujet, pour réaliser la tâche en question).

1.3.6.5.1 Instrumentation

Les *fonctions constituantes* de l'artefact constituent un ensemble de contraintes en direction du sujet, un cadre de structuration de l'activité. Elles provoquent donc des processus d'assimilation et d'accommodation de la part du sujet. Ces deux types de processus conduisent à une incorporation puis à une réorganisation d'une partie des schèmes d'utilisation, menant à un ensemble de schèmes d'utilisation transformé qui est maintenant plus apte à répondre à la situation.

L'instrumentation, c'est donc ce processus par lequel les *contraintes* et les *potentialités* d'un artefact vont conditionner durablement l'action d'un sujet pour résoudre un problème donné. Il n'y a pas d'*automaticité* stricte, un même artefact ne va pas structurer nécessairement la même activité chez deux individus différents : il va rencontrer des habitudes de travail antérieures, des connaissances différentes qui vont jouer aussi dans le choix des commandes et de leur enchaînement et donc dans les nouvelles connaissances, les théorèmes-en-acte, qui vont être construites. Pour comprendre ce processus, l'analyse de l'ergonomie d'un artefact est nécessaire : comment sont organisées les touches, les menus, les commandes ? Il est intéressant de constater, par exemple, que, sur une calculatrice *graphique*, ce sont en général les touches *graphiques* qui sont d'accès direct et que les touches numériques sont « cachées » *derrière* les touches graphiques (on y accède par une combinaison de touches) (Trouche 2005). C'est bien une prescription – relative – pour une étude graphique plutôt que numérique des phénomènes.

1.3.6.5.2 L'instrumentalisation

L'instrumentalisation est un processus d'intégration des éléments d'adaptation de l'artefact. L'idée que la conception des artefacts s'enrichit à travers ses usages suggère que le processus même de conception se poursuit à travers les usages. Il ne s'agit plus de faire un prototype, de le tester, et de passer à une phase opérationnelle, mais bien plutôt de prévoir une conception d'artefacts comme nécessairement itérative, alternant des phases de réalisation et des phases de mise en œuvre.

Il concerne "*l'émergence et l'évolution des composantes artefact de l'instrument*" (Rabardel 1995). Le sujet rend signifiant l'artefact, l'enrichit. S'appuyant sur les caractéristiques intrinsèques de l'artefact, le sujet, par son engagement dans l'activité confère un statut, une fonction à cet artefact. Ce processus d'attribution d'une fonction à l'artefact peut être momentané ou persistant. Rabardel parle de *fonction acquise* par l'artefact qui devient caractéristique extrinsèque de la partie artefact de l'instrument. L'artefact est en quelque sorte transformé pour être adapté à sa nouvelle fonction. Concernant les *fonctions acquises* par l'artefact, Rabardel parle aussi de *fonctions constituées*. Les artefacts possèdent des caractéristiques fonctionnelles intrinsèques originaires de leur conception. Ce sont des *fonctions constituantes*. Elles représentent en quelque sorte la logique d'utilisation de l'artefact, imaginée par le concepteur. Il introduit les fonctions constituées et constituantes du point de vue de l'artefact. S'il avait choisi le point de vue du sujet, il aurait parlé de fonctions constituées comme étant des fonctions de l'artefact indépendantes du sujet, et de fonctions constituantes comme étant les fonctions de l'artefact résultats du processus d'instrumentalisation. Nous aurions eu alors une correspondance assez intéressante entre d'une part, fonctions constituées et "déjà instituées" et d'autre part entre fonctions constituantes et capacité instituante.

En guise de conclusion de cette partie, nous remarquons que Rabardel distingue clairement l'outil ou « artefact », qui est donné par le concepteur, de l'instrument qui est construit par le sujet. Cette construction, appelée genèse instrumentale, est liée aux caractéristiques de l'outil et du sujet et combine deux processus : un processus d'instrumentation à travers lequel le sujet s'adapte à l'outil et un processus d'instrumentalisation qui est un processus d'enrichissement de l'outil. Nous avons montré que l'instrument est une entité mixte contenant la partie artefact et la partie schème d'usage. Il est certain que la séparation du schème d'usage et l'artefact permet de rendre compte des différentes

utilisations de l'artefact par le sujet qui peuvent être non prédictibles. Cette idée envoie vers la notion de catachrèse (l'utilisation d'un instrument à la place d'un autre, par exemple planter un clou avec une pince au lieu d'utiliser le marteau). Cet exemple montre que l'instrument peut être totalement différent de l'artefact. Cet instrument est jugé éphémère par Rabardel

L'instrument constitué peut être éphémère, lié uniquement aux circonstances singulières de la situation et aux conditions auxquelles le sujet est confronté, comme dans beaucoup de catachrèses (de mots ou d'artefacts matériels),

Notons que la bonne utilisation de l'artefact n'est pas l'objectif final dans notre cas d'étude. Nous retenons de cette conceptualisation l'idée de la conception d'un instrument contenant la partie outil et la partie schème d'utilisation. L'instrument pédagogique que l'on propose représente un outil informatique intégrant une partie artefact et une partie représentant les schèmes d'utilisation prescrits de l'outil. Il contient une partie de représentation interne du sujet et une partie du monde extérieur qui est l'artefact. Donc, l'instrument pédagogique construit par le sujet est un moyen permettant la construction des connaissances et sa représentation dans le système informatique permet l'opérationnalisation de la théorie instrumentale. Cet instrument doit être conçu et utilisé dans le système pour atteindre les intentions pédagogiques. Nous revenons sur ce point dans le chapitre 2 pour présenter un rapprochement théorique avec l'approche instrumentale.

1.3.7 L'approche instrumentale pour une co-évolution de pratiques instrumentées et dispositifs informatisés

Trois conceptions du recours aux TIC se sont succédées et ont guidé les choix des modèles (Marquet & Leroy 2004). La première façon de considérer les TICs peut être qualifiée de technicisée, elle s'est heurtée selon les auteurs à deux obstacles méthodologiques majeurs. Le premier provient du temps limité consacré aux TIC en contexte scolaire, le second est dû au fait que les comparaisons portent sur des situations possédant des caractéristiques extrêmement divergentes. La seconde conception, dite médiatisée, mettait l'accent sur le média, les échanges interpersonnels et la dématérialisation des contenus d'enseignement rendus possibles par l'usage du Web (Kozma 1991, 1994). Enfin, la troisième vision, qui fait notre objet d'étude, est celle des situations d'enseignement-apprentissage instrumentées basée sur l'approche instrumentale présentée précédemment. Cette approche a permis de faire évoluer la conception des modèles avec la genèse instrumentale et la reconceptualisation de l'instrument. Le point central en terme de conception est de présenter des conditions optimales pour l'adéquation rapide de l'artefact et des schèmes d'utilisation du sujet.

L'ouvrage traitant la conception et l'usage des environnements d'apprentissage évoque la perspective de **l'approche instrumentale d'une co-évolution des pratiques instrumentées et des dispositifs informatisés**. Il montre également l'importance de cette approche qui mène vers un **renouvellement de l'ingénierie pédagogique** (Baron et al 2007). Les travaux de Trouche (Baron et al 2007, Trouche 2005) qui se basent sur l'exemple du type de tâches « déterminer la limite d'une fonction en $+\infty$ », pour comparer les différents types d'environnements dans un environnement de calculatrices graphiques et dans un environnement papier-crayon, en classe de première scientifique, montrent que la genèse d'un instrument se fait ainsi souvent à partir non pas d'un seul, mais *d'un ensemble*

d'artefacts (une calculatrice et le papier/crayon). La réalisation de cette tâche peut ainsi passer par une combinaison d'une technique calculatrice (pour anticiper ou vérifier) et d'une technique papier/crayon.

Cet exemple d'application de l'approche instrumentale dans le cadre d'un environnement (numérique ou papier-crayon) montre l'importance de cette approche dans la conception de l'usage dans des contextes différents. Sachant que notre travail tend vers la conception d'un agent intégrant dans sa structure les instruments de l'activité de l'apprenant : des problèmes d'ordre technologique se posent dans le cadre de notre cas d'étude. Il faut pouvoir représenter les instruments constituant l'activité didactique afin de pouvoir les contextualiser. Nous cherchons à définir un modèle de l'instrument pédagogique qui sera utilisé dans le système pour atteindre les objectifs de l'agent d'individualisation. La partie artefact doit être conçue d'une façon permettant de le personnaliser selon les différents profils d'apprenants. Notre façon de modéliser l'activité instrumentée mène vers des problèmes théoriques : théorisation du processus d'individualisation de l'apprentissage, et d'autres technologiques, représentation objet de l'activité (voir chapitre 2).

1.3.8 Conclusion

A travers les différentes théories présentées précédemment, on peut facilement remarquer l'intérêt des approches *d'instructional design*. Les acteurs de ce courant visent des modèles pouvant mener à l'implémentation. Les "théories" de Merrill tendent vers une informatisation de plus en plus pensée et prévue dans le modèle, il s'agit d'incorporer dans les modèles plus précisément les notions de schémas représentant des routines adaptables selon la situation ciblée. L'aspect adaptatif des modèles d'ID paraît se conformer beaucoup plus aux conceptions de l'apprentissage en vigueur qu'au fait d'être testables et réellement appliqués par les enseignants. La principale constante, (Dessus & de Vries 2004), de ces différents modèles est l'importance accordée aux objectifs d'enseignement et à une logique séquentielle de la conception. Il s'agit de concevoir des systèmes progressifs dans lesquels des entrées (spécifications des buts et objectifs) mènent à des sorties (conception des séquences d'actions). L'importance de la théorie de l'activité est aussi manifestée dans ce courant de pensée, il s'agit de se baser sur les principes de cette théorie (relation Sujet, Objet, Instrument) pour l'analyse de l'activité à travers des instruments physiques et symboliques.

Nous sommes arrivés au fait qu'une modélisation des activités instrumentées doit rendre compte aussi de la représentation informatique pour répondre aux exigences technologiques. Ce qui rend le problème de plus en plus complexe et le renouvellement de la conception des EIAH devient une véritable nécessité. Nous avons introduit la méthode de recherche suivie dans cette thèse qui permet de réunir les différents points de vue et surtout utiliser des concepts issus de différentes disciplines. Il s'agit de la conception d'un objet pédagogique ayant une justification théorique et pouvant rendre opérationnelle la théorie utilisée pour sa conception. Nous traiterons dans la partie suivante le concept d'objet pédagogique pour montrer le besoin d'une modélisation croisée prenant en compte les côtés pédagogique et technologique.

Etat de l'art:

Section IV: L'activité didactique et le nouveau courant Objet Pédagogique

1.4.1 Introduction

Les objets pédagogiques, objets d'apprentissage ou 'Learning Objects' sont actuellement au cœur de nombreuses applications de l'ingénierie pédagogique. Les travaux actuels concernant les objets pédagogiques s'intéressent à la standardisation de ces derniers en s'appuyant sur les métadonnées pour décrire leurs contenus afin d'assurer une rentabilisation des productions pédagogiques dans ce qu'on appelle le marché de l'éducation. De manière générale, cette standardisation se base sur différentes orientations de recherche, soit décrire l'objet pédagogique comme des entités dont le système dispose et dont les manipulations se basent sur la spécification des métadonnées, soit s'orienter vers des langages de modélisation pédagogique pour représenter les unités d'apprentissage. Après avoir montré l'émergence de l'activité de conception dans les systèmes complexes, il nous semble devoir encore faire un état des lieux sur les travaux effectués dans le cadre de la spécification des objets pédagogiques afin de préparer le lecteur à comprendre les différents points de vue sur ce concept qui reste toujours le sujet de débat de la communauté E-Learning. Le but de cette section est d'exposer les différents points de vue sur l'objet pédagogique afin de pouvoir situer notre réflexion sur le modèle générique d'objet pédagogique que l'on propose (partie 2 du chapitre 2). Il s'agit d'illustrer les techniques, les modèles et les méthodes permettant de cerner les difficultés didactiques tout en prenant en considération les cotés techniques et pédagogiques de ces propositions.

1.4.2 Objets Pédagogiques, métaphores et esquisse de définition

Le terme objet pédagogique, *Learning object*, est exploité, aujourd'hui par la plupart des acteurs du domaine de 'E-Learning' pour les anglo-saxons et 'EIAH' pour les francophones mais avec différents sens. Un consensus sur la définition de ce concept n'est pas encore établi. Avant de citer les différentes définitions de l'objet pédagogique, on donnera dans un premier temps les trois métaphores exploitées par les chercheurs en 'Learning design'.

La métaphore la plus courante est celle du jeu de LEGO. Ce qui est sous-entendu par cette métaphore, c'est que chaque granule (brique) est combinable avec n'importe quel autre granule, de n'importe quelle façon. Combiner les différentes granules est une activité intuitive. La métaphore du jeu de LEGO est courante mais un peu simpliste pour représenter la complexité de l'assemblage des objets pédagogiques.

"With (Wiley 2002), we disagree with the simplistic LEGO metaphor used by many specifications to represent the combination of learning. Wiley proposes an atom- molecule metaphor that suggest that

learning objects cannot be assembled with any other learning objects and that they have, according to their internal structure, a certain limited potentiality to combine with others." (Paquette & Rosca 2002)

Une autre métaphore, un peu moins utilisée que la précédente, se base sur la structure de la matière. Les objets pédagogiques sont alors considérés comme des atomes. La différence entre cette métaphore et celle de jeu de LOGO, c'est que chaque atome ne peut pas se combiner avec n'importe quel autre atome de n'importe quelle façon et qu'il faut des relations de liens pour les assembler. Selon Wiley (Wiley 2002), cette métaphore permet de rendre compte du fait que tout objet pédagogique ne peut s'accorder qu'avec un nombre restreint d'autres objets et seulement avec certains types.

Cependant d'après (Paquette & Rosca), cette représentation ne tient pas compte des acteurs qui conçoivent et utilisent ces objets, elle ne rend pas compte des aspects dynamiques et du cycle de vie des objets pédagogiques. C'est pourquoi, ils préfèrent la notion de corps vivants composés de cellules, structurées en organes.

La troisième métaphore concerne une métaphore théâtrale, il s'agit de considérer l'activité comme étant une pièce de théâtre. L'activité représentée comme étant un objet pédagogique ou unité d'apprentissage se déroule selon un scénario de pièce de théâtre. Il y a différents acteurs qui interagissent avec l'apprenant qui est considéré comme l'acteur principal jouant le premier rôle dans l'activité (voir section 1.4.4.3).

1.4.2.1 Définition de l'objet pédagogique

Définition IEEE

Plusieurs définitions ont été données par l'équipe de travail IEEE. Les deux définitions proposées, citées par (Yolaine 2001) sont les suivantes :

1. Un objet pédagogique est défini comme toute entité, numérique ou non, qui peut-être utilisée pour l'enseignement ou l'apprentissage ¹
2. Un objet pédagogique est défini comme toute entité numérique ou non qui peut être utilisée, réutilisée ou référencée pendant des activités d'apprentissage assisté par ordinateur (enseignement – intelligent assisté par ordinateur, environnements d'enseignement interactifs, systèmes d'enseignement à distance, environnements d'apprentissage collaboratifs) ²

Dans la première définition tout est objet pédagogique, la seconde définition désigne les entités utilisées dans le cadre des systèmes d'apprentissage assisté par ordinateur. L'objectif du groupe de travail des IEEE connus sous le nom LTSC (Learning Technology Standards Committee) est de proposer des normes, des procédures et des manuels pour les composants logiciels, des outils et des techniques ainsi que des méthodes de conception qui aident au développement, au déploiement, à la

¹ La version 6 du document décrivant le LOM (Learning Object Metadata)

² La page de présentation du standard

maintenance et à l'interopérabilité des composants et des systèmes pédagogiques informatisés. L'interopérabilité signifie que plusieurs systèmes, qu'ils soient identiques ou radicalement différents, puissent communiquer sans ambiguïté et opérer ensemble.

1.4.2.2 Classes d'objets pédagogiques

Selon (Pernin 2003a), il existe trois principales classes d'objets pédagogiques : Les Unités d'Apprentissage, Les Activités Pédagogiques et Les Ressources Pédagogiques.

1.4.2.2.1 Les Unités d'Apprentissage : elles permettent de structurer la formation et de l'organiser dans l'espace et dans le temps. Le concept de "unit of learning" (unité d'apprentissage) représente un ensemble d'activités organisé autour d'un scénario ayant pour objectif d'entraîner des apprentissages chez les apprenants. Ces activités sont réalisées par des acteurs tenant un rôle précis et se déroulent dans un environnement caractérisé par un ensemble de services, d'outils et de ressources pédagogiques. Une des principales propriétés d'une unité d'apprentissage réside dans le fait qu'elle ne peut être décomposée sans perdre son sens et son efficacité d'apprentissage. En pratique, il peut s'agir de cours, de programmes d'études, de groupe de travail, de travaux pratiques, d'une leçon etc. Le modèle EML intègre des préoccupations pédagogiques en définissant précisément pour chaque unité d'apprentissage les objectifs et les pré-requis pédagogiques.

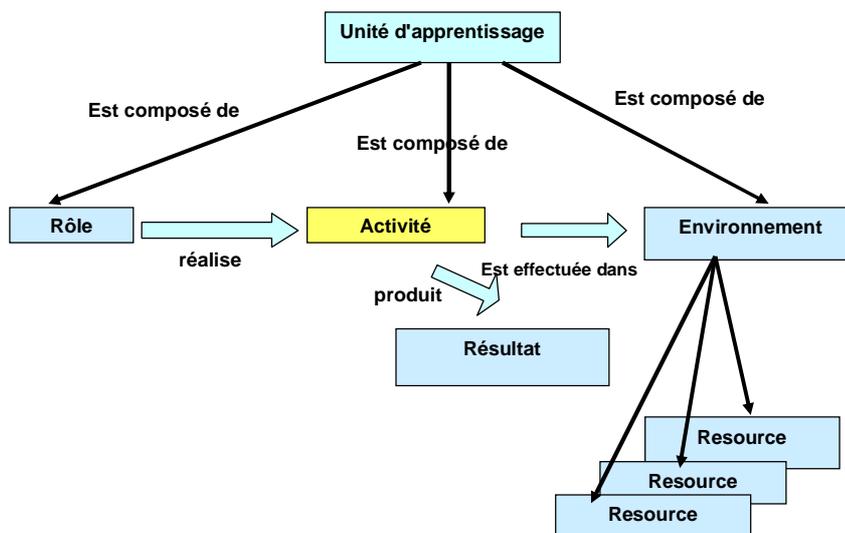


Figure I.4.1 Architecture de l'Unité d'apprentissage OUN-EML (Pernin 2003b)

1.4.2.2.2 Les Ressources Pédagogiques: Dans la logique des EMLs, une unité d'apprentissage "unit of learning" n'implique pas forcément l'usage d'une ressource pédagogique. Elle peut consister en une série d'activités, comme par exemple des conversations entre les apprenants et leur tuteur, des débats entre apprenants... Une ressource pédagogique multimédia (RPMu) est un contenu, à vocation de formation, incorporé dans une interface utilisateur. La structure physique d'une RPMu est représentée en code informatique de caractère multimédia. Une RPMu contient tout ce dont elle a besoin pour fonctionner à la fois sur le plan pédagogique et sur le plan technique. Elle a donc un fonctionnement

autonome et elle est opérationnelle dans un environnement pour lequel elle peut émettre des contraintes ; elle est portable et réutilisable dans différents ensembles de RPMu construits à leur gré par les formateurs. Une RPMu est composite ; elle est composée de différents fichiers multimédias (texte, son, image, animation ...) ; elle comporte tous les fichiers nécessaires à son fonctionnement en particulier tous les fichiers de codage de l'interface utilisateur. Afin d'être intégrée à un dispositif dédié au travail collaboratif en ligne ou dédié à la formation ouverte et à distance, la RPMu devra respecter le standard SCORM 1.2 édité par l'ADL (Advanced Distributed Learning).

1.4.2.2.3 Les Activités Pédagogiques: elles définissent les modalités précises d'acquisition, de validation, de communication d'une ou plusieurs connaissances. Parallèlement à l'approche centrée sur les ressources, de nouveaux modèles de spécification des systèmes d'apprentissage électroniques émergent progressivement, en particulier autour de la notion de Langage de Modélisation Pédagogique (Educational Modelling Language).

Définition: l'activité pédagogique peut se définir par un objectif pédagogique et une stratégie pédagogique complétés éventuellement par une série de paramètres : temps, lieu de travail de l'apprenant, ressources à utiliser, accompagnement déployé... La lecture, l'observation, la découverte, la recherche, l'analyse, la conception, la résolution de problèmes, les exercices, l'évaluation personnelle sont des exemples d'activités pédagogiques. « *Le glossaire de la e-formation, Institut de la Gestion Publique et du Développement Economique* », Mars 2006. »

Le modèle de base, développé par R. Koper de l'université ouverte des Pays Bas (Koper 2001), repose sur les concepts fondamentaux d'activités et d'unités d'apprentissage. L'approche EML situe l'activité au cœur de l'apprentissage et non plus les ressources qui représentent seulement des éléments utiles pour le déroulement des activités. Les EML visent à proposer un modèle pour la mise en place de situations d'apprentissage, en s'appuyant sur les activités. Les ressources pédagogiques ne sont pas vues nécessairement comme des objets préexistants, mais peuvent également être le résultat d'une activité, comme par exemple dans les cas où les apprenants doivent réaliser un rapport après une activité de recherche.

1.4.3 Objet et Objet pédagogique

Une première proposition comportant les éléments pouvant servir à identifier les aspects d'un objet pédagogique est celle de la théorie de Brousseau (Brousseau 1986) ; il s'agit de distinguer entre situation didactique et situation adidactique. L'idée de base est que les objets pédagogiques seraient partie intégrante du milieu auquel l'apprenant est confronté ; pour qu'un objet puisse jouer un rôle pédagogique, il faut qu'il intègre des intentions didactiques. De nombreuses situations d'apprentissage, peuvent comporter des objets sans intention didactique, comme par exemple : une ressource documentaire: photo, bouton, vidéo... (Ce que l'on appelle les instruments techniques d'interface Chapitre 2). Pour mettre en place une situation d'apprentissage, de tels objets ne peuvent suffire. Le milieu doit inclure des objets pédagogiques correspondant à des intentions didactiques. Il faut distinguer les objets élémentaires qui n'ont pas d'intention didactique, des objets "composites" comportant des objets élémentaires en fonction d'intentions didactiques. Pour être réutilisé, un tel objet "composite" doit être inséré dans un milieu où les ressources et les intentions didactiques sont

conciliables, ce qui limite considérablement les possibilités d'adaptation.

"Un milieu sans intentions didactiques (c'est-à-dire non volontairement organisé pour enseigner un savoir) est insuffisant à induire chez un sujet toutes les connaissances que la société souhaite qu'il acquière." (Bessot 2002).

L'objet pédagogique est caractérisé par les connaissances mises en jeu lors du processus d'acquisition des connaissances de l'apprenant. Réutilisation, souplesse et mécanismes de décomposition sont subséquentement utilisés pour structurer les connaissances décrivant le déroulement de l'activité didactique, selon D.Willey (Willey 2002)

"Learning objects are elements of a new type of computer-based instruction grounded in the object-oriented paradigm of computer science."

Il s'agit de poser ici un double questionnement, d'un côté les **considérations techniques** pour la structuration de l'activité didactique. D'un autre côté les apports de cette structuration par rapport aux attentes pédagogiques et aux objectifs d'apprentissage afin de pouvoir inclure tous les éléments d'adaptation. Un des points clés dans la réutilisation des objets pédagogiques réside dans leur capacité à s'adapter à des intentions didactiques différentes. On peut favoriser la réutilisation des objets pédagogiques en facilitant leur adaptabilité grâce à une structure faisant apparaître : - les objets non pédagogiques, - les objets pédagogiques et - les intentions didactiques.

Objet pédagogique et intentions didactiques

Les intentions didactiques dépendent non seulement des connaissances à faire acquérir mais aussi des élèves, de leurs conceptions antérieures et des compétences visées. Les didacticiens s'appuient sur une hypothèse constructiviste : l'apprenant construit ses connaissances d'abord par son activité propre si on le met au centre de la recherche (Section III de ce chapitre) et si on trouve les situations d'apprentissage idéales. La situation d'apprentissage idéale est celle dans laquelle l'élève est placé devant une activité qui rend compte de ses spécificités et de ses préférences afin d'arriver à l'assurance d'une acquisition de connaissances correspondant à cet apprenant 'selon son style d'apprentissage'.

L'apprentissage peut se situer dans des contextes bien précis où les connaissances sont recontextualisées, c'est-à-dire qu'elles apparaissent dans le cadre d'un type particulier d'activité d'apprentissage. Les connaissances sont également repersonnalisées puisqu'elles dépendent intégralement de la démarche personnelle de l'élève au cours de son activité. La recontextualisation et la repersonnalisation sont à la charge de l'enseignant. Elles peuvent avoir une forme d'existence dans l'intention didactique en visant certaines compétences. Par conséquent ces intentions doivent prendre en compte :

- les difficultés qu'implique l'autonomie, et qui sont aussi relatives aux connaissances mises en jeu en construisant un milieu (objets, champ de questions...).
 - les adaptations souhaitées, en les provoquant par un choix judicieux des situations proposées.
- (Bessot 2002).

On donnera plus de détails dans l'exemple d'IMS LD pour illustrer le fait de la prise en compte des intentions pédagogiques dans les unités d'apprentissage.

1.4.4. Objet pédagogique et marché de l'éducation

1.4.4.1 L'exemple LOM

Le groupe de travail P1484.12 des IEEE comportant la contribution de ARIADNE et IMS (IMS) visent un consensus pour leur indexation. La version 6 du LOM (*Learning Object Metadata*) définit une soixantaine de descripteurs regroupés en neuf catégories (Yolaine 2001) :

1. *General* : caractéristiques indépendantes du contexte comme *Identifier* (un identificateur global unique) ou *Title* (le nom de la ressource) ou *Language* (la langue utilisée principalement par la ressource pour communiquer avec l'utilisateur).
2. *LifeCycle* : caractéristiques relatives au cycle de vie, comme *Version* ou *Status* (*Draft*, *Final*, *Revised*, *Unavailable*).
3. *Metametadata*: caractéristiques de la description elle-même comme *Contribute* (personnes ayant participé à l'élaboration des métadonnées).
4. *Technical* : caractéristiques techniques comme *Format* (du logiciel nécessaire pour accéder à la ressource).
5. *Educational* : caractéristiques pédagogiques.
 - (a) *Interactivity Type* : le type d'interaction entre la ressource et l'utilisateur typique (*Active*, *Expositive*, *Undefined*) ;
 - (b) *Learning Resource Type* : le type pédagogique (*Exercise*, *Simulation*.. .), peut être présent plusieurs fois ;
 - (c) *InteractivityLevel* : degré d'interactivité ;
 - (d) *SemanticDensity* : densité sémantique (*Very Low*, *Low*, *Medium*, *High**Very High*) ;
 - (e) *Intended end user role* : utilisateur de la ressource ;
 - (f) *Context* : environnement d'utilisation de la ressource ;
 - (g) *Typical Age Range* : âge de l'utilisateur ;
 - (h) *Difficulty* : difficulté de la ressource ;
 - (i) *Typical Learning Time* : temps approximatif ou typique pour travailler avec la ressource ;
 - (j) *Description* : commentaires sur l'utilisation de la ressource ;
 - (k) *Language* : la langue de l'utilisateur.
6. *Rights* : caractéristiques exprimant les conditions d'utilisation comme *Cost* (ressource payante ou non).
7. *Relation* : caractéristiques exprimant les liens avec d'autres ressources comme *kind* (nature de la relation).
8. *Annotation* : commentaires sur l'utilisation pédagogique de la ressource.
9. *Classification* : caractéristiques de la ressource décrites par des entrées dans des systèmes de classification.

Les niveaux d'agrégation du modèle LOM

- 1- Le plus bas niveau d'agrégation du modèle LOM concerne : des données brutes ou des fragments

2- le niveau 2 concerne l'ensemble d'atomes, par exemple : un document HTML comprenant des images, une conférence, une leçon, ...

3- Le niveau 3 (ensemble de ressources : un site web avec un sommaire, un cours entier, ...

Ce standard ne prend pas position sur la taille des granules indexables. Le problème qui se pose ici est différent, car il s'agit d'indexer non seulement un livre entier, mais aussi ses chapitres, voire ses paragraphes (Yolaine 2001). Les inconvénients de ce modèle ont été présentés dans l'article de (Arnaud 2004) ; on cite ici quelques problèmes qui peuvent être rencontrés en utilisant ce standard :

- **Complexité technique du modèle** : Difficulté de remplir les 79 champs du modèle.
- **Insuffisance en termes d'aspects pédagogiques** : Les 9 catégories de LOM renferment implicitement des modèles pédagogiques sous-jacents, approuvés de facto.
- **Manque de définition de ce qu'est une ressource pédagogique** : Les LOM s'appliquent indistinctement à des objets qui ont des natures et des fonctionnalités très différentes (ressources, activités et unités d'apprentissage) ; cela empêche leurs descriptions en tant que tels
- **Excès de généralité** : Les LOM offrent des champs de données à utiliser comme fourre tout (Ex : la catégorie "classification" permet à chaque institution de classer l'objet suivant son propre catalogue).
- **Le rôle de descripteur n'est pas assez poussé pour prendre en compte des ressources plus interactives** : Comme celles mises en œuvre dans l'évaluation des connaissances.

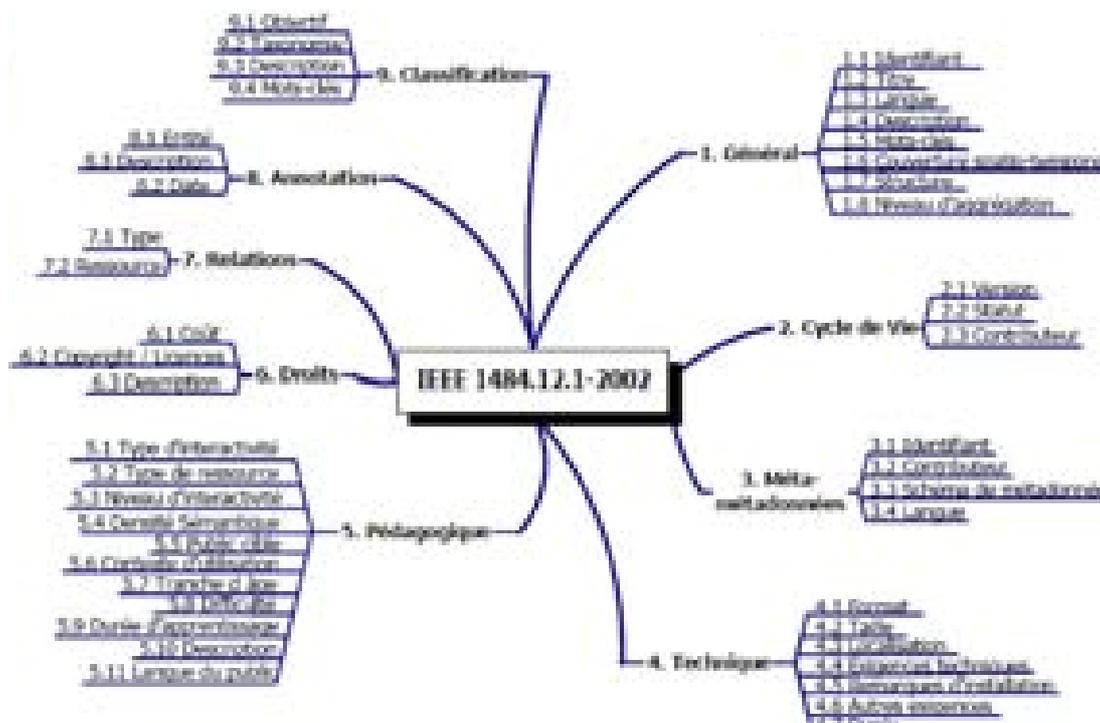


Figure I.4.2 Structure générale de LOM (LOM)

1.4.4.2 L'exemple SCORM

SCORM est un standard d'origine américaine développé par le consortium ADL (Advanced Distributed Learning). Il se présente sous la forme d'un ensemble de spécifications et de normes issues du travail d'autres organisations telles qu'IMS (IMS) et AICC (Aviation Industry CBT Committee). Le modèle SCORM doit répondre aux différentes exigences:

- **Accessibilité** : capacité de repérer des composants d'enseignement à partir d'un site distant, d'y accéder et de les distribuer à plusieurs autres sites.
- **Adaptabilité** : capacité à personnaliser la formation en fonction des besoins des personnes et organisations.
- **Durabilité** : capacité de résister à l'évolution de la technologie sans nécessiter une reconception, une reconfiguration ou un recodage.
- **Interopérabilité** : capacité d'utiliser dans un autre emplacement et avec un autre ensemble d'outils ou sur une autre plateforme des composants d'enseignement développés dans un site, avec un certain ensemble d'outils ou sur une certaine plateforme.
- **Réutilisabilité** : souplesse permettant d'intégrer des composants d'enseignement dans des contextes et des applications multiples.

Ces spécifications techniques sont actuellement regroupées selon trois catégories :

- le modèle d'agrégation de contenu (MAC) qui décrit l'organisation des contenus,
- l'environnement d'exécution qui permet de jouer les contenus utilisant le modèle d'agrégation de contenu,
- le séquençage et la navigation (SN) qui reprennent la spécification IMS Simple Sequencing²⁴ et décrivent l'utilisation des contenus en une activité séquentielle (Bertin 2006).



Figure I.4.3 Vue sur le contenu partageable de SCORM

Il nous semble que ces spécifications permettent une meilleure gestion technique des objets pédagogiques, cependant des problèmes d'ordre pédagogiques persistent. Comment expliciter les intentions pédagogiques dans ce modèle ? Et comment les adapter selon les profils d'apprenants ? Nous essayons de dépasser ces difficultés et répondre à ces questions dans le cadre de notre travail de recherche. Il s'agit de représenter les intentions pédagogiques comme des propriétés de l'objet pédagogique que l'on propose. Cette technique permet de rendre l'objet pédagogique capable de s'adapter à des intentions pédagogiques différentes qui doivent avoir un format spécifiques facilitant

leurs utilisations dans le système. La personnalisation de l'objet pédagogique se fait en fonction de l'objectif d'apprentissage à atteindre, représenté comme une liste d'intentions d'enseignement, et du profil de l'apprenant. Nous traitons ce problème dans le chapitre 2 et chapitre 5.

Notons aussi qu'un autre problème complexe peut être se poser dans ce contexte concernant l'opérationnalisation d'une théorie pédagogique. Nous avons annoncé dans l'introduction de la thèse que l'opérationnalisation de la théorie pédagogique dans le système informatique demande l'intervention des acteurs de la psychologie. Il s'agit de recueillir des corpus psychologiques de recherche à utiliser dans le système pour rendre la théorie opérationnelle. Toute fois, sachant que les objectifs de ces projets restent sur le stade de proposition d'un système d'enseignement générique, par conséquent les recherches doivent concentrer sur la méthode de travail. Quant à notre intervention sur ce point, nous nous sommes proposés de définir une méthode de travail, se basant sur le principe de design pédagogique, pour l'utilisation de concepts issus des théories de sciences humaines (voir section 1.4.5).

1.4.4.3 L'exemple IMS-LD (Learning Design):

Une première synthèse des travaux sur les EML a été réalisée par le groupe de travail CEN/ISSS sur les technologies d'apprentissage (WS-LT). Les résultats de ces travaux ont été réutilisés par le groupe de travail "Learning Design" du consortium IMS qui a débouché en novembre 2002 sur une proposition de standardisation, IMS-Learning Design. Ce modèle statique de design d'apprentissage (LD) se concentre sur trois entités : rôles, activités et environnement :

- *Rôles* : tels qu'apprenant et facilitateur (professeur, tuteur, animateur) sont joués par des personnes décrites par leurs propriétés.
- *Activités* : réalisées par des Rôles, elles font partie d'une structure arborescente appelée Méthode, décomposée en cheminements alternatifs, eux-mêmes décomposés en actes séquentiels ; chaque acte est composé de partitions définies chacune par un rôle et son activité. L'ensemble de partitions forment le scénario de l'acte qui est généralement composé d'une structure d'activités, qui contient d'autres structures d'activités jusqu'aux activités d'apprentissage ou activités de support terminales.

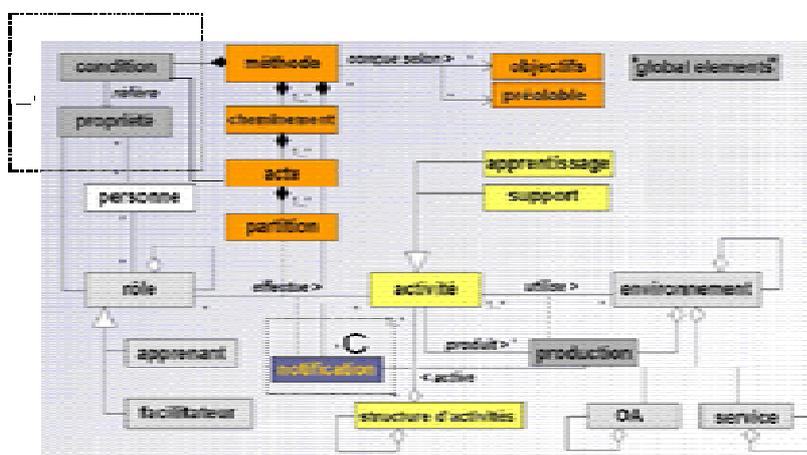


Figure I.4.4 Le modèle conceptuel d'IMS LD

- *Environnements* : regroupe tous les types d'Objets d'Apprentissage (OA) ou de services utilisés par les rôles dans les activités, ainsi que les résultats produits par les rôles dans les activités.

L'activation d'une Unité d'Apprentissage, se passe à travers l'élément « Méthode » qui est considéré comme central dans ce modèle. Cet élément unique et ses sous-éléments décrivent le processus d'apprentissage et contrôlent le comportement de l'unité d'apprentissage comme un tout, coordonnant les activités des acteurs dans leurs rôles variés ainsi que l'utilisation qu'ils font des ressources. Les « Méthode », « Cheminement », « Acte » et « Partition (couple rôle-activité) » sont tous imbriqués l'un dans l'autre, tel que présenté dans la figure I.4.4.

Les intentions didactiques dans IMS

Au sein de l'IMS-LD, l'expression des intentions pédagogiques n'est possible que grâce aux sections prérequis et objectifs pédagogiques. Ces sections apparaissent au niveau général et au niveau des activités. Ceci est cohérent avec le fait qu'un "learning design" peut être considéré comme une activité (grâce aux sections "activity-structure"). Il n'y a pas de moyen d'indiquer les intentions pédagogiques au niveau de la section "method". Si l'on veut donner des indications sur les raisons qui ont conduit à concevoir tel ou tel enchaînement d'activités, il faut les donner au niveau du "learning design" ; ce qui indique, soit que la section "method" est inséparable du "learning design", soit que l'expression des intentions pédagogiques pour la section "method" n'est pas prévue dans le modèle.

Tableau I.4.1 Structure d'une méthode d'un LD (design d'apprentissage)

Méthode				
		<i>Partitions</i>		
Cheminement 1	Acte 1	Rôle 1	Activité 1	
		Rôle 2	Activité 2	
		Rôle 3	Activité 3	
	Conditions de complétion de l'acte 2			
	Acte 2	Rôle 1	Activité 5	
		Rôle 4	Activité 6	
	Condition de complétion de l'acte2			
Conditions de complétion du cheminement 1				
Cheminement 2	Acte 3	Rôle 1	Activité9	
		Rôle 3	Activité10	
		Rôle 4	Activité11	
	Conditions de complétion de l'acte 3			
	Acte 4	Rôle 1	Activité3	
		Rôle 2	Activité2	
		Rôle 3	Activité1	
Conditions de complétion de l'acte 4				
Conditions de complétion du cheminement 2				
Condition de complétion de la méthode				

Il y a trois niveaux dans la Méthode. Au premier niveau, on retrouve deux éléments, une liste de cheminements et des conditions de complétion de la méthode (Tableau I.4.1). Un acte relie une ou plusieurs partitions permettant à plusieurs rôles de « jouer » les activités d'un acte au même moment ou de façon asynchrone sur une certaine période de temps. Chaque partition associe un rôle à une activité précise ou à un environnement précis. Le même rôle peut être associé à différentes activités dans différentes partitions et inversement. Cependant le même rôle ne peut être référencé qu'une seule fois à l'intérieur d'un même Acte.

Synthèse

Tous les standards qui sont en cours de développement visent la spécification des normes, des procédures et des manuels pour les composants logiciels, les outils et les techniques, ainsi que des méthodes de conception qui aident au développement, au déploiement, à la maintenance, à l'accessibilité, à l'adaptabilité et à l'interopérabilité des composants et des systèmes pédagogiques informatisés. L'interopérabilité signifie que plusieurs systèmes, qu'ils soient identiques ou radicalement différents, puissent communiquer sans ambiguïté et opérer ensemble. La figure ci-dessous présente une synthèse sur ces trois standards qui permet d'illustrer les niveaux de conception de chaque standard. Elle présente les trois niveaux de représentation de l'objet pédagogique.

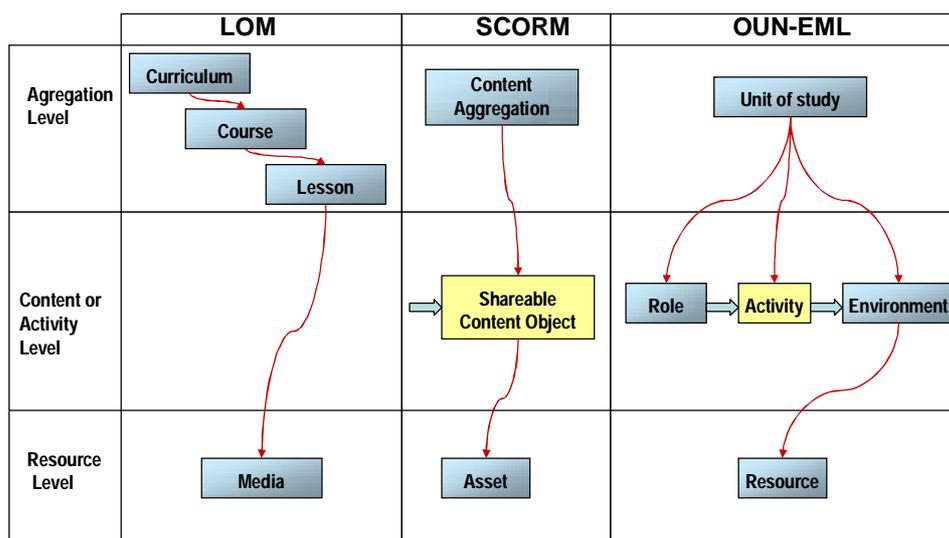


Figure I.4.5 Synthèse sur les trois standards (Pernin 2003b)

Le modèle conceptuel utilisé dans chaque projet de recherche fait apparaître les différents niveaux de conception de l'objet pédagogique. Nous rappelons ici que l'objet pédagogique que l'on propose appartient à la classe des activités pédagogiques. Notre objectif est de concevoir un objet pédagogique qui prend en compte le processus d'acquisition des connaissances. Il s'agit de spécifier des artefacts informatiques complexes, constituant l'objet pédagogique, intégrant le matériel pédagogique qui favorisent l'apprentissage et permettent à l'apprenant de réaliser les tâches prescrites correspondant aux intentions d'enseignement.

Ces artefacts représentent les instruments pédagogiques conçus selon l'approche instrumentale. Il s'agit de prendre en considération les deux côtés (technologique et rationnel). Ainsi, la structuration de l'objet pédagogique doit correspondre aux attentes pédagogiques et aux objectifs d'apprentissage afin de pouvoir inclure tous les éléments d'adaptation dans les instruments représentés par les composantes structurelles de l'objet pédagogique. Après avoir défini la problématique abordée, qui concerne dans notre cas l'individualisation de l'apprentissage, cela demande de travailler sur les relations théorie-méthode selon les principes de l'ingénierie pédagogique.

1.4.5 Ingénierie pédagogique

La problématique de l'ingénierie selon (Tchounikine 2002c) amène à travailler à la mise en place de méthodes et de techniques sur la base de « savoirs » en partant du triplet problématique – théorie – méthode.

Les théories (les savoirs) sont donc ici étudiées en tant que « moyens » dont on dispose (ou pas) et qui sont adaptées (ou pas et, dans ce cas, pourquoi et comment peut-on faire évoluer les choses) pour fonder et encadrer le processus de conception.

Travailler sur l'ingénierie conduit à l'étude du rôle que les théories peuvent jouer dans la conception des systèmes. Cette démarche de travail est inspirée du positionnement méthodologique adopté dans le champ de la conception des EIAH par Baker (Baker 2000). Baker fait apparaître la différence entre les modèles comme outil scientifique et les modèles pour la conception de système. Les premiers permettent d'utiliser une théorie pour comprendre ou prédire une situation ou une activité ; les seconds traduisent les premiers en un modèle permettant la conception et l'implémentation du système. Notre travail concerne le deuxième cas, nous montrons comment construire un modèle à partir de la théorie instrumentale pour qu'il soit exploité dans le système. Ce modèle va être utilisé dans le système et sur lequel se repose la conception de l'artefact informatique qui incorpore tous les éléments d'adaptation.

Pour montrer la place des théories dans le processus de conception, Tchounikine donne l'exemple du modèle de dialogue qui permet de répondre à un aspect particulier de la conception pour éclairer le fait que la théorie peut également couvrir, de façon intégrée, plusieurs problématiques de la conception. Donc une large partie des travaux de recherche en EIAH est menée dans un contexte de conception de systèmes : il faut tout d'abord définir le problème pédagogique abordé pour déclencher le processus d'ingénierie qui se concentre sur les solutions possibles (i.e., *un artefact, éventuellement inscrit dans un dispositif plus large*) basée sur les possibilités technologiques offertes, une référence à un cadre théorique et l'invention du chercheur (c'est-à-dire, le chercheur est sensé proposer d'autres éléments théorique et pratiques qui peuvent contribuer au processus de conception)

L'auteur rappelle la difficulté de mener une recherche pour la conception de l'artefact à partir du modèle obtenu en se basant sur la théorie utilisée. Le travail sur le triplet théorie - modèle – artefact, annoncent les auteurs, peut être très difficile lors du processus du mis en œuvre car la théorie serait

également utilisée pour l'interprétation des phénomènes qui seront observés lors de l'utilisation de ces artefacts.

Le point de vue des auteurs est en phase avec celui que l'on a adopté et sur lequel on a fondé nos recherches : aborder le problème de son côté théorique (rationnel) et technologique. La question principale posée est celle de la théorie à utiliser et la représentation théorique du modèle d'infrastructure, à exploiter dans le système. Le but visé est d'assurer une prise en compte de l'activité de l'usage des objets techniques et l'utilisation des ces derniers pour construire les connaissances des sujets qui sont abstraites à partir de leurs actions. Le méta-modèle & infrastructure conçu permet de bénéficier des apports d'autres disciplines dans l'informatique (voir figure I.3.2 section III).

1.4.5.1 Définition

Tchounikine dans (Tchounikine 2002a) définit l'ingénierie des EIAH comme suit :

« les travaux visant à définir des concepts, méthodes et techniques reproductibles et /ou réutilisables facilitant la mise en place (conception –réalisation – expérimentation – évaluation – diffusion) d'environnements de formation ou d'apprentissage (dans leur articulation avec les dispositifs informatiques d'aujourd'hui) en permettant de dépasser le traitement ad hoc des problèmes ».

Cette définition met en évidence le fait que l'ingénierie des EIAH nécessite de se baser sur des méthodes venant des théories de sciences humaines et aussi des techniques permettant l'implantation des artefacts relevant de l'informatique. Une deuxième définition qui concentre plus sur les infrastructures est donnée par Paquette :

L'ingénierie pédagogique est un ensemble des procédures et tâches permettant de définir le contenu d'une formation. Cela implique d'identifier les connaissances et compétences visées, de réaliser une scénarisation pédagogique des activités d'un cours, et de définir les infrastructures, les ressources et les services nécessaires à la diffusion des cours et au maintien de leur qualité.

« L'ingénierie pédagogique, Gilbert Paquette, éditions PUQ, 2002 »

Les processus d'ingénierie des connaissances sont adaptés et spécifiés pour aider à définir le contenu, les activités et les scénarios pédagogiques, les matériels pédagogiques, ainsi que les processus de diffusion du système d'apprentissage. Le rôle de l'ingénierie des connaissances se traduit par le fait de définir la méthode d'ingénierie pédagogique elle-même et la nouvelle tendance qui est basée sur une re-ingénierie pédagogique ou l'ingénierie d'un scénario d'apprentissage. Selon Paquette, l'application des techniques d'ingénierie des connaissances au domaine du design pédagogique permet d'identifier les concepts, les processus et les principes d'ingénierie pédagogique. La modélisation des connaissances d'un domaine est l'élément qui relie deux étapes :

1- l'extraction de connaissances: processus permettant de transformer les connaissances des experts dans un domaine sous forme d'informations organisées, de savoirs qui pourront être rendus disponibles à l'ensemble de l'organisation. 81

2- l'utilisation des connaissances : il s'agit de sélectionner, les informations et les savoirs disponibles à l'organisation en connaissances utilisables représentées sous la forme proposée.

De ce fait, un modèle de connaissances représenté sous forme d'un scénario d'apprentissage permet de préciser des cas d'utilisation décrivant les acteurs, les opérations qu'ils régissent et les ressources qu'ils utilisent ou produisent au cours du traitement lorsqu'ils mettent à contribution des connaissances d'un domaine, ce qui permet de valider et d'enrichir le modèle. Le design d'apprentissage (LD) est un modèle abstrait d'une unité d'apprentissage qui peut être instanciée avant ou pendant la diffusion. Un document concret peut être intégré dans le design ou laissé comme une variable que l'on peut instancier dans le modèle LD. Le projet IMSLD est un exemple concret de pratique de l'ingénierie pédagogique. En principe, un LD conçu dans un format IMS-LD peut être réutilisé sur n'importe quelle machine équipée adéquatement. Cela permet de créer un pont entre le processus de conception d'un cours et celui de la diffusion.

Nous soulignons que les problèmes pouvant être posés à ce niveau de Learning Design concernent le principe de conception du système. Par exemple, le système IMS se fonde sur une métaphore théâtrale pour faciliter la tâche de conception. Cependant, cette métaphore n'a pas d'origine dans le système d'apprentissage. Elle est utilisée pour décrire le déroulement de l'activité d'apprentissage sans avoir une justification rationnelle ou (théorique) de ce modèle. Nous avons évoqué l'importance de la théorie instrumentale dans ce champ de recherche et le fait qu'elle peut contribuer à un renouvellement de l'ingénierie pédagogique (Baron et al 2007). Notre travail part du fait qu'il faut utiliser cette théorie et la rendre opérationnelle dans le système informatique. Ce qui nécessite une conception des composantes de l'activité et l'incorporation des éléments d'individualisation de cette dernière. La description du déroulement de l'activité didactique nécessite de prescrire des scénarios d'apprentissage bien élaborés pour être contextualisés selon la situation ciblée, selon ce qu'on appelle la scénarisation pédagogique.

1.4.5.2 Scénarisation pédagogique

La scénarisation pédagogique revient à la spécification du processus de transmission du contenu ; il s'agit de donner un sens à sa structure par la détermination de séquençement des activités et d'ordonnancement des concepts qui doivent être maîtrisés lors du processus d'apprentissage. L'analyse des différents modèles présentés ci-dessus, nous a conduit à tirer les conclusions suivantes :

- La description du parcours pédagogique revient à la spécification d'un problème de planification didactique (les scénarios de chaque unité). L'aspect pédagogique dépend étroitement de la stratégie adoptée, du contenu à transmettre et de la structure convenable par rapport aux propositions des standards.
- L'utilisation des concepts de prérequis et d'objectifs pédagogiques pour définir les unités d'apprentissage est considérée comme une première étape permettant l'individualisation des activités didactiques en utilisant les pré- et post-conditions.

Nous nous intéressons dans cette section à la spécification du processus de scénarisation pédagogique, pour cela nous nous sommes basé sur les travaux de (Pernin & Lejeune 2004) qui présentent les différentes facettes permettant d'extraire tous les éléments contribuant effectivement à la spécification du processus de scénarisation. Selon Pernin, quand une activité didactique se déroule, elle présente plusieurs facettes (vues du tuteur figure I.4.6) : Prescription ; Observation ; Régulation ; Evaluation ;

Capitalisation et Personnalisation. Cette tendance ne renforce pas l’articulation de notre travail avec les études mentionnées dans la décomposition de scénario d’apprentissage en facettes logiques.

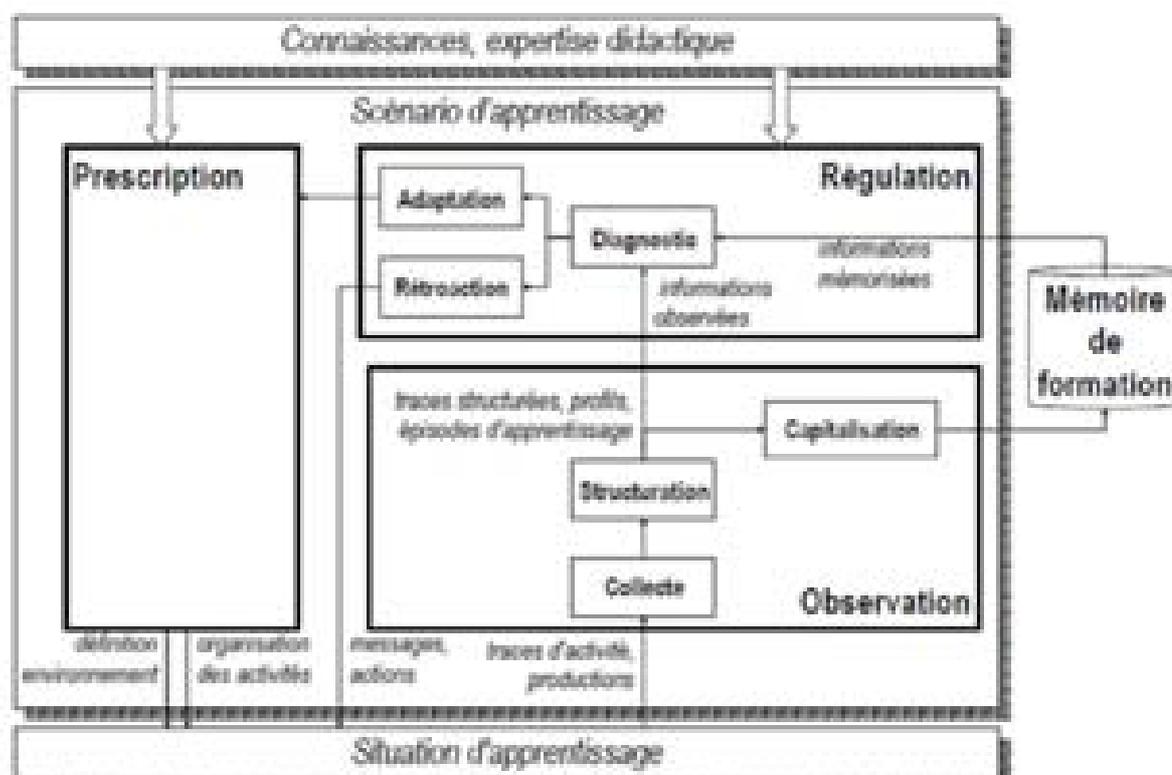


Figure I.4.6 Les différentes facettes d'un scénario (Pernin & Lejeune 2004)

La tendance sous-jacente à cette approche qui nous intéresse est celle de l’appartenance du contenu pédagogique au scénario d’apprentissage. Elle s’appuie, en partie, sur des travaux antérieurs de didactique basés sur un concept didactique connexe : la transposition informatique (Balachef 199). On considère dans notre cas que le processus de scénarisation de l’activité didactique est un processus complexe ; la reproduction d’un scénario nécessite de définir trois étapes qui révèlent les différents aspects de l’activité didactique (contenu, interface et scénario de déroulement).

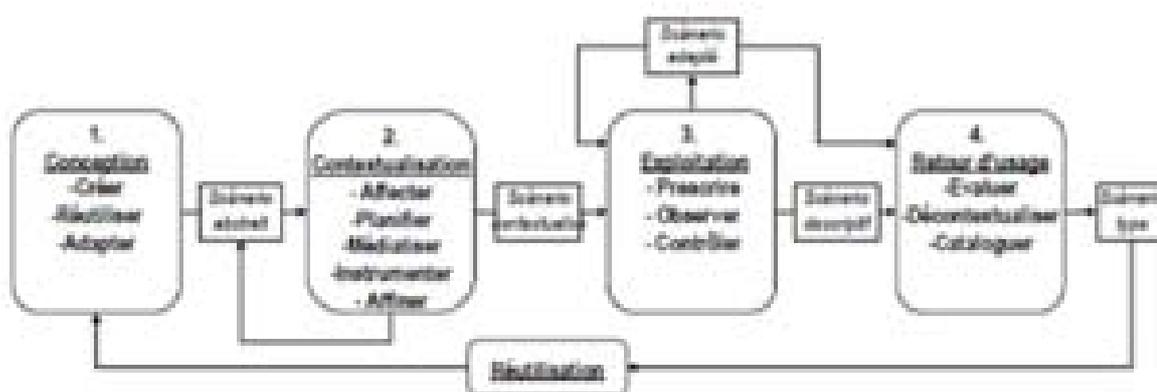


Figure I.4.7 Phases du cycle de vie d'un scénario d'apprentissage(Pernin & Lejeune 2004)

Les quatre grandes phases du cycle de vie d'un scénario d'apprentissage (Pernin & Lejeune 2004, voir figure I.4.7) sont :

- la phase de *conception initiale* permet de définir en termes généraux la structure d'un scénario abstrait qui ne tient pas précisément compte des conditions de mise en oeuvre ;
- la phase de *contextualisation* permet de déterminer les conditions d'exploitation d'un scénario abstrait dans un contexte précis en termes d'acteurs, de planning, de ressources, d'outils et de services, etc.
- la phase *d'exploitation* correspond à l'usage en situation des scénarios contextualisés par les différents acteurs concernés (apprenants, enseignants, tuteurs, etc.) ;
- la phase *de retour d'usage* s'intéresse à évaluer les résultats obtenus lors de la phase d'exploitation des scénarios, l'un des objectifs principaux étant de fixer les conditions de leur réutilisation ultérieure dans d'autres contextes.

L'objectif de ces travaux est de pouvoir, à partir d'un scénario abstrait, définir un scénario opérationnel dans une situation d'apprentissage déterminée. Cette proposition permet d'enrichir le cadre conceptuel associé à notre approche de scénarisation de l'activité didactique. Il s'agit d'un processus de gestion des scénarios d'apprentissage selon les objectifs fixés au départ dans le cadre de notre travail de recherche. Les phases de cycle de vie de scénario d'apprentissage sont utilisées implicitement dans notre système pour la conception du processus de scénarisation de l'activité didactique.

La première étape de conception concerne la spécification générale du processus de scénarisation qui doit passer par trois étapes : -instanciation du contenu, -individualisation de l'interface et – contextualisation du scénario. *La contextualisation du scénario* doit se baser sur les connaissances procédurales et contextuelles modélisées par le concepteur de l'agent, ainsi la détermination des buts et des méthodes définies sur les instruments de l'activité didactique. Les préconditions et postcondition d'exécution de l'activité didactique constituent les éléments essentiels de cette phase, qui doivent être préparés par l'informaticien en se basant sur les travaux d'autres acteurs de l'équipe de conception. *L'exploitation du scénario* se fait par les sous agents qui se chargent de la contextualisation des connaissances selon les actions de l'apprenant. Cette phase concerne la mise en œuvre du processus de scénarisation dans le système. La phase *de retours d'usage* correspond aux observables et règles d'interprétation pour fixer les conditions de leur réutilisation ultérieure dans d'autres contextes (voir chapitre 4).

La prise en compte de tous ces éléments permet d'assurer une meilleure gestion du scénario de déroulement de l'activité didactique. La scénarisation est à la charge de l'agent qui est attaché à l'activité didactique selon l'approche agent-objet pédagogique. Notre travail concerne donc la représentation de l'activité didactique sous forme d'un objet intégrant son agent d'individualisation. Cette technique amène à travailler sur un nouveau champ de recherche concernant les Objets Pédagogiques Intelligents.

1.4.6 Vers les objets pédagogiques Intelligents

Notre travail s'inscrit dans la perspective de conception d'objet pédagogique intelligent. Rendre un objet pédagogique intelligent conduit tout droit vers l'idée de lui attacher un agent, selon l'approche agent-objet, qui se charge de le personnaliser et jouer son rôle. Cette approche a été appliquée dans de nombreux travaux de recherche récents (Stamey & al 2005, Azambuja Silveira & al 2004, Azambuja Silveira & al 2006, Carvalho da Silva & Azambuja Silveira 2007, Stoilescu 2007).

Selon (Azambuja Silveira & al 2004) l'objet pédagogique intelligent que ce soit ressource pédagogique, unité d'apprentissage ou activité pédagogique est défini comme un agent qui joue le rôle de cet objet. Nous présentons brièvement les éléments essentiels de cette approche pour la critiquer et montrer l'apport de notre recherche sur les objets pédagogiques.

L'architecture ILO (Intelligent Learning Object) proposée montre comment un agent, conçu selon les principes des agents BDI, utilise les performatifs de communication pour communiquer avec les autres agents de l'environnement afin de personnaliser l'objet pédagogique et jouer son rôle. Les messages reçus permettent la mise à jour du modèle mentale de l'agent. Il s'agit d'utiliser les meta-data décrivant l'objet pédagogique pour l'obtention de l'objet correspondant à la description donnée dans ces meta-data.

L'agent peut activer ou désactiver l'ILO, il peut également retourner les informations sur l'évaluation de l'apprenant par l'ILO. Donc les actions de l'agent correspondent à l'utilisation du modèle de communication et son modèle de comportement (voir figure ci-dessous et les exemples d'actions de l'agent)

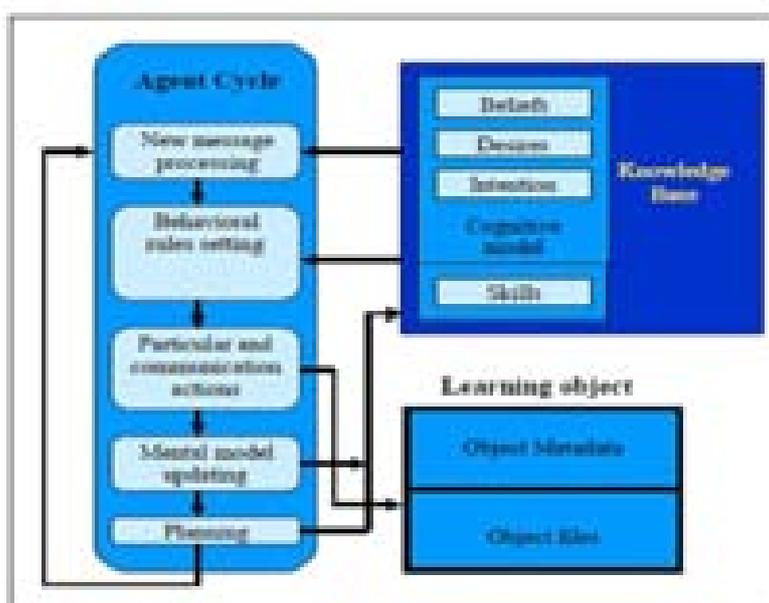


Figure I.4.8 Architecture d'un ILO (Intelligent Learning Object)
(Azambuja Silveira & al 2004)

Exemple d'actions de l'agent

- Action (send-metadata): elle permet d'utiliser les informations sur les meta-data de ILO.
- Action (send-learner): en appliquant cette action, l'agent reçoit les informations sur l'apprenant.
- Action (search-ilo :metadata <metadata>): cette action permet d'obtenir l'ILO correspondant à la description satisfaisant le paramètre meta-data.
- Action (put-learner-ilo :learner <learner>): cette action permet d'obtenir les informations d'évaluation de l'ILO de l'apprenant donné en paramètre.
- Action (activate :ilo <ilo>):activer l'objet pédagogique.
- Action (deactivate :ilo <ilo>): désactiver l'objet pédagogique.
- ...

La figure ci-dessous présente les problèmes qui concernent la représentation de l'objet pédagogique selon les trois principaux projets de recherche, exposés dans les sections précédentes, et les problèmes de conception des Système mutli-agents. Il s'agit de la prise en compte des différents aspects de conception pour spécifier l'architecture d'un Agent Intelligent selon l'approche ILO. Notons que ces travaux présentent une contribution à l'amélioration des objets pédagogiques et tendent vers une nouvelle génération d'objets pédagogiques intelligents. Dans ce type d'architecture on s'interroge uniquement sur les techniques à appliquer pour que l'agent puisse personnaliser les objets pédagogiques en utilisant les meta-data sans prendre en considération une théorie à opérationnaliser ni même le processus d'acquisition de connaissances par l'apprenant conçu selon cette théorie.

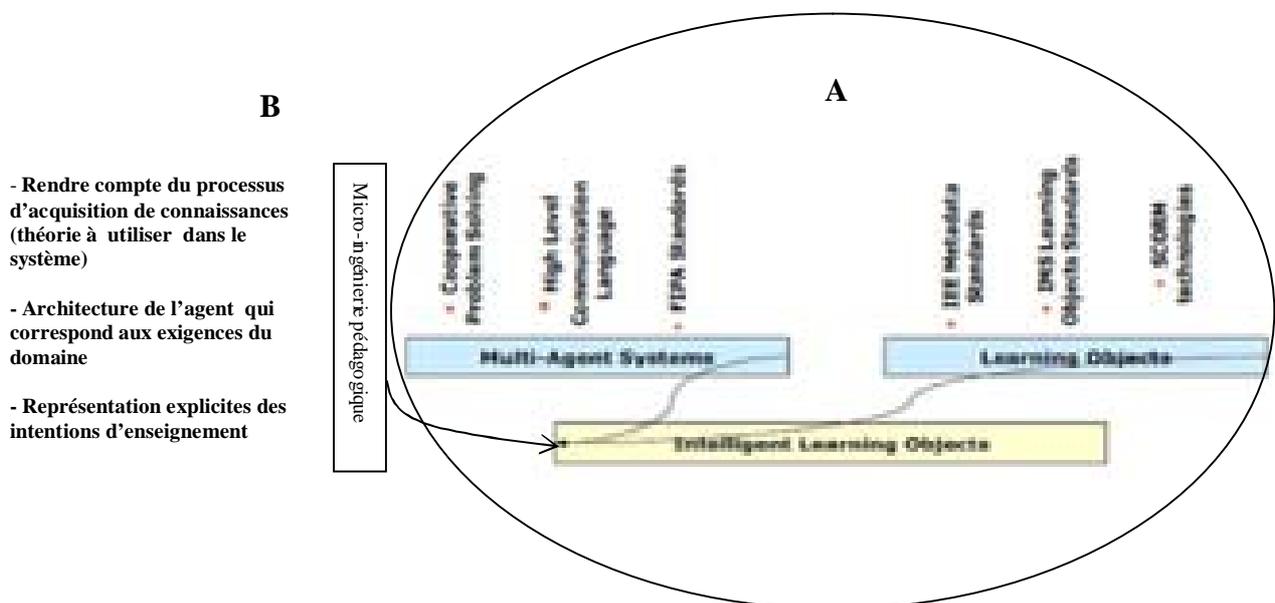


Figure I.4.9 Objet pédagogique et agents intelligents

De notre point de vue il manque une prise en compte de l'aspect pédagogique. Ce qui fait que ces travaux sont isolés du domaine d'apprentissage qui devait être au cœur de la recherche.

La technique adoptée pour la conception de l'objet pédagogique rend compte des problèmes dans la zone A (partie droite de la figure I.4.9). Nous ajoutons à ces problèmes, ceux en relation avec

l'approche qui doit être centrée sur la conception des composantes de l'activité didactique (voire zone B partie gauche de la figure I.4.9). La tendance sous-jacente à notre approche permet de centrer les efforts de recherche sur la micro-ingénierie pédagogique : une ingénierie qui concentre sur la relation théorie-méthode pour la conception des artefacts constituant les composantes de l'objet pédagogique et celles de l'agent qui se charge de jouer son rôle. Il faut également pouvoir utiliser les intentions d'enseignements qui doivent avoir une représentation explicite dans l'objet pédagogique. Ceci devrait être confié aux didacticiens du projet qui se chargent de la représentation de tous les éléments du modèle didactique de l'activité d'apprentissage (voir chapitre 2).

Notre travail concerne donc la conception d'un modèle générique d'objet pédagogique ayant pour propriétés les intentions d'enseignement et pour composantes structurelles les instruments pédagogiques. Ainsi nous nous interrogeons sur l'architecture d'un agent rationnel qui utilise les instruments pédagogiques modélisés selon la théorie instrumentale, pour individualiser l'objet pédagogique. Cela permet un couplage des deux aspects de l'objet pédagogique (technologique et rationnel).

1.4.7 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre -des synthèses sur les travaux concernant les techniques utilisées pour l'individualisation de l'apprentissage ; -la gestion pédagogique des tuteurs intelligents ; -le rôle de la théorie de l'activité et l'approche instrumentale dans l'évolution des environnements d'apprentissage et - l'activité didactique et le nouveau courant 'objet pédagogique'. Cet état des lieux sur les différents travaux de recherche présentés permet de préparer le lecteur à comprendre notre contribution dans le cadre de ce domaine complexe. Il s'agit de rappeler les critères jugés importants concernant l'efficacité, la généricité et la réutilisabilité des composants pour la conception d'un objet pédagogique représentant l'activité didactique.

La structure de l'objet pédagogique que l'on propose rend compte de la théorie instrumentale pour l'opérationnaliser dans le système. Les composantes structurelles de cet objet représentent les instruments pédagogiques conçus selon les principes de l'approche de conception adoptée dans le cadre de nos recherches. Il s'agit de répondre à la problématique d'individualisation par le couplage de la théorie instrumentale et la micro-conception pédagogique pour la mise en place d'un système pouvant prendre en considération la diversité de profils d'apprenants et le processus d'acquisition de connaissances selon la théorie utilisée. La phase d'analyse du processus d'individualisation de l'activité didactique requiert la collaboration de toute une équipe de recherche pour la modélisation et l'utilisation des connaissances. Nous commençons par l'analyse de l'activité didactique selon la théorie instrumentale, pour montrer ensuite le modèle générique de l'objet pédagogique proposé dans le cadre de notre recherche.

Chapitre II: Individualisation de l'activité didactique : Théorisation et modélisation

Les champs de recherche pluridisciplinaires, réunissant des acteurs de conception issus de différentes disciplines révèlent une dualité visiblement inextricable. De manière générale, cette dualité est introduite comme étant l'opposition d'une rationalité globale des sciences dites 'dures' et d'une rationalité locale des sciences 'dites molles' (Linard, 1996). L'activité de conception pédagogique est un champ de recherche révélateur de cette dualité qui s'exprime à travers l'existence de points de vue opposés sur le rôle des TICs dans l'activité de l'apprenant : Le face-à-face peut-il se réduire à une simple interface technique que propose la machine ? C'est là qu'apparaît une confusion entre les buts et la puissance des moyens. Linard considère la rationalité locale comme opératoire et payante à court terme qui correspond au moyen utilisé, par rapport à la rationalité globale différée des finalités d'ensemble des équilibres à long terme du système. De notre point de vue, assurer l'équilibre du système nécessite de concentrer les efforts de recherche sur la compréhension de l'activité du sujet avec les objets techniques. Le système doit être capable de s'adapter aux différentes logiques d'utilisation pour dépasser les difficultés qu'implique l'autonomie.

Il ne s'agit pas ici de développer les épineuses questions épistémologiques très importantes, que soulève la théorie instrumentale, concernant l'analyse de l'activité épistémique du sujet, et développer les enjeux d'une telle recherche, mais de contribuer à la réflexion sur une démarche de modélisation informatique croisée de l'activité de l'apprenant en se basant sur l'approche instrumentale. La prise en compte de cette théorie pour la représentation informatique des activités instrumentées semble pertinente pour faire avancer la recherche dans les EIAH. Il s'agit de viser de nouvelles perspectives de l'approche instrumentale d'une co-évolution des pratiques instrumentées et des dispositifs informatisés (voir chapitre 1 partie 3). Nous proposons de commencer tout d'abord par réfléchir à une méthode de travail pouvant réunir les différents points de vue et surtout utiliser des concepts issus de différentes disciplines.

Notre démarche de travail est inspirée de la méthode de développement pédagogique du concept théorique initiée dans l'introduction de cette thèse. Le concept théorique utilisé est celui de l'instrument pédagogique. Cette méthode met en avant l'aspect rationnel du modèle de l'objet pédagogique représentant l'activité didactique. Le problème abordé dans son aspect rationnel passe par deux étapes: tout d'abord le fait d'imaginer comment opérationnaliser les concepts : l'organisation conceptuelle autour de l'idée centrale de la théorie instrumentale. La deuxième étape concerne le passage à l'élaboration d'un modèle conceptuel du contenu et des procédures. L'aspect technologique du problème concerne la représentation de l'activité didactique sous forme d'objet pédagogique selon le paradigme objet. Les composantes structurelles de cet objet représentent les instruments pédagogiques constituant l'activité didactique. Ce chapitre est divisé en deux parties : la première partie traite de la théorisation de l'activité didactique en se basant sur une nouvelle approche de conception ; la deuxième partie présente le modèle d'objet pédagogique sous jacent à cette théorisation.

Partie1 : Analyse microscopique du processus d'individualisation de l'activité didactique

2.1.1 Introduction

L'analyse microscopique de l'activité didactique se base sur l'identification des éléments d'individualisation intervenant dans un niveau très bas, c'est-à-dire de degré de finesse très élevé, pour l'accomplissement des tâches de l'apprenant. Cela conduit à une réflexion approfondie sur l'organisation conceptuelle des constituants de l'activité didactique et leurs interrelations. Cette réflexion est primordiale pour une perspective de théorisation de l'activité didactique, cependant elle resterait isolée sur un plan rationnel si les exigences technologiques ne sont pas prises en compte. Nous nous proposons donc, dans ce chapitre, d'une part de fonder le côté rationnel du modèle de l'activité didactique sur la théorie instrumentale pour dégager schématiquement l'organisation conceptuelle des instruments, représentant les constituants de l'activité de l'apprenant. D'autre part de représenter l'activité didactique sous forme d'objet pédagogique selon les principes du paradigme objet pour répondre aux exigences technologiques.

Notre démarche rationnelle du traitement du problème d'individualisation de l'apprentissage concerne l'utilisation des principaux concepts de la théorie instrumentale pour le passage à une représentation conceptuelle du contenu, de l'interface et du scénario d'utilisation de l'artefact associé à l'instrument pédagogique. La théorie instrumentale explique le phénomène de l'usage des objets techniques, porteurs de connaissances, en s'appuyant sur le concept de l'instrument. Cet instrument est le résultat d'un processus de construction qui met en jeu deux processus, l'*instrumentalisation* et l'*instrumentation*. Ces deux processus sont fortement liés mais leur nature diffère du fait de leur orientation opposée. L'*instrumentalisation* est relative à l'enrichissement de l'artefact pour qu'il soit plus adapté selon les sujets, l'*instrumentation* est relative à l'émergence des schèmes chez le sujet. La représentation de cet instrument dans le système nécessite, en plus de la représentation de l'artefact, une représentation explicite des schèmes d'utilisation prescrits de l'outil. De notre point de vue, la représentation de ces instruments construits par les sujets dans le système informatique permet de rendre la théorie instrumentale opérationnelle.

Nous proposons, dans cette partie, une approche de conception se basant sur le principe de couplage (théorie instrumentale – méthode de micro-conception pédagogique) pour répondre à la problématique de l'individualisation de l'apprentissage. L'idée de base est de proposer une nouvelle forme de pratique de recherche dans les EIAH que l'on qualifie de 'micro-ingénierie pédagogique', une nouvelle ingénierie centrée sur l'instrument pédagogique intégrant le matériel pédagogique et ses éléments d'adaptation, avec un niveau de granularité très bas. L'intégration des éléments d'adaptation de l'outil dans l'instrument pédagogique vise un environnement d'apprentissage informatisé capable d'évoluer au rythme de leurs usagers pour la progression de leurs connaissances et l'évolution de leurs compétences.

Notons que notre façon de traiter le problème d'individualisation en se basant sur le concept d'instrument présente beaucoup d'avantage pour la conception de notre système. La notion de

l'instrument constitue aussi la clé de la conception de l'agent d'individualisation de l'activité didactique. Nous empruntons rapidement l'exemple de Burke donné dans l'ouvrage de Rabardel pour donner les éléments identifiés pour concevoir l'agent. Selon Burk: les actions de l'agent sont accomplies en faisant appel à des instruments pour atteindre ses objectifs. Ce modèle permet d'introduire l'architecture de l'agent d'individualisation de l'activité didactique (Chapitre 4).

Ce chapitre est articulé autour de trois points fondamentaux, au départ il expose la démarche de travail adoptée pour la prise en compte de l'aspect rationnel des modèles, on présente également un rapprochement théorique avec l'approche instrumentale. Il montre ensuite le besoin de la micro-conception pédagogique pour exposer l'approche d'analyse proposée pour la conception du troisième niveau d'un EIAH. On finira par l'application de notre approche dans le cadre du projet AMCAL. Il s'agit de détailler les connaissances pluridisciplinaires et de montrer l'émergence de l'activité de conception en se basant sur un exemple d'analyse microscopique de l'activité 'présentation du texte' dans notre cas d'études Amical.

2.1.2 Développement pédagogique de concept théorique

Selon van Der Maren (van Der Maren 2003), le développement pédagogique de concept théorique concerne la démarche par laquelle un penseur propose, un nouvel objet pédagogique déduit et justifié à partir d'une théorie, sans que cet objet n'ait été conçu comme réponse à une demande venant de praticiens. L'auteur donne l'exemple de la thèse de Huot (Huot 1979) qui se base sur la théorie de l'information et la cybernétique¹ pour valider un modèle de communication pédagogique.

Nous rappelons ici que cet exemple comme d'autres (voir théories descriptives et prescriptives de savoir chapitre 1 Section 3) vise plutôt l'application d'un modèle théorique en tenant compte des contraintes provenant de la situation traitée. Les résultats des travaux de Huot montrent que le modèle de la communication déduit de la théorie ne rend pas complètement compte de ce qui se passe dans une classe. L'auteur conclut au fait que ces théories permettent de comprendre le phénomène de la communication mais reste limitées pour construire un modèle répondant à la diversité des situations. Nous essayons de dépasser ces difficultés en exploitant la théorie instrumentale qui a prouvé sa pertinence pour la compréhension du phénomène de l'usage. L'objectif est de construire une composante EIAH, appelé instrument pédagogique, dont la conception se base sur la mobilisation de différents types de compétences des acteurs de conceptions issus de différentes disciplines.

L'approche instrumentale permet de conclure à l'inefficacité des approches qui privilégient la "*rigidification*" *a priori* des propriétés des artefacts. Nous avons vu que la genèse instrumentale met en jeu deux processus, l'*instrumentalisation* et l'*instrumentation*. L'objectif principal de ces processus est une appropriation de l'artefact par le sujet. Plus l'artefact est structurellement et fonctionnellement rigide, plus cette phase d'appropriation est difficile pour le sujet. La démarche suivie par Rabardel,

¹ Le terme cybernétique fut formalisé par Wiener et sera plus tard désigné comme « le champ entier de la théorie de la commande et de la communication, tant dans la machine que dans l'animal ». Il s'agit d'étudier l'information comme objet soumis à des opérations en tant que programme et en tant que médium de régulation. (Bruillard 1997, Page 27)

pour la présentation de la théorie instrumentale, nous semble apporter un point de vue théorique et pragmatique permettant d'aborder efficacement les problèmes. Nous montrons dans ce chapitre que l'approche instrumentale ne doit pas rester isolée sur un plan théorique ou pragmatique, et qu'elle peut être articulée avec des concepts issus de disciplines différentes s'insérant dans une optique rationnelle et technologique.

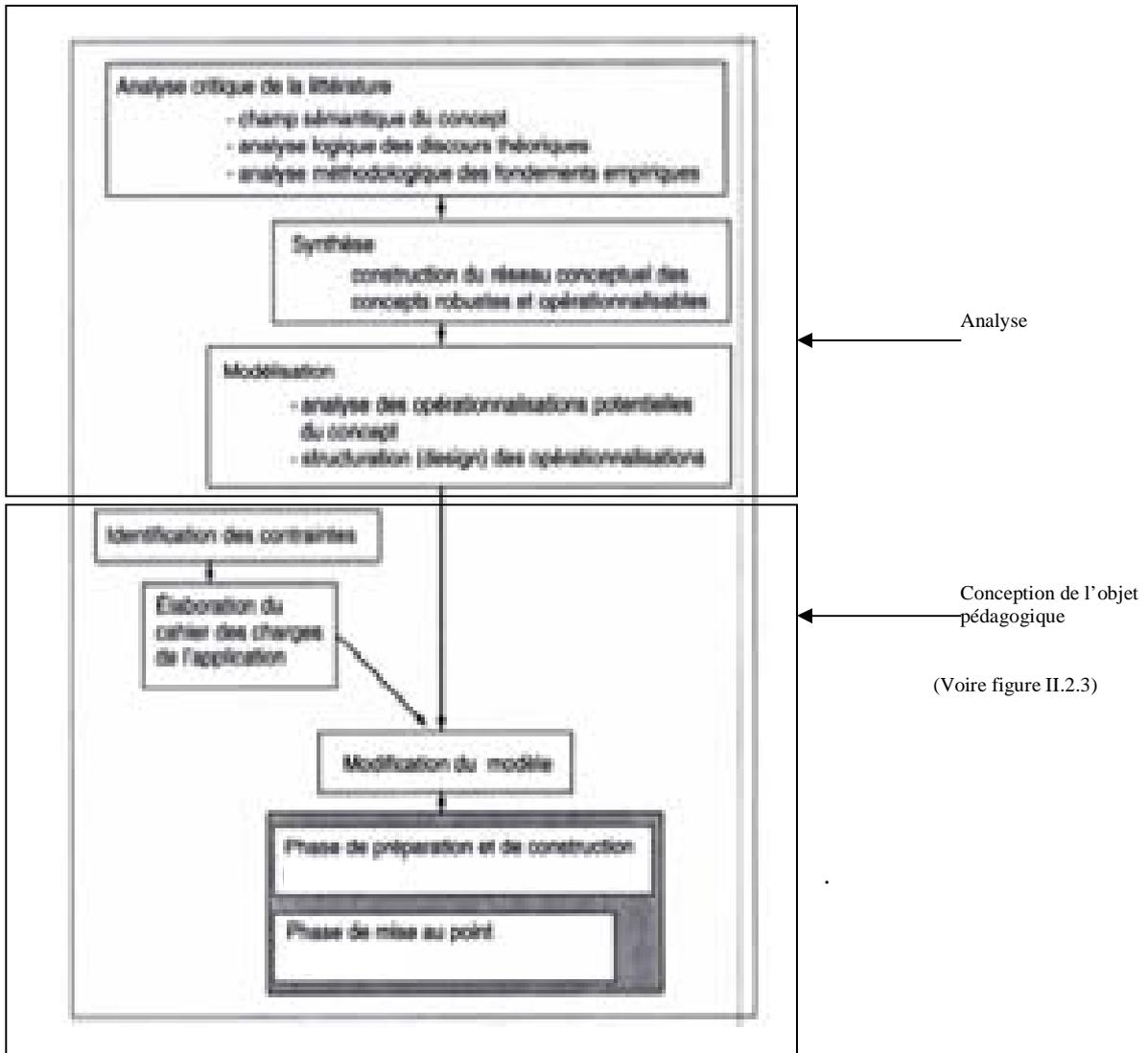


Figure II.1.1 Développement pédagogique de concept théorique (Van Der Maren 2003)

La démarche de notre travail est basée sur la méthodologie proposée par Van Der Maren pour arriver à concevoir un objet pédagogique correspondant à la théorie utilisée. La figure ci-dessus synthétise la méthodologie de recherche. Après une analyse critique de la littérature il faut passer à la construction d'un réseau conceptuel qui doit être utilisé pour l'opérationnalisation de la théorie utilisée. Il s'agit, dans notre cas, de donner la structure de l'instrument et proposer une démarche de modélisation de l'instrument pédagogique constituant la clé de conception de notre système.

L'instrument est attaché aux *Situations d'Activités Instrumentées* (SAI), pour cela sa représentation informatique doit intégrer celle de la situation d'apprentissage. D'un point de vue informatique, les instruments pédagogiques sont représentés comme des composantes structurales de l'objet pédagogique. Ils sont également considérés comme des composantes conceptuelles de l'agent d'individualisation de l'activité didactique. Cette partie est focalisée sur la première étape de conception (analyse). Nous détaillerons dans la deuxième partie l'étape de conception de l'objet pédagogique.

2.1.3 Analyse critique de la littérature

2.1.3.1 Théorie de l'activité et théorie instrumentale

Le concept d'instrument pédagogique qu'on a exploité dans notre conception prend ses racines dans la théorie de l'activité qui faisait l'objet de recherche des années 70 et qui se base sur les premières propositions de Vygotsky (Vygotsky 1978). Il avait proposé un nouveau point de vue se basant sur le triangle artefact, objet, sujet (figure II.1.2) dans lequel des premières réclamations de la médiation par l'outil ont été évoquées. Les recherches ont été reprises d'une autre façon selon les principes de l'approche instrumentale appelée, l'approche psychologique de la formation (Rabardel 1995), dans laquelle Rabardel propose de spécifier l'instrument comme étant construit par l'utilisateur lors de l'interaction. Nous avons montré dans le chapitre I (Section 3) une synthèse critique sur les travaux de Rabardel, on donnera dans ce qui suit un rapprochement théorique de notre façon de spécifier l'instrument pédagogique selon ce qu'on appelle la micro-ingénierie pédagogique

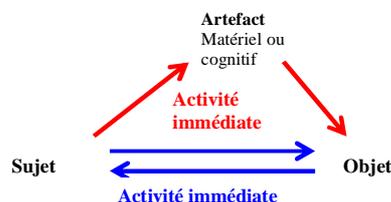


Figure II.1.2 Le triangle Sujet-Artefact-Objet

2.1.3.2 Rapprochement théorique avec l'approche instrumentale

Rabardel définit l'instrument comme une entité mixte, contenant une partie artefact et une partie schème d'usage. En effet, c'est le schème d'usage qui permet au sujet de construire l'instrument à partir de l'artefact. Cet instrument est de caractère dynamique, il résulte d'un processus de construction, imprégnant l'interaction des éléments de l'environnement avec le sujet, mettant en jeu deux processus, l'instrumentalisation et l'instrumentation.

Ajouté à l'ensemble d'interactions directes entre le sujet et l'objet (S-O), le modèle SAI prend en compte les interactions entre le sujet et l'instrument (S-I), les interactions entre l'instrument et l'objet (I-O) et aussi les interactions entre le sujet et l'objet médiatisées par l'instrument (S(i)-O). Il est à noter que chaque élément de ce modèle est lui-même en interaction avec d'autres éléments de l'environnement et soumis à des conditions spécifiques liées à l'activité en train de se réaliser. Nous

essayons donc d'appliquer ce modèle d'analyse dans le cadre d'une micro-conception pédagogique centrée sur la conception d'une composante-EIAH, appelée instrument pédagogique.

Nous annonçons que l'instrument est dit 'instrument pédagogique' s'il y a une intention pédagogique derrière l'utilisation de la partie artefact (voir figure ci dessous). Les entités artefact et mode d'usage sont indissociables dans l'instrument pédagogique qui représente une totalité comprenant à la fois un artefact (ou une fraction d'artefact) et un ou des schèmes d'utilisation prescrit de l'outil.

Les situations de **catachrèse** (l'utilisation d'un instrument à la place d'un autre, voir (chapitre 1 Section 3) sont des cas particuliers qui peuvent être traités par une réingénierie du système. Ce problème doit être traité avec une expérimentation dans un contexte réel pour identifier ce dysfonctionnement. La prise en compte de ces cas particuliers permet d'assurer l'équilibre du système pris dans sa globalité. Il s'agit de l'adjonction de nouveaux schèmes d'usages de l'outil informatique représentant une partie intégrante de l'instrument pédagogique.

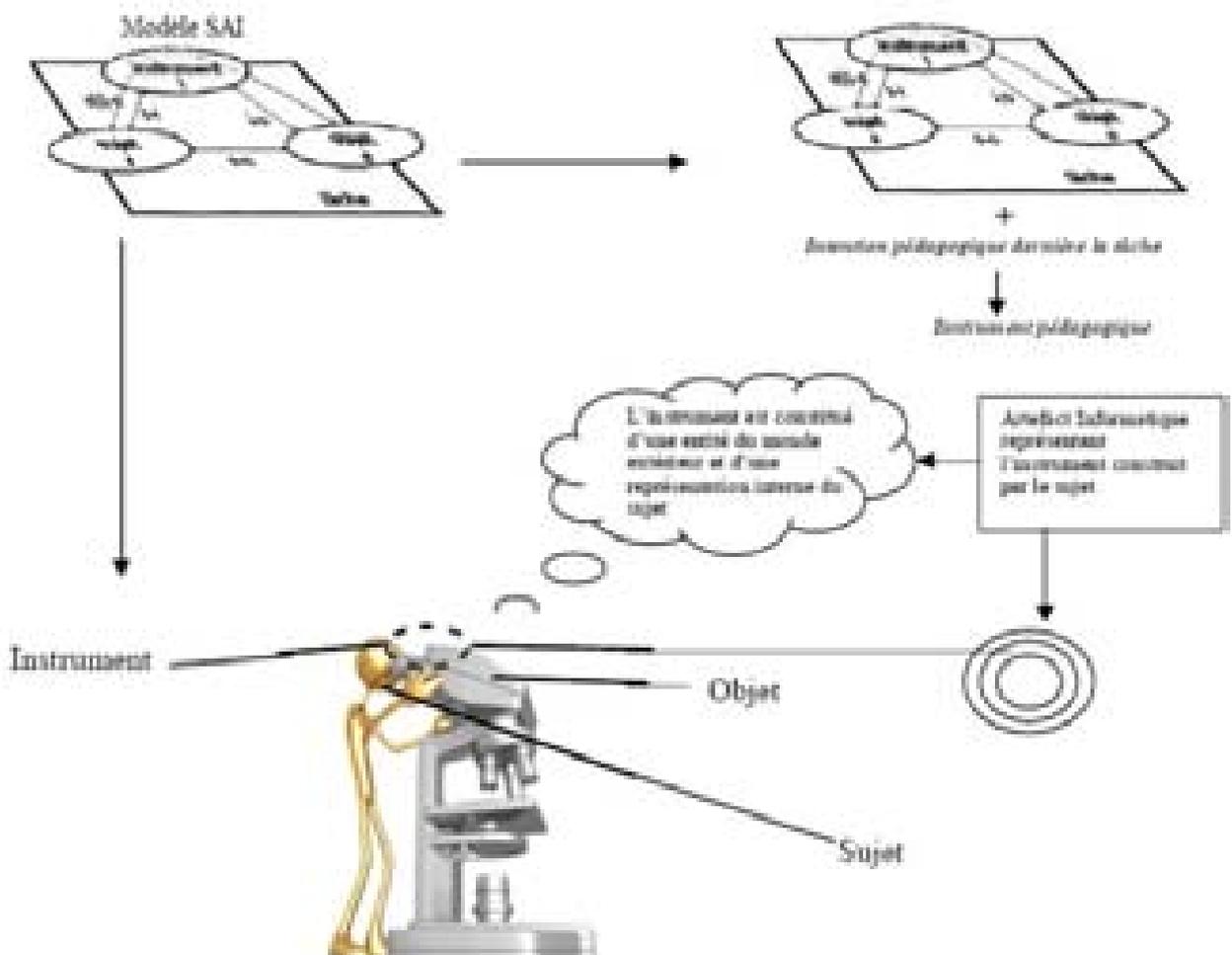


Figure II.1.3 Rapprochement théorique avec l'approche instrumentale

Rabardel distingue clairement dans son ouvrage *la rationalité instrumentale théorique, inscrite originellement dans l'artefact, de la rationalité instrumentale propre du sujet*. De notre point de vue théorique, l'instrument peut être identique à l'artefact si la rationalité instrumentale propre du sujet correspond parfaitement à celle du concepteur, sinon il comporterait uniquement une fraction d'artefact avec un schème d'utilisation, pouvant être non prédictible, du sujet. Nous proposons dans le cadre de nos recherches d'intégrer le schème d'utilisation prescrit de l'outil dans la représentation informatique de l'instrument pédagogique. Cela permet d'explicitier en plus de la rationalité instrumentale du concepteur (le mode de fonctionnement de l'artefact) celle propre du sujet (les structures cognitives et les processus d'apprentissage mis en œuvre lors de l'utilisation de l'artefact).

L'identification des processus d'apprentissage vise à centrer la recherche sur les moyens pouvant favoriser la mise en œuvre de ces processus (voir section 2.1.4). Notons que notre objectif n'est pas de chercher à trouver ces moyens, ce qui reste un travail difficile à réaliser par les chercheurs dans le domaine de la psychologie de développement, mais de montrer les formes de conception pouvant contribuer à la réflexion sur une démarche visant à encadrer les efforts de recherches dans une approche générique de l'individualisation de l'apprentissage basée sur le concept d'instrument pédagogique.

L'instrument pédagogique est défini en fonction de l'apprenant, la tâche et l'objet de l'activité (symbolique ou physique). L'apprenant construit l'instrument à partir d'un objet de l'activité pour réaliser une tâche derrière laquelle se repère une intention didactique. Les objets de l'activité de l'apprenant peuvent correspondre à un artefact technique d'interface (par exemple un compagnon) ou à un artefact symbolique (aide mémorisée). La réalisation d'une tâche, derrière laquelle se repère une intention d'enseignement, par l'apprenant permet d'opérationnaliser les actions du système. Par exemple l'action système correspondant à la mise en œuvre et l'utilisation d'une stratégie de résolution de problème sera opérationnalisée à l'aide d'un instrument construit par l'apprenant à partir d'un objet de son activité. Cet instrument est représenté par un artefact informatique complexe que l'on nomme **Instrument pédagogique**.

Définition : *Un instrument pédagogique est défini comme étant toute entité apte à opérationnaliser une action système pour atteindre une intention d'enseignement. Cette entité représente un outil informatique intégrant une partie artefact (symbolique ou physique) et une partie représentant les schèmes d'utilisation prescrits de l'artefact.*

De notre point de vue théorique, lors de l'utilisation de l'artefact par l'apprenant, le système lance l'exécution de l'instrument pédagogique intégrant cet artefact. Cela veut dire que le système lance aussi les procédures représentant le schème d'utilisation prescrit de l'artefact, correspondant à sa façon d'utilisation en cours. Ce qui fait que des calculs internes par l'agent, qui dispose ces instruments, permettent de savoir quelles sont les connaissances utilisées et les structures cognitives mises en œuvre par l'apprenant lors de son apprentissage.

Cette technique montre comment rendre l'approche instrumentale opérationnelle dans le système informatique pour faire avancer la recherche dans le domaine de la conception des EIAH. L'agent

d'individualisation de l'activité d'apprentissage peut donc intervenir dans un niveau très bas pour la contextualisation des connaissances. En outre, le système sera capable de faire une mise à jour du modèle de l'apprenant en ajoutant toutes les connaissances utilisées par l'apprenant lors du déroulement de l'activité didactique.

En pratique, la prise en compte des schèmes d'utilisation prescrits de l'artefact nécessite tout d'abord de recueillir des corpus de recherches psychologiques et de valider les hypothèses sur les connaissances utilisées effectivement par l'apprenant. Ceci reste difficile à réaliser dans l'état actuel d'avancement de notre projet de recherche. Toutefois, en acceptant l'hypothèse que les schèmes d'utilisation correspondent au scénario prescrit de l'utilisation de l'artefact, cela permet de suivre la technique d'individualisation évoquée précédemment. Donc l'agent calcule tout d'abord l'état de connaissance et l'état cognitif désirés à partir des états initiaux de l'apprenant (voir chapitre 4) pour lancer ensuite, lors de l'utilisation de l'artefact par l'apprenant, l'exécution de l'instrument pédagogique individualisé.

L'agent d'individualisation de l'activité didactique utilise les instruments pédagogiques pour atteindre ses objectifs (l'instrument permet de faire évoluer l'état cognitif et l'état de connaissances, voir chapitre 4 et chapitre 5). Vu l'état actuel d'avancement de nos recherches, nous annonçons que l'opérationnalisation de l'approche instrumentale concerne l'utilisation de ces principaux concepts.

Il nous paraît judicieux de proposer une approche d'analyse théorique focalisée sur la spécification de l'instrument pédagogique et ses micro-composantes. On commence par l'illustration du besoin de la micro-conception pédagogique pour présenter ensuite l'approche d'analyse microscopique de l'activité didactique.

2.1.4 Besoin de la micro-conception pédagogique

La question que nous nous proposons de soulever est de savoir en quoi la micro-conception de l'activité didactique qui est centrée sur l'instrument pédagogique et ses micro-composantes diffère d'une conception classique à l'échelle macro (Aouag 2006a). Kota et Ward (Kota & Ward 1991) définissent trois types de conceptions: les conceptions créative, innovante et routinière. On se trouve à l'heure actuelle dans un cas hybride entre les deux dernières, la conception routinière du type : problème, solution, production, amélioration, est appliquée généralement dans les domaines résolument innovants. Longueville et ses collègues (Longueville & al) distinguent deux types d'innovation pouvant déterminer le type de conception :

- *l'innovation incrémentale*, qui fait évoluer des concepts établis qui s'organisent au sein des phases de conception routinière,
- *l'innovation en rupture*, dont l'objet est la conception de nouveaux produits, par l'apport de nouvelles fonctions ou par l'apport de nouvelles technologies dont le cadre est la conception innovante ou créative.

Notre conception est en phase avec le deuxième type de conception. Dans ce chapitre, nous considérons que la mise en place du processus d'individualisation dans l'activité didactique est le

problème principal à résoudre, ce qui nécessite de se concentrer sur les principes de design pédagogique pour définir une nouvelle ingénierie basée sur la conception du matériel pédagogique.

La modélisation des connaissances dans les processus, les produits et les principes d'opération de la méthode permettent de rendre la démarche d'ingénierie pédagogique visible et structurée de manière organisée (Paquette 2001). L'ingénierie pédagogique joue un rôle indispensable pour mettre en place le processus d'individualisation. Paquette définit l'ingénierie pédagogique comme une méthode grâce à laquelle des concepteurs peuvent construire et maintenir un système d'apprentissage, en s'appuyant sur deux processus principaux : l'extraction de connaissances et l'utilisation des connaissances (voir Chapitre 1, Section IV).

Les principes du design pédagogique concernent la spécification des processus de coordination des acteurs de conception pour concevoir, non seulement la matière primaire pédagogique (contenu) et le matériel pédagogique faisant partie intégrante de l'instrument pédagogique, mais aussi sur les scénarios d'apprentissage. L'idée de base est que la conception du matériel pédagogique est bipolaire, elle se base d'une part sur la spécification de tous les éléments d'adaptation de ce matériel incluant son contenu, sa fonction pédagogique, son interface et son scénario d'utilisation, d'autre part elle prend en compte les différences individuelles et la définition des processus à mettre en œuvre par l'apprenant. Donc, ce matériel doit être conçu tout en prenant en considération les connaissances mises en jeu, la cognition de l'apprenant et ses effets attendus sur le travail mental de l'apprenant.

Selon (Tricot 2003), quand un individu apprend, il met en œuvre certains processus cognitifs dépendant de mécanismes cognitifs complexes, quelques-uns de ces processus sont connus aujourd'hui. Les moyens de favoriser la mise en œuvre de ces processus font l'objet de recherche des théoriciens dans le domaine de l'apprentissage.

" Donc, si l'on sait décrire quels processus vont probablement être mis en œuvre par les individus pour réaliser tel apprentissage dans telle situation, alors on peut raisonnablement espérer trouver dans la littérature psychologique des moyens de favoriser la mise en œuvre de ces processus. "
(Tricot 2003)

Tricot se fonde sur l'idée de l'existence d'**une structure cognitive** qui dépend des expériences et des capacités de chaque apprenant ; il rajoute, en soutenant les travaux de Wenger (Wenger 1987) sur la communication de connaissances, que chacun devrait posséder un mode particulier d'accès et d'interaction avec la connaissance. L'approche microscopique de conception de l'activité didactique tient compte de ces éléments qui doivent être modélisés et utilisés pour l'individualisation de l'apprentissage.

2.1.5 Approche d'analyse microscopique de l'activité didactique

L'approche microscopique de la conception des EIAH présente un avantage majeur pour l'adjonction d'un méta-modèle de l'activité didactique (Partie 2 de ce chapitre) et d'une infrastructure pour la génération et la gestion des changements du modèle conceptuel propre à l'agent d'individualisation de l'activité d'apprentissage (chapitre 4). Ce modèle va supporter des connaissances à l'échelle

microscopique ayant une relation tant avec les instruments construits à partir des objets physiques présentés dans la situation d'apprentissage qu'avec des instruments construits à partir des objets symboliques de l'activité de l'apprenant. La nature de ces instruments révèle la complexité du dynamisme de déroulement de l'activité didactique et montre le besoin de la collaboration des acteurs de conception pour la rénovation pédagogique. On peut considérer les connaissances à modéliser dans le système comme des molécules constituant les instruments pédagogiques. Ces réflexions offrent un contexte de travail de conception dans le cadre des EIAH, afin de fournir un environnement qui intègre et articule l'utilisation de ces instruments et les connaissances, dans le système informatique, tout en suivant une méthode de conception à l'échelle micro.

Le problème posé dans le cadre de la conception des EIAH est que les connaissances sont très pluridisciplinaires à travers des domaines très vastes touchés: cognition, linguistique, psychologie, ... Une seule personne ne peut avoir ces connaissances précises dans tous les domaines. Surtout elle ne peut maîtriser tous les processus d'acquisition de connaissance par l'apprenant en respectant ses favoris (*son style d'apprentissage*).

2.1.5.1 Les différents acteurs du processus de conception

Les compétences à posséder afin d'avoir un regard d'ensemble aussi bien que proche de l'intégration des nouvelles technologies dans les EIAH sont trop vastes et variées pour être détenues par une seule personne, le concepteur. L'enjeu est dans la distribution et la collaboration. Les différents acteurs qui composent l'équipe de conception sont les suivants :

- Le concepteur informaticien : il définit les caractéristiques générales des micro-composantes de l'instrument pédagogique, son rôle est de spécifier les coquilles vides pour les autres spécialistes. C'est lui qui partage toutes les tâches avec les autres éléments de l'équipe pour intégrer les différentes spécifications du cahier des charges partagé.

- Le spécialiste du domaine d'apprentissage: on fait la différence entre le spécialiste du domaine de l'apprentissage qui se fonde sur les aspects théoriques de son domaine et le spécialiste de l'apprentissage qui est le praticien. Par exemple dans le cadre de notre étude le spécialiste du domaine de l'apprentissage est le linguiste qui peut faire aussi l'analyse selon différents domaines (sémantique, psycholinguistique,...). Le rôle du spécialiste du domaine de l'apprentissage est de spécifier les objets de connaissances du domaine de l'apprentissage. Dans le cas de l'apprentissage de la lecture, ceci peut avoir une relation avec les objets de connaissances de la lecture (textes, phrases, mots, lettres...). Cet acteur collabore avec les autres éléments de l'équipe de conception pour spécifier les apports des objets de connaissances pour la définition d'un cahier de charges précis et pour un bon éclairage.

- Les spécialistes de l'apprentissage : (experts du domaine) se sont les enseignants qui sont en contact avec la réalité (les apprenants), ils proposent les variantes et les règles associées à chaque session d'apprentissage. Ils renvoient à l'équipe de conception des rapports contenant une multiplicité de choix dépendant des situations ciblées. Leurs connaissances recueillies en collaboration avec le cognicien forment l'essence d'un système d'apprentissage : c'est le savoir-faire de l'enseignant, c'est-à-dire les stratégies dont il dispose et les règles lui permettant de les déterminer, lesquelles semblent appropriées

dans la situation d'apprentissage en question. Ce savoir-faire concerne la planification des sessions didactiques (choisir le contenu et les stratégies de présentation), le diagnostic des réponses fournies par l'apprenant (diagnostic-remédiation et aide à la décision), les principales méthodes d'évaluation. Chacun de ces points oriente vers un domaine spécialisé et complexe, ceci démontrant l'importance d'avoir plusieurs points de vue des spécialistes du domaine pour avoir une diversité d'expertises.

- Le cogniticien : Il y a donc beaucoup de communication entre les différents acteurs de conception, le cogniticien et l'expert du domaine même si celui-ci dans certains cas pourrait se charger lui-même du cahier des charges final. Les systèmes les plus récents s'attachent habituellement à une théorie pédagogique pour guider leur agissement, quoi que parfois non explicitement ; certains auteurs proposent que le système ait accès à plus d'une théorie afin de pouvoir passer de l'une à l'autre selon les réactions de l'apprenant (qualité de son apprentissage) ou le type de contenu à présenter (Frasson 1998). Sur cette voie, le rôle de cogniticien consiste à spécifier les relations entre modèles théoriques et pratiques données par les spécialistes du domaine. D'une façon plus claire, son rôle est de définir les variables, les domaines d'appartenance selon les contraintes fixées en collaboration avec l'expert du domaine et l'assurance d'une flexibilité permettant la réutilisation des artefacts de l'activité didactique. Ces artefacts servent de moyens permettant d'anticiper et d'assurer un bon déroulement des situations d'apprentissage.

L'ergonome : Nous distinguerons alors les points de vue de l'ergonome généraliste et ceux de l'ergonome cogniticien (Hoc 1998). Cette articulation devrait permettre une meilleure compréhension des manifestations des variabilités de l'activité didactique et de leurs effets sur le processus de conception. La collaboration avec les autres acteurs de conception permet l'identification, à un niveau plus microscopique, des connaissances et stratégies individuelles mises en œuvre par les apprenants dans les situations d'apprentissage.

- Enfin l'ingénieur ontologique existe-t-il ? Est-ce un gestionnaire des connaissances de projets ? Dans tous les cas il doit avoir des connaissances vastes et tout de même d'une technicité élevée afin d'être en mesure de dialoguer et de gérer les communications entre tous les intervenants.

Dans la mesure où on se situe encore beaucoup dans le domaine de la recherche, de nombreux acteurs du processus de conception peuvent jouer plusieurs rôles à la fois. La structure de l'équipe n'est pas fondamentalement différente lors d'une conception à cette échelle, et l'objectif reste toujours commun pour mettre en place le processus d'individualisation. Il faut se concentrer sur :

- l'identification des connaissances utilisées effectivement par l'apprenant,
- la traduction des résultats recueillis en termes d'efficacité des techniques utilisées,
- des réflexions sur les modèles de conception, afin que les besoins des apprenants soient satisfaits selon les différences individuelles pour gérer la motivation de l'apprenant (des situations d'anxiété issues d'une logique difficile d'utilisation de l'interface, ...).

La spécification des rôles de chaque acteur de conception n'est certainement pas l'objectif final de l'informaticien qui se charge de la conception des composantes-EIAH. L'intégration des fonctionnalités de ces composantes dans l'activité didactique nécessite différents types de compétences,

l'enjeu est de partager et réassembler les rôles de chaque élément de l'équipe de conception ; la communication entre les différents spécialistes et la répartition rapide des connaissances sont les éléments essentiels d'une conception. Ces composantes doivent être accessibles par chaque acteur de conception pour concevoir des modèles théoriques et pratiques permettant l'avancement de toute l'équipe de conception.

Notre but est bien de se placer dans un niveau de conception de haut niveau, dans une perspective de recherche pluridisciplinaire pouvant établir un cadre de référence pour caractériser les différentes connaissances utiles dans le système. Ce cadre de référence présente des modèles hétérogènes (contenu, didactique, cognitif, interface) pouvant servir de base à une approche globale et générique de l'individualisation de l'apprentissage.

2.1.5.2 Analyse des opérationnalisations potentielles de concept de l'instrument

Nous proposons un nouveau point de vue qui appartient à un nouveau courant centré sur l'instrument pédagogique; nous déclarons que la clé d'un environnement d'apprentissage est constituée de l'ensemble des instruments pédagogiques conçus par l'équipe de conception. Rob Koper de l'Open University of the Netherlands propose un point de vue qui considère les activités comme constituants de la clé d'un environnement d'apprentissage et non les objets de connaissances (Koper 2000). Il propose de décrire les situations d'apprentissage à l'aide de langages de modélisation pédagogique et a proposé en 2001 une première version du langage EML, *Educational Modelling Language(EML)*. Un langage de modélisation pédagogique permet non seulement de décrire les situations d'apprentissage, mais également les interactions entre les différents acteurs de la situation. La spécification IMS Learning Design (IMS LD), fondées sur les travaux Rob Koper, concentre aujourd'hui l'essentiel des travaux de recherche dans le domaine. IMS LD fournit un cadre conceptuel de modélisation d'une unité d'apprentissage dans lequel le scénario de l'unité d'apprentissage repose sur une métaphore théâtrale (chapitre1, Section 4). Ce choix répond certes aux exigences technologiques, mais le problème d'exigences pédagogiques persiste. Donc il faut assurer la collaboration des acteurs de l'apprentissage pour fonder les modèles de conception sur des considérations théoriques et pratiques issues d'autres disciplines.

Notre méthode de travail montre la forme d'implication de différentes disciplines dans la recherche en développement pédagogique de concept théorique. L'objet pédagogique que l'on propose répond à la fois aux exigences aux exigences théoriques ou rationnelles et techniques (voir partie 2 de ce chapitre). Pour répondre aux exigences théoriques, nos travaux se concentrent particulièrement sur la conception de l'instrument pédagogique. Nous centrons les recherches sur sa nature, sa structure, les connaissances mises en jeu et la forme de représentation de ce dernier. L'instrument qui est de nature bipolaire nécessite une alternative de modélisation, tantôt une modélisation des artefacts de l'activité (structure de l'instrument), tantôt une modélisation des processus à mettre en œuvre par l'apprenant (le dynamisme de l'instrument).

2.1.5.3 Structure de l'instrument pédagogique

L'instrument pédagogique est structuré en couches (Figure II.1.4), le noyau de l'instrument représente les intentions pédagogiques ou les intentions préalables concernant l'utilisation de la partie artefact. En général, le noyau de l'instrument est considéré, selon nous, comme la fonction pédagogique définie par l'équipe de conception.

La deuxième couche représente les objets de connaissances que l'apprenant utilise lors de déroulement de l'activité didactique. La conception des objets de connaissances de domaine est à la charge du théoricien du domaine de l'apprentissage qui donne les fonctionnalités et les caractéristiques détaillées de chaque objet de connaissances. La dernière couche concerne l'interface de l'instrument.

Il est évident que les artefacts symboliques associés aux instruments pédagogiques n'ont pas de représentation d'interface technique. Mais leurs interfaces font partie des représentations internes du sujet, associées à ses schèmes d'utilisation. Les stimuli sont de deux différentes natures ceux qui sont considérés comme des facteurs déclenchant une réaction psychologique (présenté dans les artefacts symboliques). Cette réaction est en relation directe avec l'émotion de l'apprenant, par exemple dans une situation de catachrèse (aide mémorisée et mal utilisée peut faire entraîner des réactions de frustration...). Le deuxième type de stimulus, qui correspond à l'artefact technique d'interface, est celui qui déclenche des réactions physiologiques (visuel, auditif, kinesthésique). Nous donnerons plus de détails dans les sections suivantes.

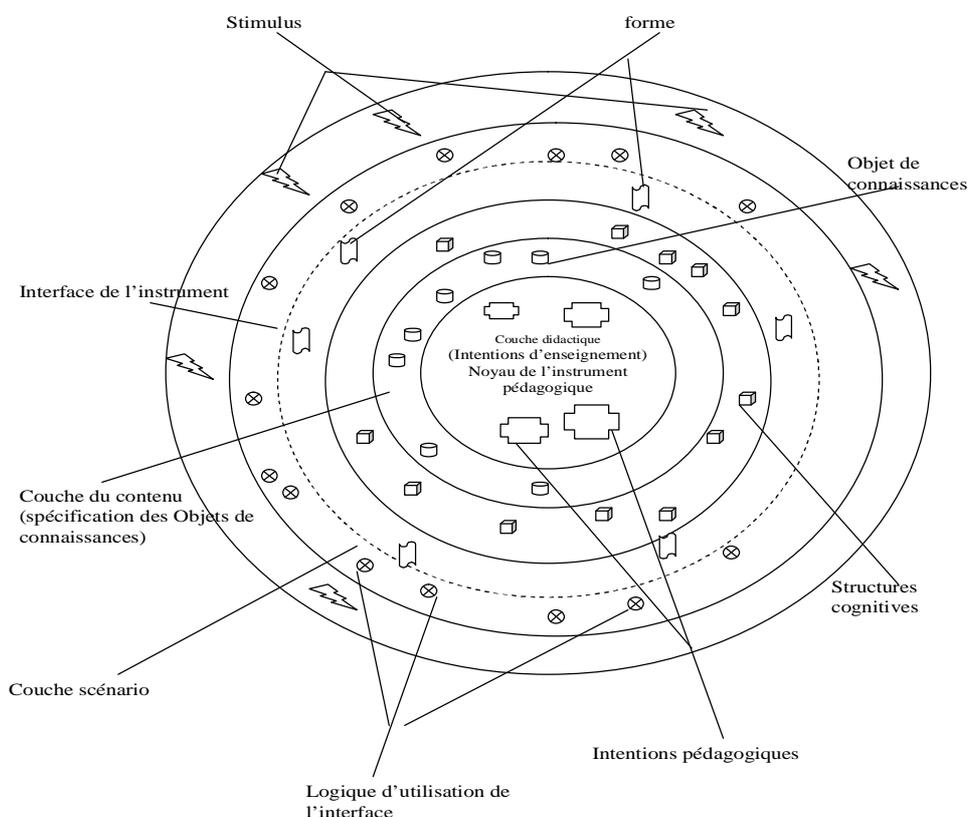


Figure II.1.4 Structure de l'instrument pédagogique

L'instrument pédagogique est caractérisé par cinq critères:

- Fonction pédagogique : elle correspond à une intention pédagogique et doit avoir un format particulier pour sa représentation informatique. Ces intentions sont représentées dans notre système sous la forme de doublet <Action,Connaissance> ou triplet <Action,Statut, Connaissance >;
- Scénario d'utilisation : il représente le schème d'utilisation prescrit de l'outil. Il correspond au mode et au moment d'intervention de l'artefact pendant le déroulement de l'activité didactique. Il peut avoir comme paramètres (cycle de vie, nombre d'essais, interaction avec d'autres constituants (proposition de l'aide...)) ;
- Forme : elle concerne la représentation de la partie artefact de l'instrument. Cet artefact peut avoir une forme physique : bouton, champ du texte, mot, lettre, image, couleurs, dimensions spatiales...); ou symbolique : objets abstraits utilisés par l'apprenant (aide mémorisée) ;
- Fond : c'est le contenu (texte, message de la consigne ...);
- Effets attendus : ils concernent les structures cognitives mises en œuvre par l'apprenant et également ses effets sur son état de connaissance et son état cognitif.

L'approche de développement que l'on vient de proposer semble utile et avantageuse. Cette approche nous facilite la tâche d'individualisation de l'activité didactique et permet d'explicitier les éléments qui contribuent à l'instanciation des différents types de paramètres d'individualisation de l'activité didactique (Chapitre 3).

2.1.5.4 Classes d'analyse de l'instrument pédagogique

Pour améliorer le modèle conceptuel, de l'instrument pédagogique nous devons identifier les classes d'analyse qui vont participer à l'accomplissement d'une tâche pédagogique. Ces classes seront de trois types : - instrument didactique; instrument cognitif et instrument technique d'interface.

2.1.5.4.1 Instrument didactique

Marquet (Marquet 2005) évoque l'idée de conflit instrumental qui désigne *les conséquences d'une interférence qui pourrait survenir entre un ou plusieurs artefacts en jeu dans la situation*. Cette inférence provient du fait que *les artefacts didactiques, présentés par des artefacts pédagogiques sont accessibles par des artefacts techniques aux multiples fonctionnalités, qui à leur tour nécessitent une appropriation convenable*.

Dans (Marquet & Leroy 2004), les auteurs distinguent l'artefact didactique qui désigne un *objet disciplinaire enseigné*, de l'artefact pédagogique désignant *l'objet médiateur du savoir*. Les artefacts pédagogiques sont les scénarios et les formalismes par lesquels ils sont présentés. Ces artefacts ont le

statut d'instrument pendant l'utilisation soit par l'apprenant ou l'enseignant. L'instrument didactique se situe entre l'instrument pédagogique et l'instrument technique (voir la figure II.1.5).

Les auteurs donnent l'exemple d'un logiciel d'entraînement à l'addition pour l'école élémentaire comme un instrument pédagogique qui peut renforcer l'algorithme de l'addition posée en colonne, qui représente l'instrument didactique.

La figure II.1.5 montre les niveaux d'emboîtement de l'instrument. Chaque intervention du dispositif technique en tant qu'instrument technique, il se double ou se triple d'instruments pédagogiques et didactiques à plusieurs niveaux, qui font l'objet d'instrumentalisations et d'instrumentations propres à chaque apprenant.

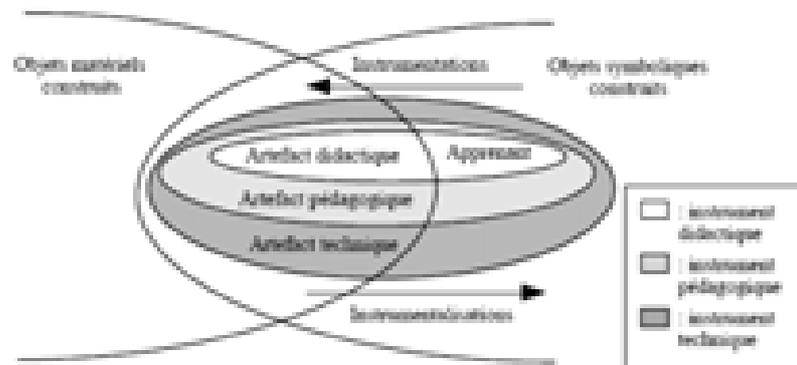


Figure II.1.5 Niveaux d'emboîtement de l'instrument (Marquet 2005)

Dans notre cas d'étude l'artefact didactique tel qu'il est défini par Marquet représente le contenu de l'instrument pédagogique que l'on propose. Un instrument didactique, pour nous, est un méta-instrument qui permet à l'apprenant la résolution du problème. La table de multiplication qui a été considérée par l'auteur comme artefact didactique associé à l'instrument didactique, représente en réalité, dans notre cas, un artefact didactique associé à un méta-instrument. Cet artefact est utilisé pour la résolution du problème et fait l'objet d'instrumentalisations et d'instrumentations propres à chaque apprenant.

Un instrument didactique est un méta-instrument construit par le sujet à partir d'un artefact didactique. La consigne est un exemple concret d'un artefact didactique. L'utilisation de cet artefact par l'apprenant lui permet de construire ses instruments à partir des objets présentés dans l'activité. Le contenu de l'instrument didactique consigne est le message lui-même qui doit être préparé par les spécialiste du domaine de l'apprentissage. On appelle instrument didactique tout méta-instrument intégrant un artefact didactique utilisé par l'apprenant pour la résolution du problème.

L'instrument didactique favorise la mise en œuvre des stratégies d'enseignement. L'exemple de l'artefact didactique d'aide qui n'intervient qu'après un certain nombre d'erreurs de l'apprenant

soutient l'idée des travaux concernant l'expertise d'explication des "bons profs" (Carriere et al. 1990). Des didacticiens des mathématiques consultés sur ce projet ont répondu sous forme de boutade que pour eux un "bon prof est celui qui sait se taire". Donc il s'agit d'un rôle didactique pouvant viser des compétences de natures différentes (le mode d'intervention de l'artefact didactique 'aide' laissé à l'initiative de l'élève peut faire évoluer ses compétences métacognitives). Nous rappelons que les stratégies d'apprentissage utilisées par l'apprenant doivent être préconisées par les intentions d'enseignement constituant le noyau de l'instrument pédagogique.

2.1.5.4.2 Instrument cognitif

En se basant sur les travaux de Norman (1992) et (Rogalski et Samurcay 1993) sur les artefacts cognitifs, Rabardel distingue l'outil cognitif de l'instrument psychologique de vygotsky

Il ne s'agit donc pas, comme pour les instruments psychologiques de Vygotsky, d'instruments utilisés par le sujet pour se gérer lui-même, mais d'outils orientés vers une connaissance (le plus souvent anticipatrice) des objets de la réalité, externes au sujet, et vers lesquels son activité (diagnostique, décisionnelle, transformatrice...) est orientée.

Considérant la théorie de la cognition distribuée (Hutchins, 2000), nous pouvons affirmer que l'artefact cognitif permet de dépasser l'action humaine en offrant des possibilités d'amplifier ses habiletés

"The notion that cognitive artifacts amplify the cognition of the artifact user is fairly commonplace. If one focuses on the products of cognitive activity, cognitive artifacts do seem to amplify human abilities. "

L'apprenant, en se servant d'un outil, peut réaliser plus facilement des actions (par exemple, prendre en note des informations à l'aide d'un crayon), ce qui est considéré comme une amplification de ses habiletés.

Donc, quand on parle des caractéristiques cognitives de l'instrument, on désigne l'instrument qui associe un artefact cognitif incorporant le mode d'interaction de l'apprenant avec les connaissances. Nous définissons un artefact cognitif comme tout objet abstrait (ayant une existence symbolique) utilisé par l'apprenant pour interagir avec les connaissances. L'instrument cognitif est une classe d'instruments pédagogiques construits à partir d'artefacts cognitifs qui contribuent à la réalisation de la tâche. L'instrument d'aide mémorisée est un exemple concret d'instrument cognitif construit lors de déroulement de l'activité didactique. L'aide mémorisée contient la partie artefact qui est une représentation interne de l'aide et la partie schème d'utilisation qui est propre au sujet qui lui permet d'utiliser l'aide pour interagir avec les connaissances. Nous donnerons dans les sections suivantes d'autres exemples d'instruments cognitifs. Nous soulignons que la conception des instruments cognitifs, tels qu'on les définit, reste très difficile, ainsi leurs utilisations par le concepteur de l'agent nécessitent la validation des propositions théoriques par des expérimentations en contexte réel.

2.1.5.4.3 L'instrument technique d'interface

Cinq types de logique sont associés à l'artefact (chapitre 1 section3), logiques : de construction, de fonctionnement, d'utilisation et d'évolution, en rajoutant la logique de conception. Donc le concepteur ergonomiste doit prendre en considération la difficulté de la logique d'utilisation, pour cela il faut assurer une logique de fonctionnement prenant en considération cette difficulté. Entre la logique d'utilisation de l'artefact désignée par Gonod (Chapitre I section III) et la logique de fonctionnement de l'outil, les schèmes d'usage vont se coordonner, mais aussi s'assimiler et s'accommoder mutuellement pour former d'autres schèmes, correspondant aux schèmes d'action instrumentée. De notre point de vue, la représentation des schèmes d'utilisation prescrits de l'outil nécessite non pas de se baser uniquement sur les propriétés intrinsèques des schèmes d'action instrumentée mais plutôt sur leurs rôles par rapport à la façon d'accomplir la tâche par le sujet. Par exemple, laisser le moment d'intervention d'un artefact technique à l'initiative du système ou à l'initiative de l'apprenant sont des propriétés de ce dernier. Il reste à savoir comment va être utilisé cet artefact par l'apprenant pour l'accomplissement de la tâche. Il s'agit de représenter l'interface de l'artefact et ses différents scénarios d'utilisation correspondant aux schèmes d'utilisation prescrits de l'outil. Chaque façon d'utiliser de l'artefact technique permet l'accomplissement d'une tâche différente.

Selon Linard (Linard 2002), *l'instrumentation technique est d'abord un choix pédagogique*. Le choix de l'interface de l'instrument joue un rôle primordial d'un point de vue pédagogique, cela peut avoir une relation tant avec la facilité d'utilisation de l'artefact technique que avec la correspondance de l'interface aux préférences de l'apprenant. Donc l'adaptation de l'interface à l'apprenant joue un rôle important pour sa motivation (par exemple choisir le compagnon, voir chapitre 1 section 1). Nous donnerons dans le chapitre suivant un exemple de modélisation d'instrument d'aide et nous montrerons les différents éléments pouvant contribuer à la conception de ce dernier.

L'instrument technique d'interface est entouré par les différents types de stimuli (auditif, visuel et kinesthésique). L'artefact technique associé à l'instrument doit être adapté selon le style de l'apprentissage de chaque apprenant. On rappelle ici les principes de *Swassing-Barbe Perceptual Modality Instrument* de Barbe, Swassing et Milone (1979, 1988) qui ont considéré que le style auditif se caractérise par une meilleure mémoire en utilisant l'audition, le style visuel en utilisant la vision et le kinesthésique en utilisant le toucher (chapitre 1 Section1). Ces stimuli peuvent avoir plusieurs formes de représentations. Les différentes façons d'utiliser un artefact technique associé à l'instrument dépendent de sa forme (fichier son à activer, un bouton cliquable seulement pendant des moments particuliers (cliquage sur le bouton après la lecture de texte)...).

Après avoir présenté les classes d'analyse de l'instrument pédagogique, nous évoquons dans ce qui suit notre démarche de conception de l'instrument pédagogique qui tient compte de ses différentes formes (didactique, interface, cognitive). La modélisation des différentes classes d'instruments pédagogiques nécessite de commencer par l'identification d'éléments pouvant appartenir à des modèles hétérogènes (didactique, interface, cognitives, contenu); on parle donc de la multi-modélisation de l'instrument pédagogique qui fait appel à des compétences pluridisciplinaires pour la spécification de ses éléments d'individualisation.

2.1.5.5 Démarche de conception de l'instrument pédagogique

Nous soulignons que l'instrument comme on le présente est une entité dynamique, donc il ne peut nullement être considéré comme une entité strictement définie. Il constitue un système ouvert qui doit être conçu par l'équipe de conception. La conception de l'instrument nécessite la spécification de quatre modèles devant tenir compte de l'émergence de l'instrument (contenu, didactique, cognitif, interface), voir figure II.1.6.

Ces modèles sont de natures différentes et nécessitent la collaboration de l'équipe de conception pour la spécification des éléments de granularité très bas, c'est-à-dire donner le plus de détail possible de chaque modèle de conception. Notre objectif est d'identifier la nature des éléments d'individualisation intervenant à ce niveau pour l'accomplissement des tâches de l'apprenant. Une réflexion approfondie sur les relations entre les objets modélisés est requise pour la connexion de ces modèles.

L'unité d'analyse choisie est celle de l'instrument pédagogique qui peut prendre plusieurs formes (instrument cognitif, instrument didactique, instrument technique d'interface). Il peut avoir un rôle cognitif par rapport à l'apprenant, il s'agit de l'instrument construit à partir des objets abstraits de l'activité de l'apprenant. Donc, quand on parle des caractéristiques cognitives de l'instrument, on désigne un instrument cognitif associé à un modèle spécifiant le mode d'interaction de l'apprenant avec les connaissances représentées par l'artefact cognitif associé à cet instrument. Le modèle mental des objets de connaissances fait l'objet de nombreux travaux de recherche (voir chapitre I section3) (Merrill & al 1993), (Merrill 2000).

Dans notre conception actuelle de l'activité didactique où les connaissances et les modèles sont émergents, on doit spécifier tous les modèles attachés à l'instrument avec les différentes contraintes associées. Le modèle didactique contient toutes les actions d'enseignement sur les différents types de connaissances de l'activité didactique. Il comprend aussi les facteurs pédagogiques associés à chaque tâche de l'apprenant et l'ensemble des stratégies d'enseignement permettant d'activer certains mécanismes cognitifs par l'apprenant, par exemple l'action d'enseignement (mettre en évidence, texte objet écrit: linéarité gauche-droite, haut-bas) est associée à la logique d'utilisation de l'artefact décrite dans le modèle cognitif du champ du texte (Linéarité gauche droite ; Haut bas). Il est à noter que l'instrument pédagogique 'champ du texte' est considéré comme une entité système apte à opérationnaliser cette action d'enseignement. Les différentes utilisations de l'artefact associé à cet instrument peuvent correspondre à d'autres actions d'enseignement par exemple : lecture mot par mot, (mettre en présence, correspondance mot écrit-mot oral), lecture phrase par phrase (mettre en présence, correspondance chaîne écrite-chaîne orale), voir chapitre 3 pour plus de détails.

Le modèle didactique doit contenir également la nature des aides (proposée ; imposée) selon les capacités métacognitives décrites dans le modèle cognitif ; le nombre d'essais est associé aux contraintes liées aux conditions définies par l'expert de domaine, qui doivent être représentées comme des connaissances contextuelles de l'agent dans le système informatique.

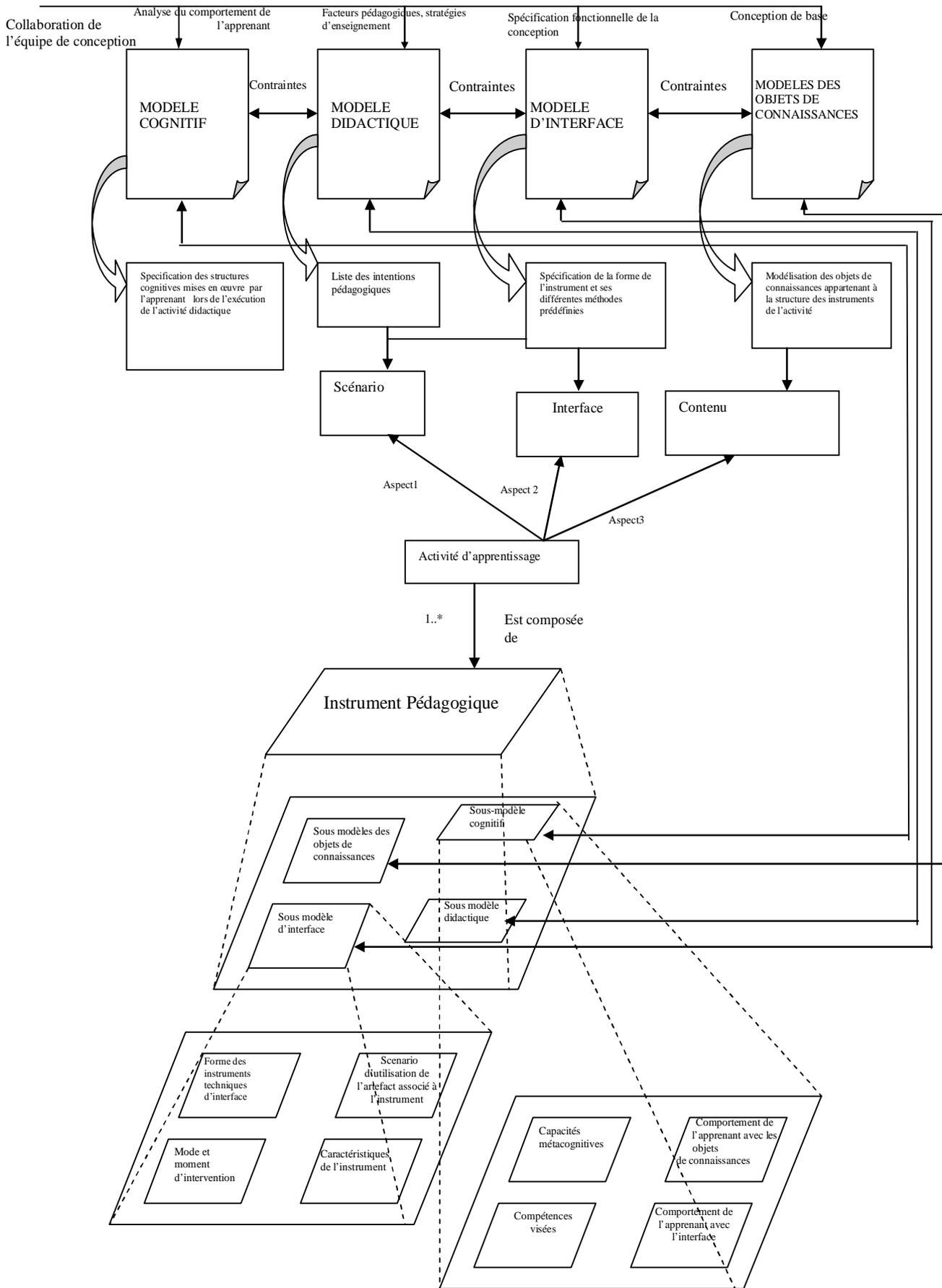


Figure II.1.6 Multi-modélisation de l'instrument pédagogique

La couche d'interface représente l'aspect technique de l'instrument dans laquelle on montre le rôle de l'instrument comme support de connaissances, de verbalisation de connaissances et un artefact technique incluant les éléments de l'adaptation de ce dernier. On distingue les constituants variants et constituants invariants de l'interface de la situation didactique. Les constituants invariants (fixes) sont définis par le concepteur de la situation didactique, ils sont souvent considérés comme des artefacts constituant l'interface de l'activité de l'apprentissage. Les constituants d'individualisation de l'activité didactique ont une structure de connaissances susceptible de varier selon les variables de décision que l'agent utilise en se basant sur un principe de rationalité (voir chapitre 3). On détaillera avec des exemples dans la section suivante les différentes utilisations de ces modèles en se basant sur l'activité 'Présentation du Texte'.

2.1.6 Application de l'approche microscopique de conception dans le cadre du projet AMICAL

2.1.6.1 L'activité didactique dans Amical

On utilise souvent le terme 'Situation Didactique -SD ' désignant l'activité de l'apprenant dans le cadre du projet AMICAL. Une situation d'enseignement-apprentissage est une entité multifacettes complexe (Chambreuil & al 2000). Selon une de ces facettes, une situation didactique est une unité d'action (au sens où elle correspond à la plus petite action à la fois isolable et significative) dont le système dispose, par rapport à l'objectif qu'il cherche à atteindre et par rapport à l'élève. Pour le concepteur de l'agent gestionnaire de la planification didactique, une SD est une unité d'action. Elle est considérée comme une configuration optimale de couples et triplets (Action ; Connaissance), (Action ; Statut ; Connaissance). On distingue dans le cas d'AMICAL les Situations Didactiques Types (SDTs) et les Situations Didactiques Individualisées (SDIs). Après que la SDT ait été retenue dans un plan didactique, l'agent d'individualisation attaché à l'activité didactique devra déterminer quels éléments de cet ensemble (et sous quelles formes parmi les formes possibles) seront associés (introduits) dans la SDT pour en faire une situation didactique particulière adaptée à un élève particulier et qui sera effectivement exécutée dans un atelier didactique². C'est une telle situation effectivement exécutée qui sera appelée « Situation Didactique Individualisée».

La représentation de l'activité didactique utilisée depuis les premiers travaux de recherche pour mettre en place le processus d'individualisation s'est centrée plus sur le contenu que sur les deux autres aspects de la situation d'apprentissage (interface et scénario). On peut uniquement individualiser le contenu après avoir défini les actions locales de chaque activité didactique. Il faut donc différencier entre les paramètres d'individualisation des trois aspects de l'activité d'apprentissage (contenu, interface et scénario).

Notre analyse nous conduit à nous interroger sur la nature des constituants de l'activité didactique afin de parvenir à une représentation explicite de ses éléments d'interface de contenu et ceux en relation avec le scénario de déroulement. L'enjeu est donc de définir tout d'abord les dimensions de variation structurelles de ces constituants pour les approprier selon les profils d'apprenants. Chaque dimension

² Il s'agit de prendre en considération l'ensemble des interactions entre l'apprenant et l'activité lors de déroulement de cette dernière

de variation est associée à un modèle décrivant les variables et leurs domaines de variation (chapitre 3). Les modèles qui doivent être créés pour l'identification des variables situationnelle et inter-individuelle (contenu, interface, cognitif, didactique) permettent d'enrichir la structure de l'instrument par les différents éléments d'individualisation.

La structure de l'instrument (figure II.1.4), résultant de l'approche d'analyse de l'activité didactique proposée, montre une représentation des constituants variants de l'activité didactique. Ils doivent avoir une représentation explicitant leurs effets (attendus et observés), pas uniquement sur l'état des connaissances de l'apprenant, mais également par rapport à son état cognitif, tout en suivant un processus appelé le processus d'instrumentation de l'apprenant. Cela permet au concepteur de l'agent de représenter toutes les connaissances qui contribuent effectivement à l'individualisation de l'activité didactique.

Nous proposons dans notre conception de l'instrument pédagogique d'intégrer dans sa structurer toutes les variables situationnelles exploitées en fonction du modèle de l'apprenant et également les variables inter-individuelles utilisées par l'agent selon les différences individuelles (style d'apprentissage, préférences, stratégies d'apprentissage) (Chapitre I, Section1). Il faut pouvoir individualiser le contenu, l'interface et le scénario d'utilisation de l'artefact associé à l'instrument. Chaque individualisation est en relation avec les modèles définis sur l'instrument pédagogique. Nous nous sommes basés sur l'exemple de l'activité présentation de texte pour appliquer l'approche d'analyse proposée dans le cadre du projet AMICAL. Nous commençons par montrer le modèle des objets de connaissances à utiliser dans le système et les différents éléments qui interviennent pour l'individualisation de l'activité didactique.

2.1.6.2 Instrument pédagogique et Objet de connaissances

La notion de l'instrument constitue la clé de conception de l'architecture agent-objet-pédagogique que l'on propose. Les agents d'individualisation, attachés aux objets pédagogiques (voir Chapitre 4), disposent différents types de connaissances liées à la complexité du dynamisme de l'activité didactique. De ce fait, le concepteur de l'agent doit intégrer les connaissances en relation avec le travail mental de l'apprenant pour pouvoir identifier les effets attendus de l'activité didactique. Tout d'abord une représentation détaillée des objets de connaissances à présenter dans l'activité est requise. On doit pouvoir spécifier, en se basant sur la coopération entre acteurs de conception, toutes les connaissances que l'apprenant peut utiliser en exploitant la mémoire à court terme et les connaissances que l'agent de représentation de l'élève suppose stockées dans la mémoire à long terme, (figurées dans le modèle de l'apprenant). Les autres types de connaissances, par exemple 'connaissance du monde' et tout ce qui sera utilisé implicitement par l'apprenant, sont en effet des connaissances outils.

Par exemple dans la phrase « ...le livre de Jeanne a la couleur du canari... », les connaissances implicites utilisées par l'apprenant pour connaître la vraie couleur du livre font partie des connaissances du monde. Donc l'agent doit avoir la conscience d'une telle maîtrise de l'apprenant. Dans ID2 Research Group, Merrill et ses collègues (Merrill & al 1993 ; Merrill & al 1996 ; Merrill & al 2000), proposent dans leur projet (Knowledge object framework) de s'orienter vers l'explicitation

des processus de déclenchement d'un mécanisme, d'un algorithme d'inférence (heuristique que l'apprenant utilise) pour pouvoir construire ses connaissances.

Les recherches en ingénierie pédagogique s'orientent aujourd'hui vers ce domaine de recherche 'la gestion mentale des connaissances' qui pose des questions comme : comment mémoriser, réfléchir, comprendre et imaginer ; elle met en évidence l'importance de la conscience dans l'apprentissage, ((**PREGMA**) Pédagogie et Recherche en Gestion Mentale Appliquée, (**IIGM**) Institut International de Gestion Mentale). La gestion mentale des connaissances de l'apprenant est un domaine vaste et dépasse le cadre de notre travail de thèse. Rappelons ici que notre objectif n'est pas de développer les enjeux de ces recherches, mais de contribuer à la réflexion sur une démarche de modélisation ouverte pouvant tenir compte d'éléments de différentes natures. Nous donnerons dans la section suivante quelques éléments généraux qui peuvent alimenter la réflexion des futures recherches de cette partie dans le cadre du projet AMICAL. L'idée que l'on développe est que l'apprenant apprend à partir de ses conceptions qui constituent les objets abstraits associés aux instruments cognitifs. Nous commençons par proposer un modèle d'objet de connaissances, de domaines de la lecture.

Les objets de connaissance pour le domaine de la lecture peuvent concerner les lettres, les mots, les phrases, les textes ...; les microcomposantes d'un objet de connaissance phrase sont les composantes d'un objet mot (les lettres). Il faudrait caractériser les différences entre connaissances associées à une micro-composante et connaissances associées à une propriété d'une des micro-composantes d'un objet de connaissances. Ces connaissances recouvrent plusieurs connaissances dépendantes, différenciées en 2 types :

- Les connaissances associées à la propriété de l'objet mot comme un espace théorique représenté sous forme d'objet écrit (exemple : « TH-correspondance Mot écrit/oral », « association graphème/phonème », les noms des lettres, les graphèmes (voir mot comme objet écrit). Selon SCHAUWITZ (Schauwitz 1997) "Les mots ne sont identifiés, compris, stockés ou retrouvés dans la mémoire qu'après avoir été décomposés en phonèmes par le module phonologique du cerveau".
- Le mot comme unité de sens qui nécessite de mettre en pratique les connaissances de l'apprenant concernant *son rôle sémantique et syntaxique* dans la phrase. (voir mot comme catégorie syntaxique).

Mot objet écrit (construction des représentations de l'écrit)

Ensemble de lettres
-> caractéristiques
ensemble limité par deux espaces
ensemble organisé de lettres (variation des lettres en nature, nombre et position)
Correspondance écrit/oral
-> caractéristiques
connaissances phonologiques (décodage)
discrimination phonème dans mot
situation phonème dans mot (début, milieu, fin)
association phonème/graphème dans mot (oral->écrit)
assemblage graphème/phonème (écrit->oral)

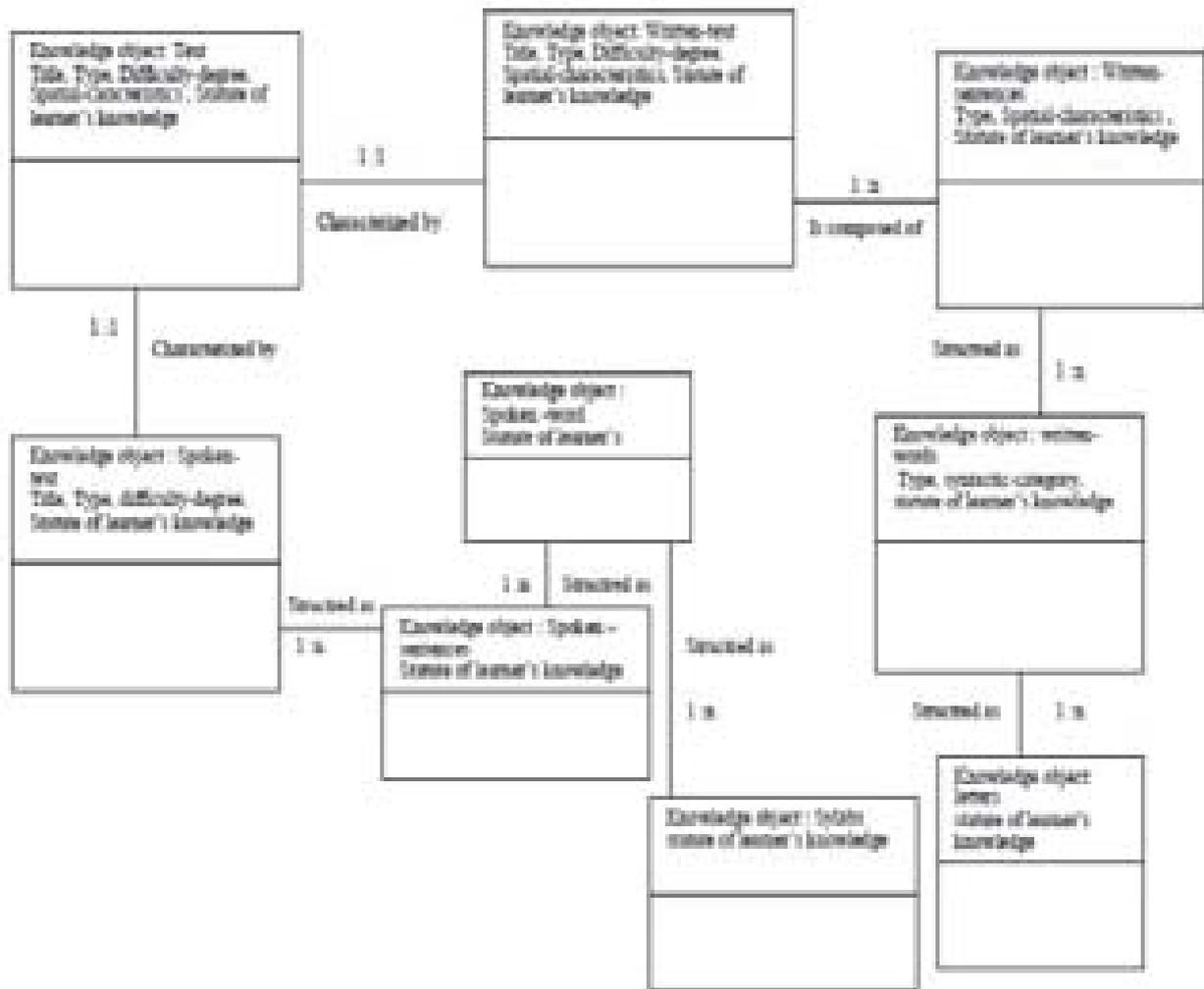


Figure II.1.7 Modèle d'objet de connaissances (Aouag 2008)

Mot catégorie syntaxique (connaissances morpho-syntaxiques, explicites et conscientes)

- Caractéristiques
- Nom
- différenciation nom/autres éléments (déterminant, adjectif) dans le syntagme nominal
- accord genre
- déterminant/nom
- déterminant/adjectif/nom/ verbe
- accord nombre/ personne
- déterminant/adjectif/nom
- nom/ pronom personnel/verbe
- temps (présent, imparfait, futur)
- indice temps/verbe
- les relations entre éléments (fonctions syntaxiques)
- accord sujet / verbe
- il, elle/ils, elles
- je/tu/nous/vous si étude du dialogue
- indication temporelle / temps verbaux

La correspondance écrit/oral est mise en évidence systématiquement chaque fois qu'un texte écrit est lu (consignes, questions, réponses, etc.), un processus d'activation des mécanismes cognitifs par l'apprenant pourrait se définir à ce niveau. Toutes les connaissances de type TH-implicite sont des connaissances de nature complexe (s'appuyant sur d'autres connaissances à acquérir et les structures cognitives mises en œuvre lors de l'apprentissage, par exemple les connaissances sur la catégorie syntaxique du mot)

La représentation des mots comme des catégories syntaxiques et des mots (**écrit /oral**) est à la charge du linguiste du projet AMICAL. Le linguiste est considéré, selon nous, comme le théoricien du domaine d'apprentissage. Donc il fournit une description détaillée des objets de connaissances et leurs utilisations afin que les autres acteurs de conception développent d'autres idées pour construire d'autres objets à utiliser dans l'environnement (voir figure II.1.9). Le cogniticien en collaboration avec l'expert de domaine, à titre d'exemple, s'interrogent sur les processus d'analyse syntaxique de séquences de mots identifiés, l'utilisation des ressources contextuelles et sémantiques, la combinaison et l'intégration des propositions à partir d'indices divers (morphologiques, morphosyntaxiques, thématiques et pragmatiques), l'inférence à partir de la base des connaissances en mémoire à long terme et l'exploitation des informations conservées en mémoire de travail.

L'informaticien doit recueillir toutes les connaissances utiles dans le système informatique, à partir des documents préparés par les autres acteurs de l'équipe, pour construire un modèle informatique correspondant à ce qui a été réalisé. L'exemple de modèle d'objet de connaissances présenté dans le schéma ci-dessus (figure II.1.7) montre un modèle informatique prenant en considération la description donnée par l'équipe. On souligne ici que ces objets de connaissances, représentant le contenu des instruments pédagogiques, contiennent des détails qui seront utiles pour la contextualisation des connaissances par l'agent. Nous avons évoqué la difficulté de la mise en œuvre de cette technique dans le cadre du projet AMICAL. Toutefois cela pourra alimenter la réflexion sur la manière d'utilisation de notre approche dans d'autres domaines d'apprentissage. Il s'agit de modéliser les objets de connaissances pour concevoir le matériel pédagogique support de ces connaissances.

2.1.6.3 Instrument pédagogique et structures cognitives

La rationalité instrumentale propre du sujet est en relation directe avec les processus à mettre en œuvre et les structures cognitives. Cette rationalité doit être explicitée dans la représentation du schème d'usage. En utilisant les représentations qui font partie de ses compétences c'est-à-dire les schèmes d'utilisation qui sont nécessaires à l'utilisation de l'artefact, le sujet emploie l'artefact comme un moyen d'actions et ses connaissances sont abstraites à partir de ses actions. Donc avant de parler de la représentation de schème d'utilisation de l'artefact associé à l'instrument nous devons tout d'abord évoquer l'émergence de l'activité de conception.

Dans l'exemple précédent du 'champ du texte', le modèle cognitif dépend du contenu de l'instrument (les structures syntaxiques du texte ; les statuts des mots constituant le texte ; la représentation conceptuelle ; les composants du texte : Chaîne orale Chaîne écrite ; textes à séquence unitaire : narrative, descriptive, argumentative,...). Le modèle doit contenir également les organisateurs

textuels pour arriver à une représentation complète des différents objets de connaissances, les schémas qui interviennent aux échelons les plus élevés du traitement pour : inférer, raisonner, juger, interpréter, critiquer, résumer,Il doit contenir également les processus d'analyse syntaxique de séquences de mots identifiés, l'utilisation des ressources contextuelles et sémantiques, la combinaison et l'intégration des propositions à partir d'indices divers (morphologiques, morphosyntaxiques, thématiques et pragmatiques). Le cognicien doit pouvoir représenter selon son domaine de compétences les inférences à partir de la base des connaissances en mémoire à long terme et l'exploitation des informations conservées en mémoire de travail.

L'apprenant déclenche lors de la lecture du texte des mécanismes complexes en utilisant un réseau de processus conscients et inconscients, son travail mental est représenté par une séquence d'actions qui deviennent opérations selon son niveau de familiarisation avec le texte. La métaphore qui peut correspondre à cette situation a été éclairée dans l'exemple de la boîte de vitesse (Chapitre I Section3). On considère que les actions sont les résultantes des processus conscients, par contre les opérations sont plutôt les résultantes des processus inconscients. Les processus mis en œuvre par l'apprenant lors de la lecture de texte peuvent être décrits comme suit :

P1 L'analyse syntaxique de séquences de mots identifiés

P2 L'élaboration des propositions et de leur signification

P3 La Combinaison et intégration des propositions à partir d'indices divers (morphologiques, morphosyntaxiques, thématiques et pragmatiques)

P4 L'établissement de la cohérence entre les propositions d'inférence à partir de la base des connaissances en mémoire à long-terme

P5 L'exploitation des informations conservées en mémoire de travail

P6 La construction d'un modèle de la situation décrite par l'énoncé.

...

Un vrai problème se pose par rapport à l'ordre, il est très relatif à la situation ciblée et également à l'apprenant lui même. D'un point de vue informatique, on s'interroge sur les formalismes qui conviennent le mieux pour représenter ces processus et qui seront même utiles dans l'activité de conception. Le modèle ARIS (ARchitecture Intégrée de Systèmes d'information) qu'on a conçu pour la représentation de ces processus se base sur l'idée que les processus à implémenter par l'apprenant seront modélisés comme des processus dans un système industriel. La figure II.1.8 exprime le processus d'instrumentation dans l'activité de lecture de texte. L'objectif de cette représentation est d'arriver à formaliser les processus mis en œuvre par l'apprenant selon des formalismes informatiques pour les utiliser dans le système. Notons que l'enrichissement de ce modèle nécessite une analyse fine de l'activité traitée comme un problème à résoudre par l'apprenant.

Commençons par comprendre les micro-complications qu'on peut dégager lors de l'activité de l'apprenant (lecture du texte). La charge mentale de l'activité n'est pas la même pour tous les apprenants. On peut vérifier facilement en demandant aux enfants qui apprennent à lire de suivre la lecture globale du texte et la lecture mot par mot. La charge mentale pour un texte de statut 'connu' n'est pas la même pour le texte de statut 'inconnu'. Selon nous, la charge mentale est représentée sous forme de micro-complications qui doivent être identifiées par les experts de la lecture en collaboration

avec le cognicien du projet.

Désormais, une réponse à une question par l'apprenant ne fera plus changer un statut de connaissances mais plutôt contribuera à **la mise à jour** du modèle de l'apprenant en rajoutant toutes les connaissances que l'apprenant a utilisées pour pouvoir inférer, restituer des connaissances à partir de sa mémoire pour résoudre le problème en question. Ces éléments sont considérés comme les effets attendus lors de l'interaction de l'apprenant avec les connaissances en utilisant les outils médiateurs. On doit donc formaliser les structures cognitives de l'apprenant pour arriver à représenter un scénario de son activité mentale, elle peut être représentée sous forme **d'actes**. Chaque acte concerne le fait de construire un instrument cognitif par l'apprenant. Ceci nécessite de se baser sur un aspect particulier de modélisation cognitive de l'activité didactique et ouvre sur de nouveaux champs de recherches en psychologie et cognition.

Nous rappelons que notre objectif est lié aux formes et aux processus de conception pouvant contribuer à la réflexion pour la résolution du problème d'individualisation en se basant sur le principe de l'approche instrumentale.

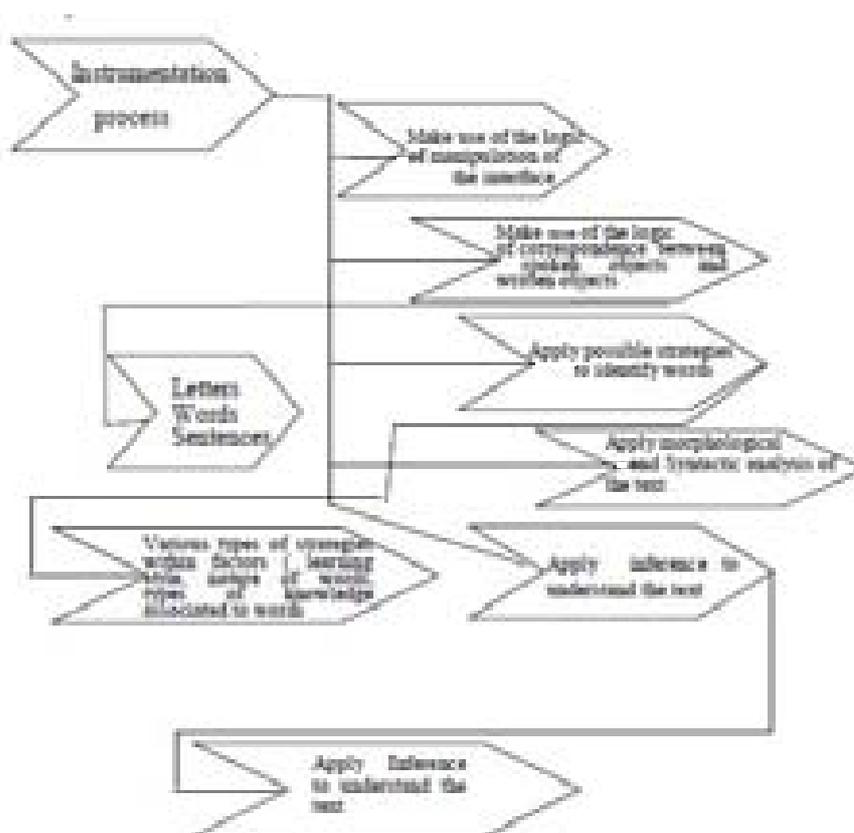


Figure II.1.8 Modèle ARIS du processus d'instrumentation (graphe de processus) (Aouag 2007)

2.1.6.4 L'instrument pédagogique et intention d'enseignement

L'instrument pédagogique proposé dans le cadre de nos recherches intègre dans sa structure l'artefact représentant le matériel pédagogique utilisé par l'apprenant sans prendre en considération le domaine de la lecture. Les choix pédagogiques, le style du travail demandé aux élèves, les objectifs de formation, l'épistémologie de l'expertise du domaine, les conditions de l'évaluation... font partie des déterminants essentiels des caractéristiques pédagogiques de chaque instrument qui devront être adaptées aux différents contextes. Les caractéristiques didactiques de l'instrument dépendent en premier lieu du domaine de l'apprentissage de la lecture et des stratégies d'enseignement adoptées (en se basant sur les intentions pédagogiques calculées dans les niveaux précédents).

Quant aux caractéristiques symboliques de l'instrument, il est difficile de montrer d'une façon précise quel est le rôle des instruments didactiques dans la résolution du problème par l'apprenant. Nous avons vu précédemment que les instruments cognitifs sont construits à partir d'objets abstraits pour la résolution de problème. Un tel traitement est de nature très complexe ; il faut définir non seulement les composantes de l'instrument mais plutôt ses molécules selon une approche de conception microscopique.

Donc l'instrument didactique signifie selon nous, un méta-instrument permettant à l'apprenant de construire ses instruments cognitifs lors du déroulement de l'activité didactique. En se basant sur l'analyse de l'activité 'lecture de texte' faite par l'expert de domaine, nous avons pu identifier les artefacts cognitifs utilisés pour l'analyse lexicale et morphologique du texte. Parmi les exemples d'artefacts associés aux instruments cognitifs construits par l'apprenant dans l'activité 'présentation de texte', on cite les suivants :

Artefact d'accès au lexique (décodage-accès au lexique) : c'est un outil construit par l'apprenant pour pouvoir accéder au lexique; il s'agit d'une double activation automatique :

- activation de l'information orthographique et phonologique du mot permettant un codage sûr et précis ; *Le module phonologique du cerveau* est constitué par l'ensemble des structures et circuits destinés à analyser les unités sonores de la langue (Zorman 1999, Shaywitz 1997).
- activation de l'information sémantique suivie d'une sélection de l'information pertinente en fonction du contexte

Artefact du traitement morphologique : ils sont associés aux instruments construits par les apprenants dans la situation de la lecture de texte, situation particulière à la lisière des processus de reconnaissance et de compréhension. L'orientation directionnelle à l'écrit engage davantage un traitement des mots selon leur structure morphologique ; de plus, la structure morphologique des mots est davantage explicite à l'écrit. La médiation de cet outil construit par l'apprenant dépend des perspectives envisagées :

- soit les mots morphologiquement complexes sont systématiquement analysés pour être reconnus, donc une analyse morphologique décisive ;

Analyse microscopique du processus d'individualisation de l'activité didactique

– soit toutes les formes dérivées possèdent un code d'accès qui leur est propre, donc une analyse morphologique superflue.

La prise en compte de ces outils doit se manifester dans le noyau des instruments didactiques favorisant les traitements morphologiques et syntaxiques. Les intentions pédagogiques préalables associées à un instrument peuvent, à titre d'exemple, montrer sous quelle forme les mots morphologiquement complexes sont représentés (le travail de linguiste du projet, voir figure II.1.9).

Parmi les caractéristiques didactiques et pédagogiques qui peuvent être associées aux méta-instruments didactiques, on trouve celles attachées à la variable thème-champ sémantique :

– didactique : appartenance au champ sémantique ; classer les textes par thèmes et champs sémantiques et, dans chaque champ, classer les textes par niveau et nouveauté du vocabulaire dans le champ concerné ; tenir à jour les listes des thèmes et des champs sémantiques accessibles / abordés

– pédagogie : choix des thèmes-champs sémantiques sur des critères de motivation (ex : enfant des villes/enfant des champs, ...) et classer les thèmes et champs sémantiques par degré de familiarité pour l'enfant

L'expert du domaine doit spécifier selon une approche microscopique de conception les méta-instruments associés aux artefacts pouvant être utilisés pour déclencher des processus d'apprentissage. Ces processus doivent être pris en compte pour la progression des connaissances de l'apprenant qui est considérée comme l'un des quatre objectifs de l'agent : progression de connaissances de l'apprenant ; évolution cognitive ; progression des tâches du système et motivation de l'apprenant (voir chapitre 4).

Le rôle de l'ingénieur ontologique semble fondamental dans le projet. Comment représenter toutes ces connaissances ? et comment les utiliser ? L'informaticien doit se charger de l'utilisation de toutes ces connaissances. On montrera dans le chapitre 5 comment l'agent peut utiliser ces connaissances qu'on appelle conscientes en se basant sur les effets attendus des instruments de l'activité didactique (symboliques ou physiques).

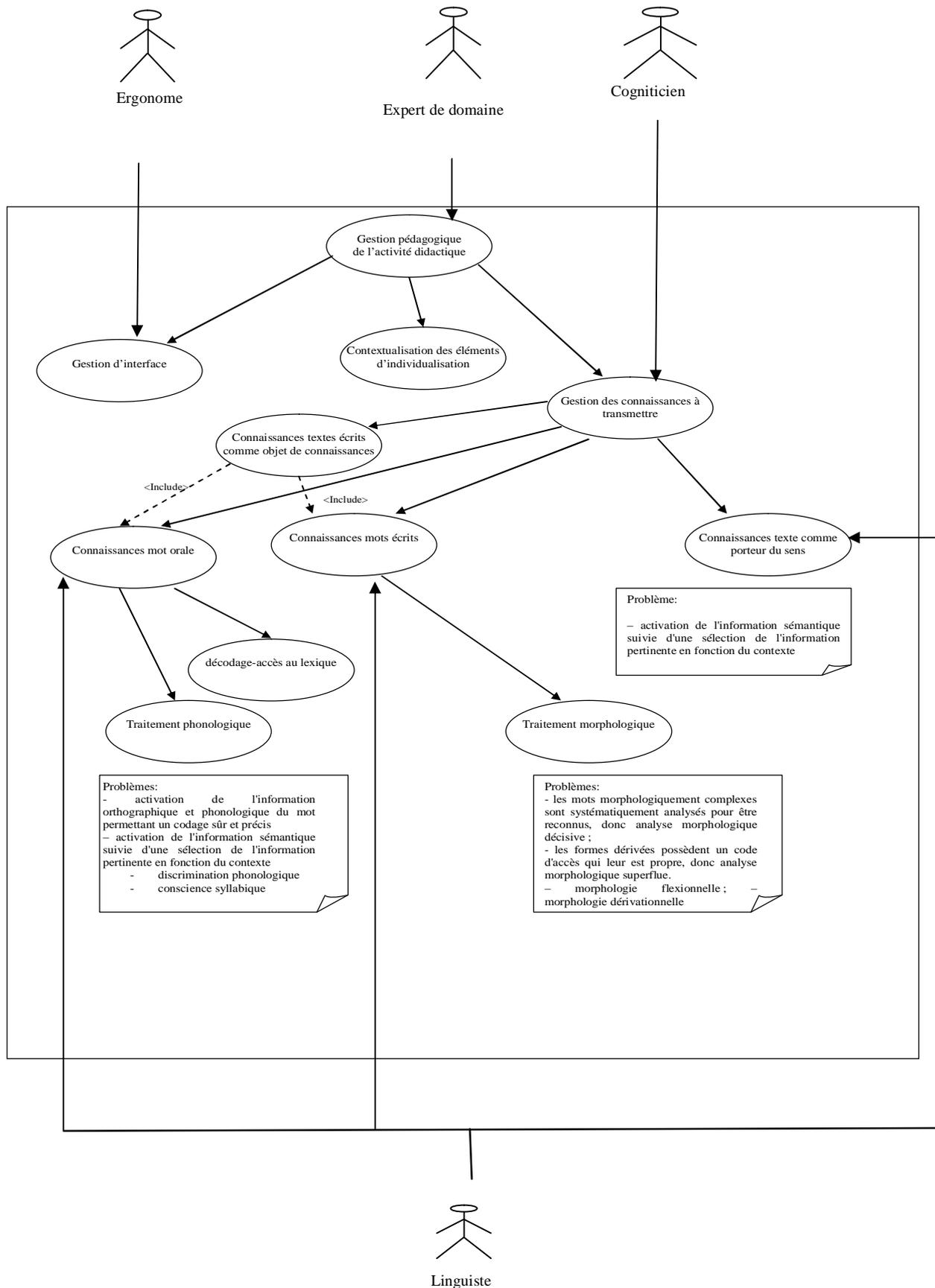


Figure II.1.9 Modèle d'usage UML : Problème de pluridisciplinarité de connaissances

2.1.6.5 L'instrument technique de l'interface

Nous avons vu précédemment (figure II.1.4) que l'interface de l'instrument pédagogique est représentée dans la dernière couche qui tient compte de son aspect technique. Nous nous concentrons dans cette partie sur le rôle de l'artefact technique d'interface comme étant un support de connaissances incluant ses éléments d'adaptation. Deux orientations de conception devront être distinguées : une centrée sur le travail mental de l'apprenant et l'autre centrée sur les artefacts de la situation d'apprentissage. L'individualisation de l'interface de l'activité didactique dépend de différentes modalités d'encodage sensoriel (vision, audition, kinesthésie) et des modalités de représentation (verbale et imagée) : la visualisation d'objets concrets, la visualisation des mots, l'audition intérieure des mots et la réaction kinesthésique. Les profils d'apprentissage sont établis en fonction de l'utilisation relative de ces quatre stratégies par l'apprenant et de sa performance.

L'instrument technique d'interface est entouré par les différents types de stimuli (auditif, visuel et kinesthésique) qui peuvent avoir plusieurs formes de représentations. Le mode d'intervention des artefacts techniques d'interface associés aux instruments doit être visuel pour les apprenants visuels, (par exemple mode d'intervention de l'artefact *Relecture de Phrase* par **clignotement** au lieu de lancer un message auditif pour les apprenants de préférence auditive). C'est très difficile d'appliquer des stimuli kinesthésiques que l'on considère dans notre cas comme la prononciation de l'élève (exemple : lire le texte à haute voix) parce que la reconnaissance vocale reste un domaine de recherche et à l'heure actuelle, on ne trouve pas d'outils efficaces qui font une reconnaissance vocale avec un taux d'erreurs acceptable (le taux d'erreurs est toujours considérable).

Les différentes façons d'utiliser un artefact technique d'interface dépendent de sa forme (fichier son à activer, un bouton cliquable seulement pendant des moments particuliers (cliquage sur le bouton après la lecture de texte)...) (voir figure II.1.10). Les différentes façons d'utiliser l'artefact technique peuvent être décrites comme des méthodes, dans le sens de conception orienté objet, où l'artefact technique d'interface est représenté sous forme d'objet et les méthodes prédéfinies sur cet objet peuvent être considérées comme des scénarios possibles pour son utilisation. Par exemple, on peut définir trois méthodes sur l'objet champ du texte (méthodes lecture-mot-par-mot ; lecture-phrase-par-phrase...). Ces différentes méthodes sont associées à l'état de connaissances de l'apprenant (statut du texte : connu, nouveau) et également à son état cognitif (les capacités métacognitives de l'apprenant).

Parmi les effets observés qui nécessitent des prises de décisions concernant la situation ciblée (un apprenant impulsif peut cliquer sur le bouton Suivant même si le texte n'a pas été encore lu), tous les dysfonctionnements possibles sont considérés comme des mauvaises manipulations de l'interface, ou plutôt des logiques d'utilisation propres à l'apprenant concernant les différents constituants de l'activité didactique, ce qui nécessite une aide fonctionnelle d'interaction (voire partie 2 de ce chapitre et chapitre 3). On présente ici quelques exemples d'instruments techniques de l'interface de l'activité Présentation du texte et on donnera plus de détails dans la partie 2 de ce présent chapitre.

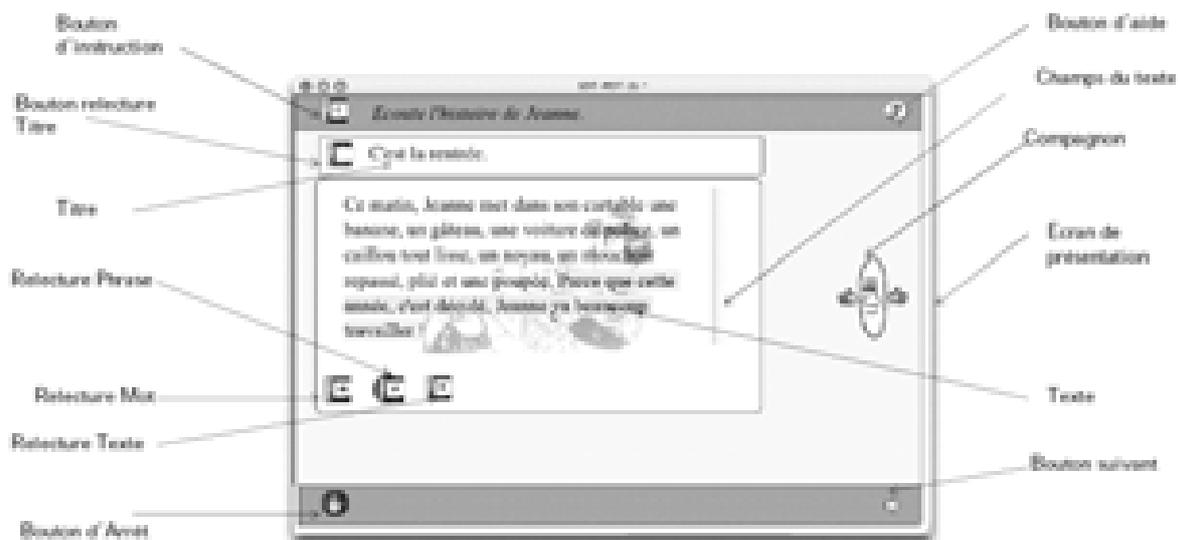


Figure II.1.10 Artefacts techniques d'interface

Instrument: Ecran de présentation

Forme: [couleur taille...](Ecran activité, version présentation environnement)

Contenu – nul

Fonction pédagogique: mettre l'élève dans une situation d'apprentissage

Scénario –nul (scénario prédictif de l'activité)

Effets attendus (Compte rendu)

Instrument: Champs Texte

Forme : [couleur taille...] (Intention pédagogique : X)// les intentions pédagogiques sont représentées selon les différentes méthodes spécifiées dans l'activité elle-même

Contenu – (Texte)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles (mot par mot , ...)

Scénario –(selon les intentions d'enseignement)

Effets attendus : selon les intentions pédagogiques

Instrument : Relecture objet (mot, texte, phrase, Titre)

Forme : [couleur ,taille, Visibilité ...]

Contenu – (prédéfini)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles

Scénario – ([connaissances contextuelles: moment et mode d'intervention pour rendre

Visibilité_artefact =True])

Instrument: Bouton d'aide

Forme : [couleur ,taille, Visibilité ...]

Contenu – (prédéfini)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles

Scénario – ([connaissances contextuelles : moment et mode d'intervention pour rendre

Visibilité_artefact=True])

Instrument: compagnon

Forme : [couleur ,taille, Visibilité ...]

Contenu – (prédéfini)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles

Scénario – ([connaissances contextuelles : moment et mode d'intervention pour rendre Visibilité_artefact=True])

Remarque : Les boutons 'Arrêt' et 'Suivant' ne sont pas considérés comme des instruments, mais plutôt traités comme des artefacts techniques d'interface qui interviennent dans le scénario de déroulement globale de l'activité. Par exemple le bouton arrêt intervient dans le scénario d'utilisation prescrit de l'artefact relecture objet. L'apprenant peut arrêter la relecture de l'objet choisi à l'aide de l'artefact arrêt. L'action de relecture permet l'opérationnalisation d'une action système correspondant à une intention d'enseignement tandis que l'arrêt n'est qu'une manipulation de l'interface par l'apprenant.

2.1.7 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre les fondements théoriques de notre approche de conception qui se base principalement sur l'approche instrumentale. Notre choix était lié à l'aspect représentatif de cette approche dans le champ des théories scientifiques contemporaines couplant réflexions théoriques et démarche pragmatique. À travers la présentation des concepts principaux de cette approche, nous avons pu entrevoir les modifications qu'elles pourraient apporter à notre vision de l'ingénierie pédagogique, mais aussi à notre propre perception des rapports que nous avons avec les objets de notre environnement.

Nous avons également tenté dans ce chapitre de prendre du recul par rapport à une nouvelle forme de pratique de recherche dans la conception des EIAH que nous mettons en œuvre. Nous avons essayé de renouveler la conception des systèmes d'apprentissage et de montrer qu'elle pouvait s'articuler sur des concepts issus de disciplines différentes s'insérant à une échelle Micro. La méthode de travail suivie nous a permis de coupler les aspects rationnels et technologiques des modèles de conception. Notre approche est novatrice parce qu'elle se base sur la théorie instrumentale pas seulement pour comprendre le phénomène de l'usage (comme la plupart des travaux de pratiques instrumentés) mais aussi pour construire une composante EIAH constituant la clé de conception du système. Cela permet l'opérationnalisation de cette théorie dans le système informatique et nous facilite la conception de l'agent qui utilise les outils informatiques, représentant les instruments pédagogiques, comme des moyens pour atteindre ses objectifs.

L'objectif que nous nous sommes fixés reste à commencer par mettre à plat les modèles définis sur l'instrument pédagogique. La modélisation de l'activité didactique réclame la genericité des modèles à utiliser dans les EIAH. Pour cela la deuxième partie de ce chapitre se base sur l'idée de concevoir un modèle générique décrivant l'activité didactique représentée sous forme d'objet.

Individualisation de l'activité didactique : Théorisation et modélisation

Partie II : Modèle générique de l'Objet Pédagogique

AMICAL

2.2.1 Introduction

Nous évoquerons dans cette deuxième partie la modélisation informatique de l'activité didactique. Il s'agit de fournir un nouveau modèle générique d'objets pédagogiques présentant notre contribution à la recherche actuelle, menée dans la communauté EIAH, sur les objets pédagogiques. Ce modèle, concernant particulièrement la représentation de l'activité didactique sous forme objet¹, permet l'opérationnalisation de la théorie instrumentale dans le système informatique ; il s'agit de représenter les instruments pédagogiques comme des composantes structurelles de l'objet pédagogique. Ces instruments sont utilisés dans le système, par l'agent intégré dans l'objet pédagogique selon l'approche agent-objet-pédagogique que l'on propose (voir détail dans le chapitre 4), pour atteindre les intentions d'enseignement figurées dans les propriétés du modèle de l'objet pédagogique proposé. Ce modèle vise une nouvelle génération d'objets pédagogiques intelligents qui tiennent compte du processus d'acquisition de connaissances par les apprenants.

Nous avons montré dans la première partie de ce chapitre que le processus de conception microscopique des activités avec instruments s'appuie sur la méthode de développement de concept pédagogique. Après avoir spécifié, selon notre démarche rationnelle, les instruments pédagogiques (l'organisation des principaux concepts pour la représentation du contenu, d'interface et de scénario d'utilisation de la partie artefact) ; nous passons à l'aspect technologique concernant la représentation objet de l'activité didactique (voir figure II.2.1). Il s'agit de développer la technique de réutilisation des objets (selon les principes de programmation orientée objet); méthodes, scénario ; composantes et propriétés.

En effet, l'indépendance des composants permet l'intégration de plusieurs modèles spécifiés par l'équipe de conception dans une phase d'analyse microscopique de l'activité didactique. Au lieu de réutiliser les morceaux de modèle, nous proposons de mettre à la disposition du concepteur l'ensemble des composantes adaptables selon les situations ciblées. L'avantage majeur du paradigme objet réside dans le fait de favoriser grandement la réutilisation des composants dans d'autres systèmes.

¹ Rappelons ici que l'utilisation du terme objet avec des acceptions différentes dans la didactique et l'informatique, comme nous avons indiqué dans l'introduction de cette thèse, pose un problème de polysémie. L'objet tel qu'il est décrit dans la théorie instrumentale n'est pas un objet dans le sens de paradigme objet. On peut considérer l'objet dans le sens de paradigme orienté objet comme un moule dans lequel on met les objets conçus, selon la théorie instrumentale, pour les représenter dans le système informatique. Cela est proche de l'idée de Tchounikine (l'informatique est un outil permettant de construire des coquilles vides chapitre 1 S4 (section 1.4.5)).

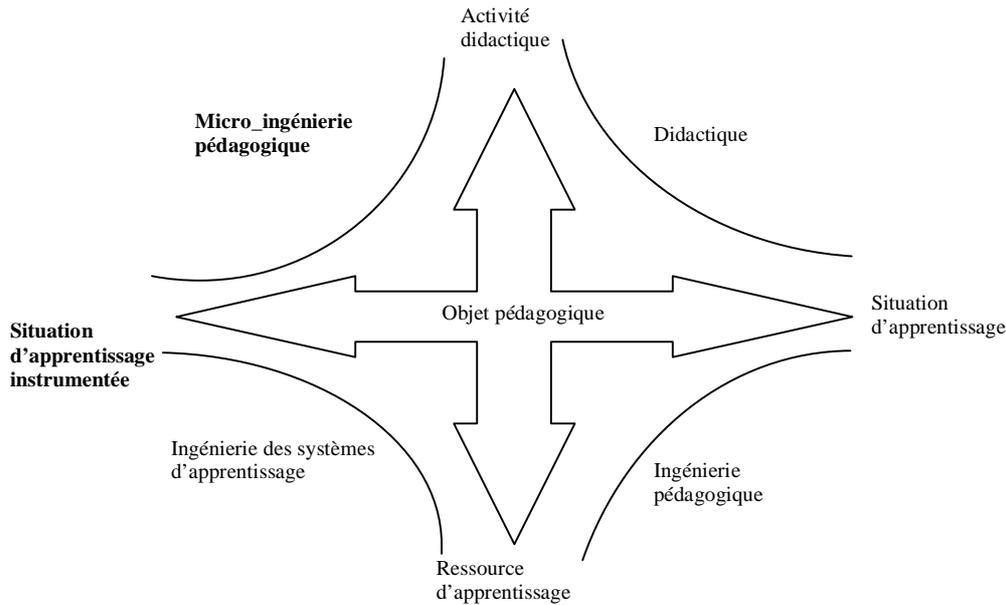


Figure II.2.1 Objet pédagogique et situation d'apprentissage

Nous situons au début de ce chapitre notre point de vue sur l'objet pédagogique et montrerons la méthode de travail suivie. Nous évoquerons également le problème de la conception du dynamisme de l'activité didactique et l'émergence des connaissances et des modèles, pour détailler ensuite le modèle générique de l'objet pédagogique et un exemple de ses composantes 'exemple d'aide'. Nous finissons par montrer l'ouverture de cette proposition à la conception d'un agent susceptible d'être intégré dans l'objet pédagogique

2.2.2 Notre point de vue sur l'objet pédagogique

Nous avons vu dans le Chapitre 1 (Section4) qu'il existe trois principales classes d'objets pédagogiques : les unités d'apprentissage ; les activités pédagogiques et les ressources pédagogiques. Il s'agit dans notre cas d'étude des activités pédagogiques qui définissent les modalités précises d'acquisition, de validation, de communication d'une ou plusieurs connaissances. Parallèlement à l'approche centrée sur les ressources, de nouveaux modèles de spécification des systèmes d'apprentissage électroniques émergent progressivement, en particulier autour de la notion de Langage de Modélisation Pédagogique (Educational Modelling Language).

La gestion des ressources consiste à donner des aspects pédagogiques et à porter des informations servant explicitement à l'acquisition et à la construction de connaissances et des compétences. Pernin a présenté dans son article (Pernin 2003b) une synthèse sur les différents points de vue qu'on présente ici (Figure II.2.2).

Notre objectif est de proposer un modèle générique d'objet pédagogique favorisant grandement la technique de réutilisation ; nos objectifs semblent donc proches du point de vue d'ingénierie des

composants logiciel. On cherche également à favoriser la conception de solutions de formation variées, efficaces et ouvertes, ce qui est en phase avec le point de vue de l'ingénierie pédagogique.

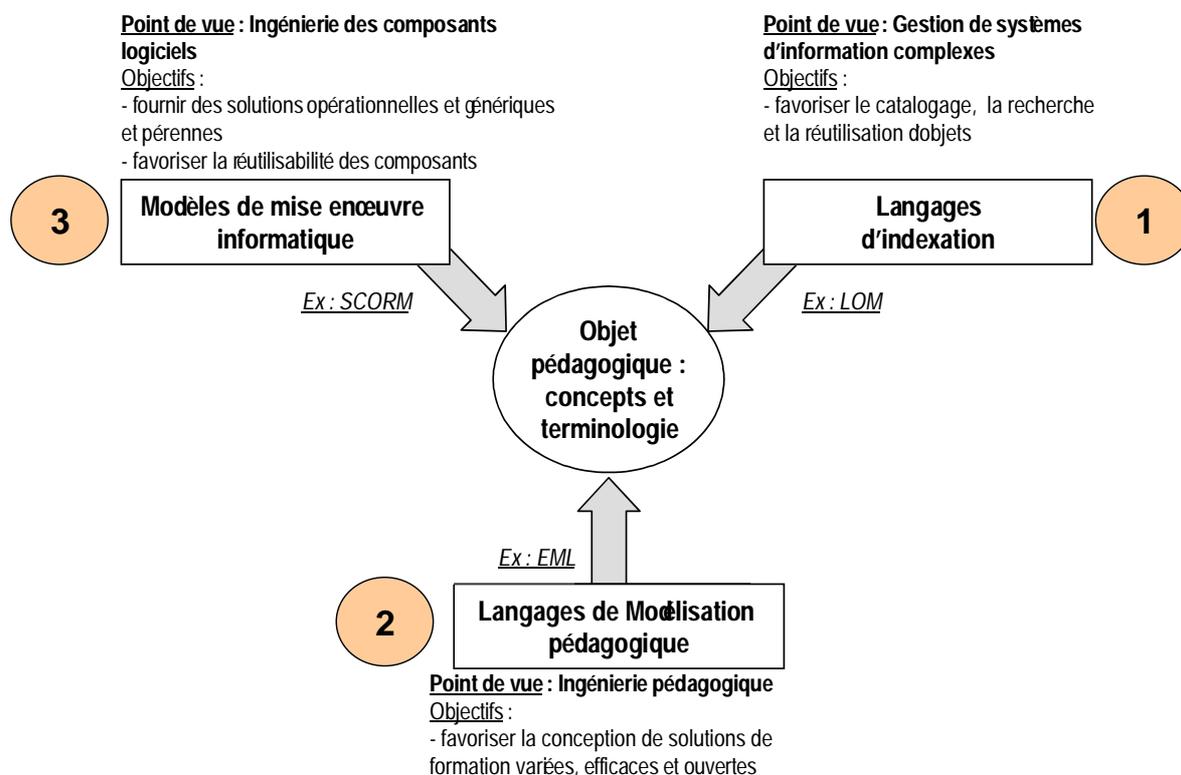


Figure II.2.2 : Différents points de vue sur les objets pédagogiques (Pernin 2003b)

Les problèmes liés à l'apprentissage sont en général des problèmes mal définis. Ce fait provient de la nature très complexe de ce type de problème. En général, dans les problèmes bien définis comme celui du calcul du plus court chemin entre deux villes, on peut facilement vérifier l'efficacité de l'algorithme et de la solution proposée. Aujourd'hui les spécialistes de l'apprentissage n'arrivent pas à avoir une représentation complète des mécanismes d'apprentissage, ce qui rend le problème d'individualisation complexe. Même les solutions qui se basent sur les plateformes d'expérimentation restent limitées avec la multiplicité des facteurs qui entrent en jeu. Ainsi, il n'existe pas une bijection entre les stratégies d'apprentissage et les stratégies d'enseignement. En conséquence, nous sommes amenés à accepter certaines hypothèses avant de commencer la modélisation du système. Les unités d'objectifs caractérisant l'activité type peuvent être atteintes en utilisant les instruments pédagogiques dans l'activité didactique. L'individualisation de ces instruments se fait par le biais de connexion de quatre modèles (contenu, interface, didactique et cognitif).

L'activité didactique est représentée sous forme d'objet telle que les intentions d'enseignement sont les propriétés de cet objet et les instruments pédagogiques représentent ses composantes structurelles. L'instanciation de l'ensemble des connaissances par l'agent d'individualisation de l'activité didactique se fait en suivant trois étapes (Chapitre 4) :

- Instanciation des paramètres de contenu

- Préparation du matériel pédagogique
- Adaptation du scénario d'utilisation de chaque instrument

2.2.3 Méthode de travail

Nous avons présenté dans la figure II.1.1 (page 92) la méthode de recherche de développement de concept pédagogique. Nous traitons ici la partie conception de l'objet pédagogique. Notre travail donc se base sur le principe de couplage théorie-méthode pour concevoir un objet pédagogique ayant pour composantes structurelles les instruments pédagogiques, conçus selon la théorie instrumentale. Après avoir montré l'organisation conceptuelle des instruments et les différents éléments intervenant dans un niveau très bas de l'individualisation de l'activité didactique, nous passons au modèle technologique pouvant supporter tous ces éléments pour l'individualisation de l'activité didactique.

La conception de l'objet pédagogique doit être précédée par une analyse de la demande pour délimiter le cahier de charge, c'est-à-dire montrer les fonctions du matériel qui va être développé pour répondre à la demande. La figure (II.2.3) montre les phases de développement de l'objet pédagogique. Nous présentons dans ce chapitre les trois premières phases de conception de l'objet pédagogique. La phase 4 est reléguée au chapitre 5, dans lequel on évoquera les expériences antérieures réalisées dans le cadre du projet AMICAL. Les essais réels, faites précédemment dans le cadre du projet AMICAL, nous ont permis de modéliser et utiliser les connaissances recueillies par les experts de domaines. Notons que la phase de mise au point nécessite de nouvelles expérimentations qui restent en perspectives de futures recherches dans le projet AMIAL. Nous nous contentons d'une implémentation ad hoc de notre prototype, l'objectif que nous nous sommes fixé reste de donner aux concepteurs des éléments jugés essentiels pour la conception d'un objet pédagogique intégrant l'agent d'individualisation de l'activité didactique. Nous présenterons également, dans le chapitre 5, les connaissances utilisées par l'agent pour l'individualisation du matériel pédagogique et aussi la contextualisation des connaissances.

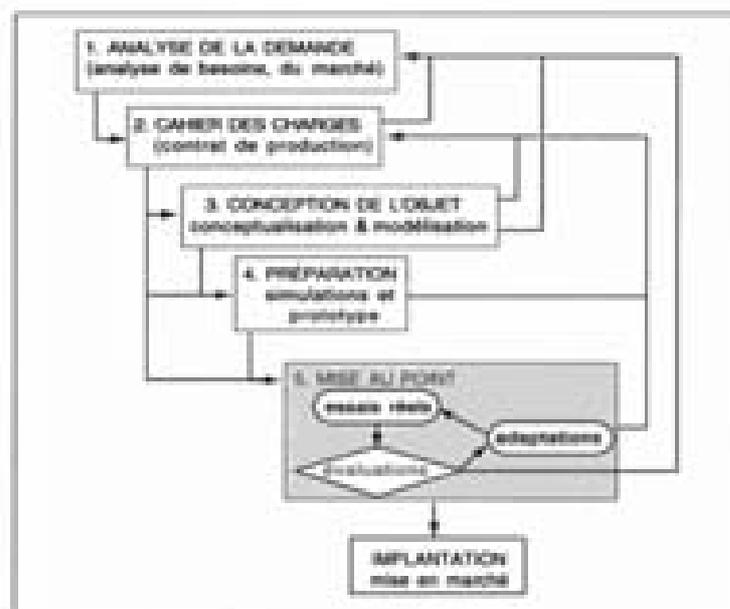


Figure II.2.3 Phases de conception d'un objet pédagogique

2.2.3.1 Analyse de la demande

La modélisation didactique de l'activité d'apprentissage est le processus permettant d'explicitier les fonctionnalités et les utilités de cette dernière, est ainsi de préconiser les différentes situations face aux réactions prévisibles ou imprévisibles de l'apprenant. Cette modélisation peut faire l'objet du travail de l'expert de domaine qui donne une description préalable de l'activité didactique (intentions pédagogiques, facteurs d'objectif, connaissances à faire acquérir, instruments à utiliser et différents scénarii possibles). Le rôle de l'informaticien est de représenter tous ces éléments pour pouvoir les utiliser dans le tuteur intelligent. Donc une première modélisation de l'activité didactique devrait être réalisée d'une façon pouvant faciliter la tâche de la modélisation informatique.

Nous nous basons dans cette partie sur un exemple de la modélisation de l'activité didactique donnée par l'expert de domaine, qui découle d'une recherche antérieure faite dans le cadre du projet AMICAL, pour l'analyser afin de parvenir à concevoir un objet pédagogique répondant aux exigences du domaine.

Notons que la conception de l'agent qui se charge de l'individualisation de l'activité didactique nécessite, selon nous, une analyse approfondie des différentes dimensions de variations définies sur cette dernière. Nous revenons sur ce problème dans le chapitre 3 pour présenter d'autres exemples et représenter l'ensemble des variants utilisés pour l'individualiser.

2.2.3.2 Exemple de modélisation didactique de l'activité 'présentation de texte'

(Présentation-texte-lu-VIG

(Unités-objectif : (mettre-en-présence : texte) (mettre-en-présence : lecture-texte) (mettre-en-présence : correspondance chaîne-écrite-chaîne-orale))))

Objectifs pédagogiques :

- installer l'apprentissage dans un contexte de lecture effective (texte 'réel' et non 'texte conçu pour apprendre à lire')
- motiver l'apprenant par une activité de lecture accompagnée, suscitant le plaisir de la découverte
- appuyer l'apprentissage sur l'acquis de l'apprenant (capacité à comprendre un texte lu et à mémoriser des informations en relation avec le texte)

Objectifs didactiques :

- faire associer écrit/oral/sens
- initier la nature de la relation écrit/oral
- faire utiliser les capacités existantes (comprendre, mémoriser et reproduire de l'information-langage, au niveau de l'oral ; connaître intuitivement les unités de la langue pour approcher ces unités de langage dans leur représentation écrite)
- réemployer éventuellement des connaissances acquises en Grande Section de Maternelle

Nature de la tâche pour l'élève :

Compréhension du système de l'écrit

Résolution de problème : nature de la relation entre accessible (compréhension par l'oral) et

inconnu (trace écrite)

Travail métacognitif de prise de conscience du langage (comme élément porteur de sens, trace orale, trace écrite)

Travail cognitif de mise en relation sens/oral/écrit (élaboration d'hypothèses)

Traitement de l'information (langage oral)

Construction d'une représentation de l'information présentée-lue

Mémorisation des éléments de cette information

Scénario de déroulement

Ecran1 : Titre et illustration sur tout l'écran ; lecture du titre et passage en vidéo inverse ; flèche de passage à la suite

Ecran2 : Titre et texte ; commentaire-annonce-consigne (?) : "écoute l'histoire de XXX". Le texte est lu en continu, avec vidéo inverse

Une fois l'histoire lue, un bouton de lecture du texte s'affiche avec le commentaire "clique sur ce bouton si tu veux faire relire l'histoire (le titre et le texte)" ; "si tu ne veux pas faire relire l'histoire, clique sur la flèche".

L'élève clique sur la flèche de passage à la suite pour passer à l'écran suivant.

Dans l'exemple précédent les propriétés de l'objet sont spécifiées par les unités d'objectif ou l'ensemble des intentions d'enseignement (dans la figure III.2.3). Les différents scénarii d'utilisation de l'instrument champ de texte dans cette activité peuvent correspondre à une lecture mot par mot ou une lecture globale ou encore une lecture phrase par phrase : < mettre-en-présence : correspondance chaîne-écrite-chaîne-orale >.

Les composantes structurelles de l'objet pédagogique sont les instruments de l'activité didactique (voir figure III.1.3 Partie 1). Donc l'objet pédagogique lecture texte correspond à l'ensemble constitué de : intentions d'enseignement ; connaissances ; instruments et compétences visées. Trois aspects de la structure/organisation de la connaissance texte:

Organisation conceptuelle : repérage des éléments constitutifs et du plan type de présentation ; ceci en relation avec le type de texte

Récit : cadre (lieu et temps), personnages, situation problème, résolution

Documentaire : sujet, présentation générale, description, propriétés, utilisation

Description : sujet, éléments externes, internes, fonctions

Recette, mode d'emploi : constituants, modes d'action, mise en garde, ordre logico-chronologique

Cohérence interne conceptuelle : vrai pour tout type de texte (inférences)

–pragmatique si texte dans la logique du monde réel

–conforme aux règles de la logique créée (monde magique, fiction,...)

cohérence interne ou cohésion interne : vrai pour tout type de texte

-les organisateurs textuels:

-connexion (articulations de la progression thématique) : conjonctions, adverbess, groupes prépositionnels, nominaux, segments de phrase

-cohésion nominale : les anaphores (pronoms, possessifs, démonstratifs)

-cohésion verbale : organisation temporelle (temps des verbes)

L'utilisation de toutes ces connaissances dans le système informatique semble très difficile. Avant de parler de la manière de les représenter, on doit se poser la question de comment relier tous ces éléments avec les variables de décisions de l'agent. Les compétences cognitives peuvent être décrites comme suit

- capacité à repérer les informations constitutives et leurs relations
- capacité à mémoriser les informations constitutives
- capacité à comprendre la fonction des organisateurs textuels d'un texte
- capacité à repérer et identifier les anaphores
- ...

Ces compétences ne correspondent qu'à la connaissance texte. Les compétences métacognitives correspondent par exemple à la capacité d'utilisation de l'aide. Nous nous sommes basés sur ces résultats empiriques pour la modélisation de l'agent d'individualisation de l'activité de 'présentation de texte' et reconnaissances de mot (voir chapitre 5). Donc, un sérieux problème de conception se pose au niveau de l'analyse de l'activité et de son dynamisme. Le modèle relationnel de l'objet pédagogique qu'on propose semble très utile pour la délimitation du cahier des charges.

2.2.4 Conception de l'objet pédagogique

En génie logiciel, la phase de conception suit celle de l'analyse et permet de définir le comportement des objets eux-mêmes. D'abord, elle consiste à valider, par des considérations de faisabilité et d'adéquation au cahier des charges, le modèle d'analyse. Ensuite, elle médiatise l'analyse par rapport au code. On peut constater que les objets opèrent par décomposition structurelle, en déterminant à partir du comportement global du système, des sous-systèmes stables en relations régulières, reconnus par leurs comportements typiques et invariants. Notre conception concerne aussi l'agent d'individualisation. En effet, les composantes structurelles de l'objet constituent également les composantes conceptuelles de l'agent d'individualisation de l'activité.

Notons ici que le scénario de l'activité didactique n'a pas une représentation statique mais plutôt qu'il est lié directement au dynamisme de déroulement de l'activité didactique ; le schéma (figure II.2.4) explicite la complexité de ce dynamisme. Le problème d'individualisation nécessite d'explicitement une diversité de connaissances de statut épistémique complexe ce qui rend la tâche d'analyse de plus en plus complexe. Nous avons évoqué la nature des connaissances qui peuvent être mises en jeu lors du déroulement de l'activité didactique (Chapitre 2 et Chapitre 5).

2.2.4.1 Modèle relationnel de l'objet pédagogique

Dans un exemple simple d'activité de présentation de texte, on peut avoir plusieurs éléments de nature cognitive associés à l'objet de connaissance 'texte' présenté dans l'instrument 'champ du texte'. Le modèle cognitif doit contenir les schémas qui interviennent aux échelons les plus élevés du traitement pour : inférer, raisonner, juger, interpréter, critiquer, résumer, l'analyse syntaxique de séquences de

Modèle générique de l'Objet Pédagogique AMICAL

mots identifiés (structures syntaxiques simples et non ambiguës) (voir figure ci-dessous (compétences conceptuelle, cognitive et métacognitive)).

Les composantes de l'objet sont les instruments associés aux artefacts représentant les moyens pour accomplir les actions de l'apprenant. Le modèle relationnel de l'objet pédagogique concerne la représentation de la dynamique de l'activité. Dans la figure ci-dessous, l'objet pédagogique est composé de l'ensemble des instruments pédagogiques et les intentions didactiques caractérisant l'activité didactique. L'entité 'Instrument' est composée de l'ensemble des connaissances générées par le processus de traitement de connaissances mises en œuvre par l'apprenant. Ce processus est préconisé par les intentions d'enseignement pour faire évoluer l'état de savoir et l'état cognitif de l'apprenant. Ainsi, l'instrument est relié par l'association (instrumentation/instrumentalisation) avec l'entité compétences visées. L'instrumentalisation concerne les quatre variations de l'instrument pédagogique (contenu, interface, mode et moment d'intervention de ce dernier), donc l'enrichissement de l'instrument par les différentes variantes permet d'augmenter l'adaptabilité de ce dernier. Cette variabilité est en relation directe avec l'instrument pour viser les différents types de compétences.

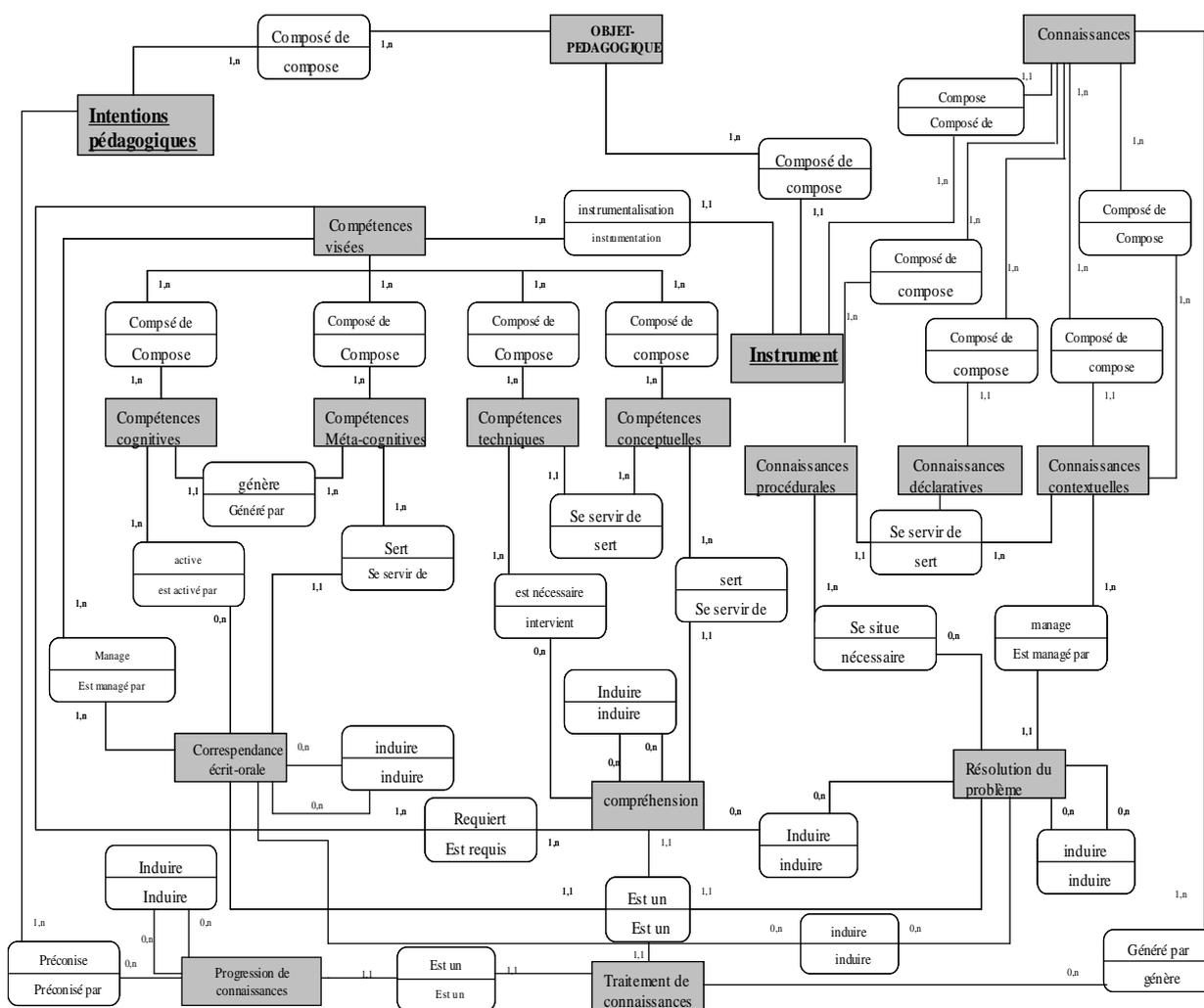


Figure II.2.4 Modèle relationnel de l'objet pédagogique AMICAL

Il est à noter que les compétences visées ne font pas partie de la structure de l'objet pédagogique, mais elles sont calculées dynamiquement lors du processus d'instanciation de ses paramètres. L'agent d'individualisation se charge du calcul de l'état cognitif désiré à partir de l'état cognitif initial de l'apprenant (chapitre 5).

Le fait de varier le mode d'intervention de l'instrument et le laisser à l'initiative de l'élève ou à l'initiative du système peut viser les compétences cognitives ou les compétences métacognitives de l'apprenant. Le moment d'intervention du même constituant de l'activité donne à l'apprenant plus de temps pour identifier tout ce dont il a besoin pour la résolution du problème pendant le déroulement de l'activité didactique. On trouve également dans la figure II.2.4 qu'il y a trois types de connaissances dans l'activité qui sont : déclarative, procédurale et contextuelle. Les relations intrinsèques entre ces connaissances servent comme outil permettant d'explicitier la résolution du problème par l'apprenant (activation d'un instrument, déclenchement d'une méthode définie sur un instrument d'aide ...). L'entité 'Progression de connaissances' reste très difficile à expliciter dans le cadre d'une activité lecture texte ; néanmoins ceci reste étroitement lié à l'intention préalable de l'activité selon le modèle de l'apprenant utilisé.

Dans notre conception actuelle de l'activité didactique où les connaissances et les modèles émergent, on doit spécifier tous les modèles attachés à l'instrument avec les différentes contraintes associées. Dans l'exemple précédent du champ du texte, donné dans la partie 1, le modèle cognitif doit dépendre de l'objet de connaissance texte ; ce modèle doit représenter le texte comme étant un objet de connaissance ayant des caractéristiques associées au modèle cognitif (les structures syntaxiques du texte ; les statuts des mots constituant le texte ; les représentations conceptuelles dans le texte ; les composants du texte : Chaîne orale Chaîne écrite ; les textes à séquence unitaire : narrative, descriptive, argumentative,...). Le modèle doit contenir également les organisateurs textuels pour arriver à une représentation complète des différents objets de connaissances.

2.2.4.2 Analyse par objet

L'objet pédagogique est une nouvelle approche adoptée pour la représentation de l'activité didactique selon les principes de la programmation objet (chapitre 1, Section 4). Il s'agit, dans notre cas d'étude, d'une nouvelle forme de représentation de l'activité d'apprentissage selon le paradigme objet. L'objet pédagogique que l'on propose est caractérisé initialement par les connaissances mises en jeu lors du processus d'acquisition des connaissances par l'apprenant ; pour cela les propriétés de cet objet sont définies par les couples <Action ; Connaissances> ou les triplets <Action ; Statut ; Connaissances> ; les instruments associés à l'ensemble d'artefacts utilisés dans l'activité didactique sont représentés également sous forme objet. Ces instruments sont considérés comme les moyens utilisés par l'agent d'individualisation pour accomplir ses actions.

L'approche objet bénéficie de nombreux avantages : mécanisme de décomposition, souplesse et réutilisation, ce qui donne à l'activité plus d'adaptabilité pour l'individualiser selon les profils d'apprenants. L'activité didactique est représentée sous forme d'objet telle que les intentions pédagogiques caractérisant l'activité didactique soient considérées comme les attributs de cet objet, les méthodes définies sur l'objet.

Un objet est un concept ou toute entité du monde physique, que l'on dote d'une définition précise et non ambiguë et de limites comportementales strictement définies (Rumbaugh 1997). C'est donc une entité qui a une identité permanente, un état et un comportement, à la fois précis et stable. L'objet existe dans le temps et l'espace du système informatique, en se comportant de façon essentiellement réactive, c'est-à-dire de manière contractuelle envers les sollicitations qu'il reconnaît (Meyer 1993).

"Le modèle objet est la représentation fonctionnelle et simplifiée d'une classe d'objets ou de phénomènes à l'aide de symboles, organisés en une forme plus ou moins structurée, dont l'exploration et la manipulation, effectuées de manière concrète ou abstraite, entraînent une compréhension accrue et permettent l'énoncé d'hypothèses de recherche."²

On se base sur l'extension temporelle opérée par (Shlaer & Mellor 1991), dotant les objets de durée de vie, ce qui signifie dans notre cas, doter l'objet pédagogique de cycles de vie du scénario décrivant l'activité didactique. Nous avons adopté l'approche objet pour la représentation de l'activité. La démarche de modélisation par objets se fonde sur une propriété forte des systèmes que l'on construit : ces systèmes sont fonctionnellement bien décomposables. La détermination initiale des objets qui seront pris en considération dans le modèle sera réalisée par l'abstraction. La définition opératoire que donne G. Booch de l'abstraction est la suivante (Booch 94) :

Une abstraction fait ressortir les caractéristiques essentielles d'un objet (qui le distinguent de tous les autres) et donc procure des frontières conceptuelles rigoureusement définies, par rapport au point de vue de l'observateur.

Cette définition de l'abstraction permet au modélisateur d'exprimer les objets du domaine qui lui paraissent pertinents, c'est-à-dire satisfaisants à des pré-conditions et à des post-conditions permanentes. Nous avons procédé à une démarche d'abstraction pour la conception de toute entité modélisée comme une désignation abstraite. Une classe d'objet est définie par l'activité type (l'ensemble des couplets <action, connaissance> et triplets <action, statut, connaissance >), les pré-conditions d'exécution de l'activité sont détaillées dans le chapitre 5.

Un des points clés dans la réutilisation des objets pédagogiques réside dans leur capacité à s'adapter à des intentions didactiques différentes. Ainsi, nous proposons de les structurer de manière à ce qu'on puisse accéder de façon indépendante aux intentions didactiques et aux objets qui les composent, afin de pouvoir modifier ou remplacer indépendamment chacun de ces types d'objets. Le modèle de diagramme d'objet montre un exemple de structure de l'objet pédagogique représentant l'activité de 'Présentation de texte'.

Ce modèle explicite les objets constituant l'activité didactiques. Il est à noter que les instruments pédagogiques sont représentés comme des objets. La partie schème d'utilisation de l'artefact correspond aux différents scénarios prédéfinis sur chaque constituant de l'interface. Dans le sens objet le scénario d'utilisation est considéré comme un ensemble de méthodes activable par l'apprenant lors

² LEGENDRE, R. *Dictionnaire actuel de l'éducation*.
Montréal : Éditions Guérin et ESKA, 1993.

de l'utilisation de l'artefact. Par exemple la sélection de l'objet compagnon visuel lance la méthode *activer_compagnon*.

La représentation des instruments cognitifs dans la structure de l'objet pédagogique semble avantageuse car elle permet une meilleure gestion de déroulement de l'activité didactique. En revanche, cela nécessite beaucoup d'efforts de conception et des expérimentations dans un contexte réel pour valider l'effective utilisation des objets abstraits. Le but de nos travaux reste de montrer une réflexion sur la manière d'utiliser des concepts des théories issues des sciences humaines.

Le tableau ci-dessous présente un exemple d'un instrument champ du texte et les connaissances définies sur ce dernier. Cet exemple est utilisé dans l'activité de présentation de texte et prend en compte le travail cognitif de l'apprenant dans le cadre d'AMICAL. Nous donnerons dans ce qui suit un exemple d'instrument d'aide et montrons les éléments pouvant être pris en compte pour la conception d'un instrument indépendamment du domaine d'apprentissage.

Tableau II.2.1 Structure d'une composante structurelle champ de texte

Nom	Instrument champ du texte	String
Sorte de	Support de connaissances	String
Localisation	Activité 'présentation de texte	String
Mode d'intervention	Prédéfini	String
Moment d'intervention	Prédéfini	Complexe type
Nature du travail de l'enfant	Cognitif : correspondance écrit oral	Complexe type
Effets observés	Comportement observable	Complexe type
Fonction pédagogique	En relation de la charge mentale de l'apprenant (mot par mot , ...)	String
Contenu	Texte, type degré de difficulté	Complexe type
Forme	Champ du texte, couleur , taille de police , visibilité	Complexe type
Scénario	Connaissances contextuelles	Méthodes
Effets attendus	Selon les intentions préalables de l'activité didactique	Complexe type

En générale, pour réaliser le diagramme de classes, il faut pratiquer un travail de classification à partir d'un diagramme d'objet pour réunir ensuite les objets en classes. La figure II.2.5 présente les différents objets faisant partie de la structure de l'objet pédagogique. Ces objets ont la même représentation théorique des composantes conceptuelles de l'agent. Donc l'agent incorpore dans sa structure les constituants variants, représentant ces objets, pour les individualiser selon les profils d'apprenants (voir chapitre 3). Le diagramme de classe de l'objet pédagogique est obtenu à partir du diagramme d'objet ce qui permet de rendre compte de différentes situation(s) d'apprentissage. Nous discuterons dans la section suivante le problème d'abstraction des modèles de conception pour assurer la généralité du modèle d'objet pédagogique et son application dans d'autres contextes de travail.

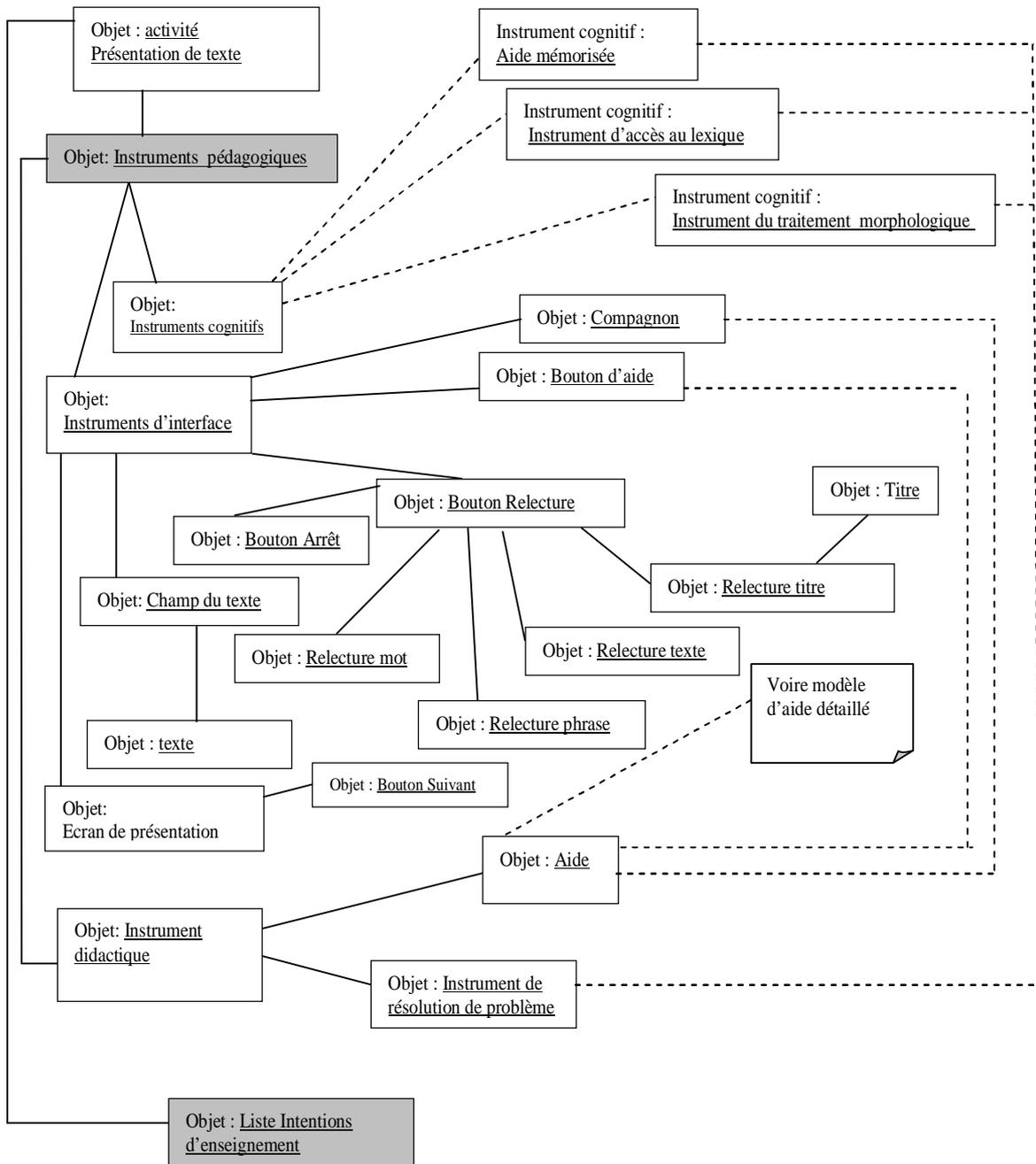


Figure II.2.5 Structure de l'objet pédagogique représenté selon le formalisme de diagramme d'objet UML

2.2.5 Le modèle générique de l'Objet Pédagogique AMICAL

Le but ultime de la généralité réside dans le fait d'abstraire les modèles de conception pour les rendre utilisables dans d'autres contextes. La généralité permet en l'occurrence de paramétrer le modèle même avec des types non encore existants (qui seront précisés ultérieurement dans le nouveau contexte d'application). Le fait de représenter les intentions d'enseignement dans les propriétés de l'objet lui-même offre un modèle générique de représentation objet de l'activité didactique. Ce qui peut être considéré comme spécifique pour amical est le type ou plutôt le format particulier adopté pour la représentation des intentions d'enseignement $\langle \text{Action}, [\text{Statut}], \text{connaissances} \rangle$. Les instruments représentés par les composantes structurelles de l'objet pédagogiques sont des éléments génériques de ce modèle.

2.2.5.1 Éléments génériques de l'objet pédagogique

Le méta-modèle UML (figure III.2.4) présente un modèle générique des objets pédagogiques AMICAL. Chaque objet est caractérisé par l'ensemble des propriétés et les instruments représentant ses composantes structurelles. Les méthodes représentent les scénarios d'utilisation des artefacts associés aux instruments pédagogiques, elles sont généralement liées aux modules de raisonnement de l'agent. Une méthode (*Lecture_phrase_par_phrase*) est le résultat d'un module de raisonnement de l'agent qui décide le moment et le mode d'intervention de ce constituant (voir chapitre suivant).

Dans la figure II.2.6, la variation de l'ensemble des propriétés peut donner une classe d'objet générée par le méta-modèle représentant les sous familles de l'activité mère. Acceptant le fait que AMICAL appartient à une classe de STI adoptant le modèle de représentation de connaissances utilisé. Les couples et triplets $\langle \text{Action}, \text{Connaissances} \rangle$ et $\langle \text{Action}, \text{Statut}, \text{Connaissances} \rangle$ deviennent des éléments génériques de l'objet pédagogique dans ce modèle STI. Ainsi l'ensemble des instruments constituant l'objet pédagogique peut déterminer sa structure. Ces instruments peuvent aussi être considérés comme des éléments génériques pour ce modèle.

Nous avons donc défini deux niveaux d'abstraction du modèle d'objet pédagogique proposé. Un premier niveau générique pour d'autres STI et d'autres domaines d'application et un deuxième niveau défini sur une classe de STI adoptant le même modèle de représentation de connaissances de AMICAL qui reste applicable dans d'autres domaines d'apprentissage. En effet la conception des instruments pédagogiques dépend, généralement, du domaine de l'apprentissage, excepté les instruments d'aide. Les instruments pédagogiques deviennent des éléments spécifiques pour chaque objet pédagogique (voir modèle d'objet de l'activité présentation de texte, les instruments sont spécifiques pour chaque activité). Les composantes structurelles de l'objet sur lesquelles sont définies les connaissances à faire acquérir permettent à l'apprenant d'acquérir ces connaissances tout en respectant les intentions pédagogiques figurées dans ses propriétés. Ces composantes tiennent compte de différents types de compétences pour assurer la progression des connaissances de l'apprenant et l'évolution de sa cognition.

Modèle générique de l'Objet Pédagogique AMICAL

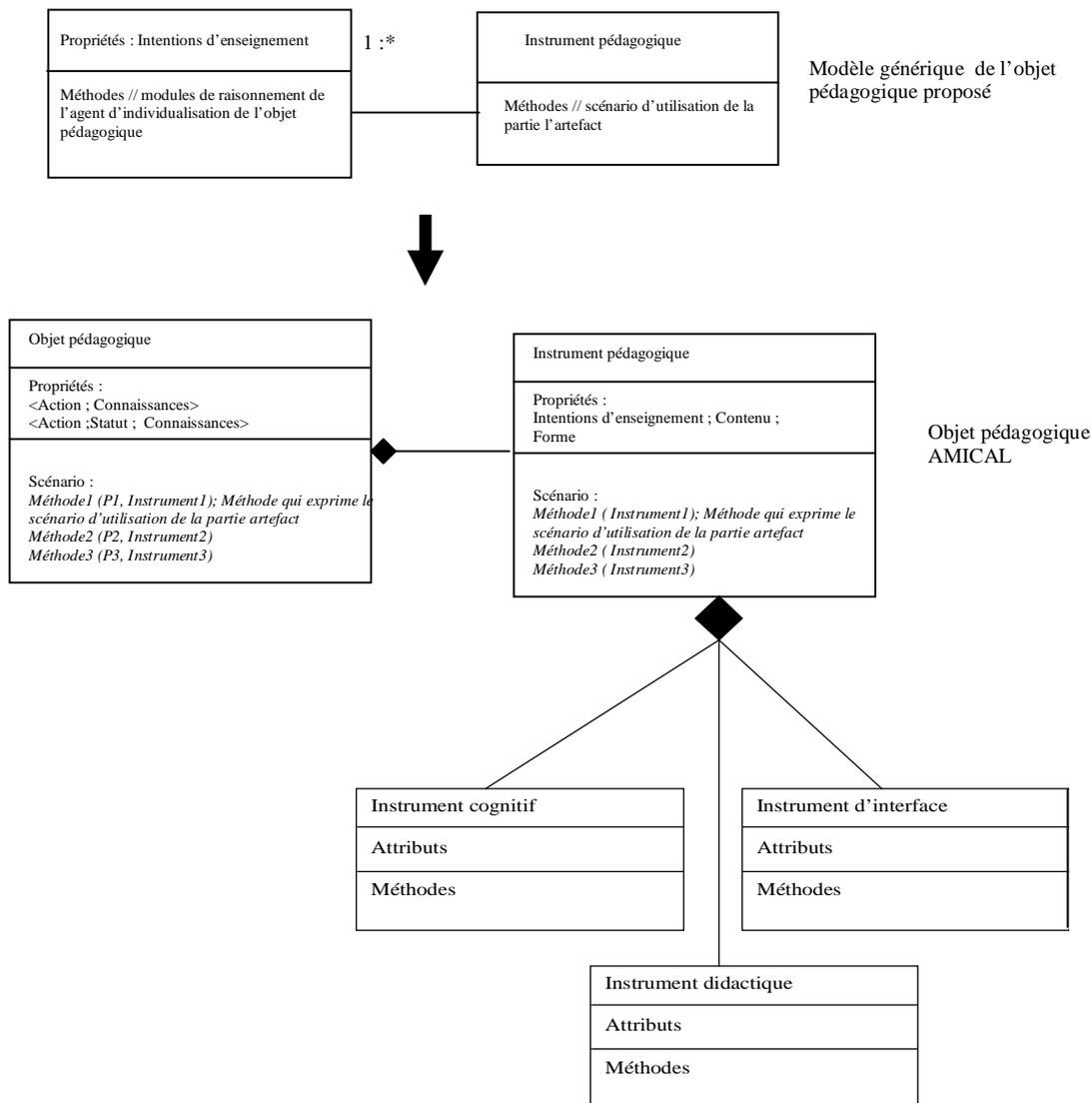


Figure II.2.6 Méta-modèle selon le formalisme de diagramme de classe UML

Par exemple une composante représentant l'instrument d'aide doit inclure les différents éléments d'individualisation identifiés pendant la phase d'analyse. Il est à noter que le choix de ce constituant a un double objectif, tout d'abord on peut s'interroger sur la représentation générique de ce type particulier d'instruments pédagogiques, le deuxième objectif concerne la mise en œuvre des compétences méta-cognitives par l'apprenant pour apprendre. La prise en compte de ce type de compétences a fait l'objet de recherches de nombreux travaux (voir état de l'art section 2).

2.2.5.2 Exemple de modélisation d'un composant d'aide

La prise en compte des compétences méta-cognitives par le système peut améliorer l'apprentissage et permet à l'apprenant de se servir de ses habilités dans le futur pour mieux apprendre. Les travaux de (Aleven et al 2006) ont vérifié cette hypothèse pour le développement des stratégies méta cognitives des apprenants en proposant 'Agent Help Tutor' qui se basent sur l'ensemble de règles de production concernant l'état cognitif de l'apprenant (voir chapitre 1 section 2).

Notre travail ne se contente pas uniquement de proposer des aides adaptées selon l'état cognitifs de l'apprenant mais aussi on s'interroge sur les différents types et leurs formes d'interventions pour adapter le contenu et l'interface selon le profil de l'apprenant. Ces aides sont considérées dans notre conception actuelle comme des composantes de l'activité didactique. Elles procèdent en plusieurs phases, selon la structure de choix d'un constituant d'aide, déterminant l'élément de la structure retenue. Pour une SDT, concernant les aides, deux grands types d'aides semblent devoir être distingués :

(1) Aides par rapport au problème posé à l'élève (Aide à la Résolution de Problème ARP) : ce type d'aide représente les éléments introduits dans chaque instrument d'aide (ARP), il s'agit de rendre compte des difficultés rencontrées lors de la résolution de problème par l'apprenant pour lui proposer des aides préparées selon la situation ciblée (toutes les difficultés pouvant être rencontrées pendant la résolution de problèmes doivent être traitées et gérées par des connaissances contextuelles). Les éléments introduits dans les instruments d'aides peuvent correspondre aux :

- Éléments didactiques : ce sont les structures complexes qui se basent sur l'épistémologie de l'expertise du domaine et les différentes stratégies d'enseignement. Ils sont des éléments qui peuvent modifier les intentions préalables de l'activité didactique. Un exemple simple (une aide de lecture texte laissée à la disposition de l'apprenant peut modifier les intentions préalables de l'activité didactique).
- Éléments pédagogiques : ce sont des éléments utilisés par l'apprenant lors de l'utilisation des artefacts d'aide associés aux instruments d'aide de résolution de problème (ARP). Ils peuvent être de deux différentes natures :
 - a. Nouvel essai : Information sur le fait que la réponse attendue n'est pas la première réponse donnée ...etc. (La première réponse doit rester visible pour l'élève dans un endroit spécifié dans l'écran).
 - b. Nouvel essai avec informations complémentaires sur la nature de la réponse attendue
 - c. Éléments d'interface : ce sont les éléments qui ont une relation avec son mode d'intervention (Auditif, Visuel) et permettent de définir le moment opportun d'intervention de l'artefact d'aide.
- Éléments cognitifs : ils révèlent les capacités cognitives et métacognitives de l'apprenant.

(2) Aide par rapport à l'utilisation des éléments de l'espace d'interaction mis en œuvre pour le déroulement de la situation didactique (Aide Fonctionnelle d'Interaction). Ce type d'aide représente les éléments introduits dans chaque instrument d'aide (AFI) :

- Aide sur un objet didactique (Compréhension de la consigne du problème)
- Aide pour la solution elle-même

Ces deux types d'aides peuvent être proposés ou imposés ; elles peuvent concerner un objet linguistique ou un objet didactique de l'activité d'apprentissage (voir figure II.2.7)

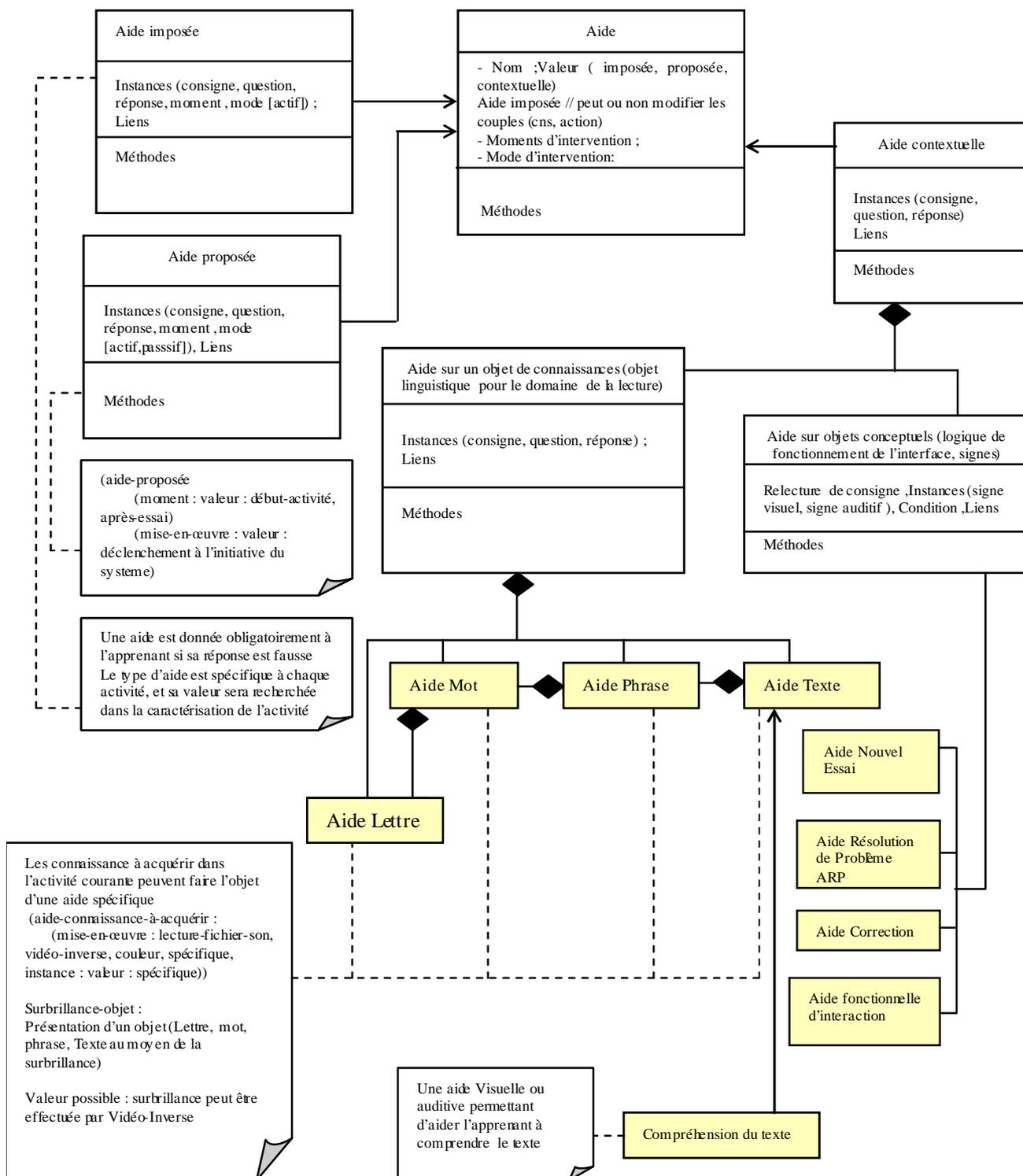


Figure II.2.7 Modèle d'un constituant d'aide

2.2.6 Paramètres d'instanciation de l'objet pédagogique

On donnera les détails sur le paramétrage de l'activité didactique et les différents modèles spécifiant les constituants de cette dernière dans le chapitre suivant. On se contente dans ce chapitre de présenter une vue globale sur les paramètres d'un objet pédagogique qui peuvent avoir une relation avec les trois aspects de l'activité didactique (contenu, interface, scénario). Les paramètres d'instanciation du contenu concernent les connaissances à transmettre dans l'activité ; il s'agit, par exemple, du texte à présenter et aussi toutes les valeurs qui peuvent avoir une relation avec les éléments qui déterminent ce dernier <titre, thème, type, niveau de difficulté, degré de connaissance>.

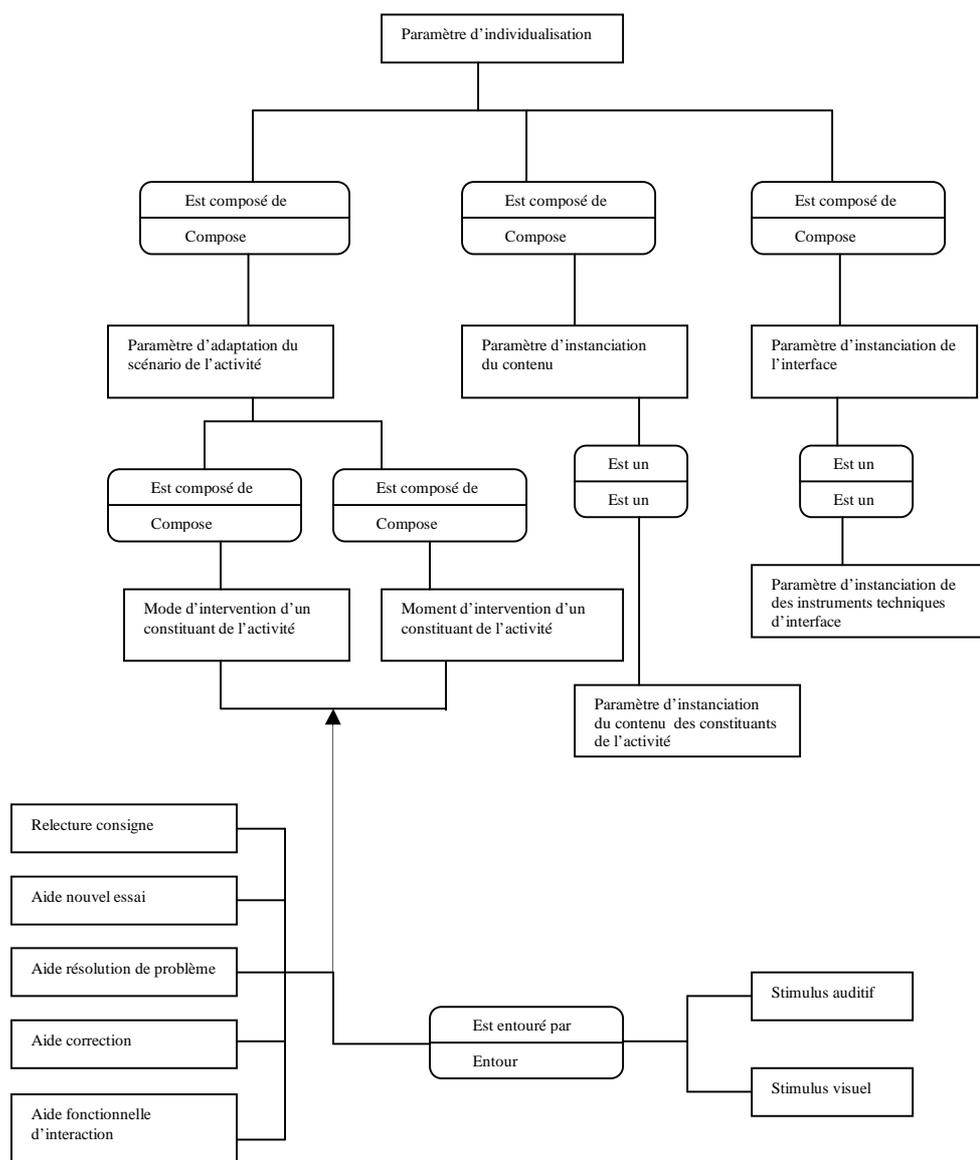


Figure II.2.8 Modèle de paramètres d'instanciation de l'objet pédagogique

Le degré de connaissance du texte varie selon le nombre de fois où il a été présenté, selon le travail effectué sur les phrases et les mots du texte. Les paramètres d'interface concernent les instruments techniques d'interface et leur mode d'intervention (Visuel, Auditif, audiovisuel) et aussi la spécificité de l'interface (attribut de visibilité, forme des instruments) tout en prenant en considération les caractéristiques de l'apprenant.

L'attribut de visibilité d'un constituant peut être considéré comme une variable d'activation de l'instrument technique d'interface représentant ce dernier. Si le comportement de l'apprenant est de nature impulsive, l'agent doit prendre une décision permettant de rendre le constituant passif pendant le temps d'accomplissement de la tâche précédente dans l'activité elle-même. Le fait de rendre le constituant actif lors du déroulement de l'activité didactique n'implique pas son utilisation automatique par l'apprenant mais plutôt une intervention laissée à l'initiative de l'élève après l'intervention de l'agent de contextualisation, ce qui s'interprète par l'adaptation du scénario de l'activité didactique en utilisant les paramètres d'individualisation de scénario d'utilisation des artefacts associés aux instruments pédagogiques.

2.2.7 Modélisation du scénario de l'activité didactique

Nous considérons le scénario de l'activité comme une succession de scénarios d'utilisation des différents artefacts associés aux instruments pédagogiques constituant l'activité didactique. Nous avons vu dans la première partie de ce chapitre que le scénario de l'artefact représente le schème d'utilisation prescrit de l'outil, ce qui permet de rendre compte du processus d'apprentissage pour l'individualisation des instruments pédagogiques.

Les instruments pédagogiques doivent être attachés à un ensemble d'actions de l'apprenant et également aux croyances de l'agent par rapport à l'accomplissement de cette action, tout en prenant en considération la variation de l'instrument selon ses différentes formes. Chaque forme a un rôle dans l'action elle-même. L'exemple qui peut illustrer ce fait est donné par la lecture du texte. Le fait que le scénario d'utilisation de l'artefact champ-de-texte corresponde à une lecture mot par mot, ou bien une lecture globale, ou une lecture phrase par phrase, montre une variation dans l'instrument attaché à une activité mentale de l'apprenant ; il s'agit d'une correspondance mot par mot, phrase par phrase, ou bien globale qui illustre une relation conceptuelle entre la progression des tâches du système et la progression de l'état cognitif de l'apprenant (définies dans le modèle cognitif de l'apprenant). L'agent doit également prendre en considération les différents profils d'apprenants pour pouvoir instancier les paramètres de l'instrument pédagogique, par exemple : les moments d'intervention de l'instrument doivent être attachés à des conditions données par des connaissances procédurales

- dès le début et pendant toute l'activité
- après la première erreur ...

L'agent peut faire également une individualisation en relation avec les statuts des connaissances présentes dans le modèle de l'apprenant : les phrases que l'élève peut faire relire sont seulement les phrases considérées difficiles pour l'apprenant. Dans les deux cas, le scénario global de l'activité didactique est considéré comme un groupe de scénarios prédictifs correspondant au moment ou au

mode d'intervention de chaque instrument. La modélisation du scénario pédagogique est une tâche très difficile, elle concerne l'interprétation d'une description préalable du déroulement de l'activité didactique donnée par le concepteur de l'activité d'apprentissage. Le diagramme d'activité UML de déroulement de l'activité présentation texte interprète la description préalable donnée par l'expert du domaine.

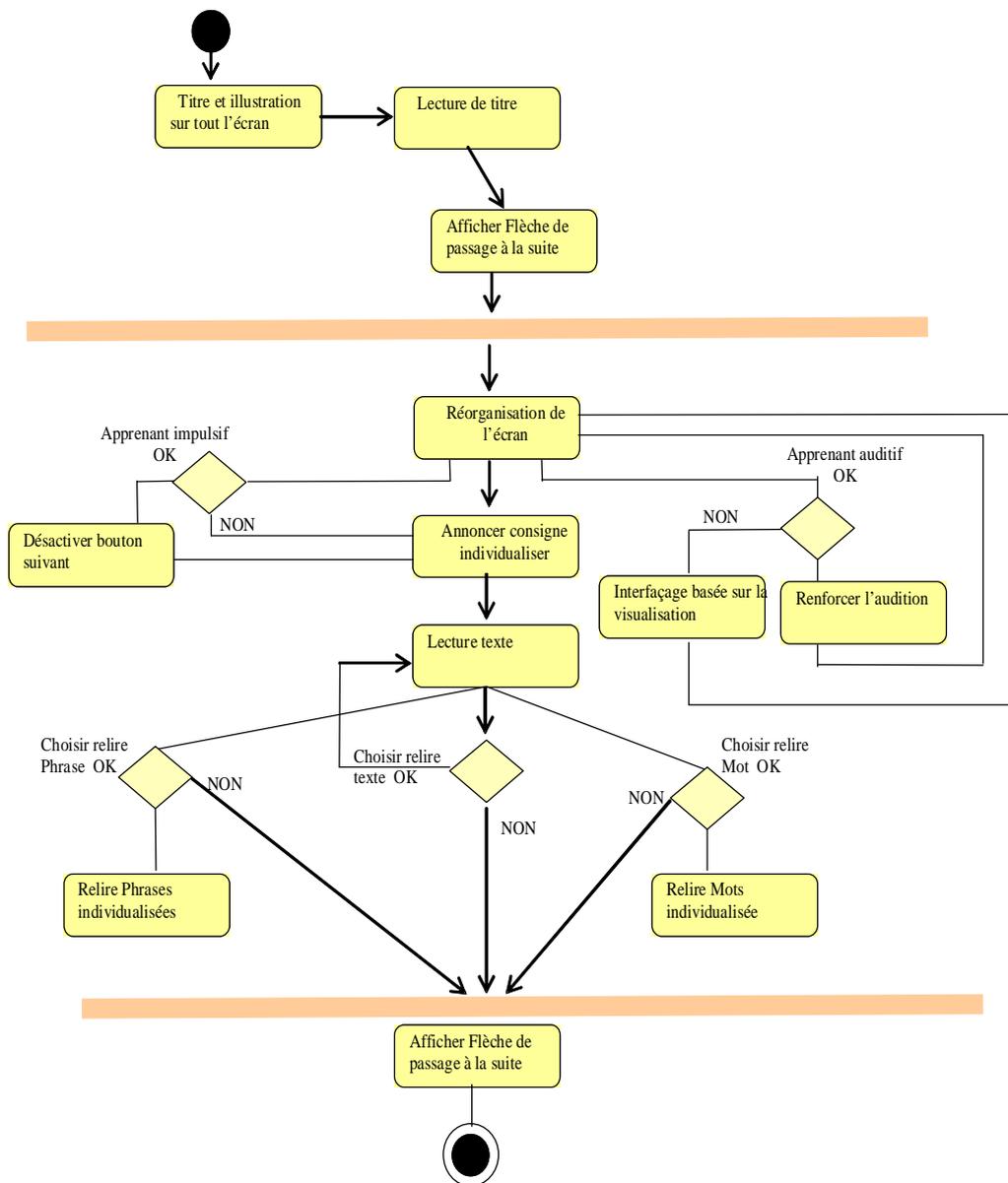


Figure III.2.9 Diagramme d'activité concernant un exemple de scénario de déroulement de l'activité didactique

2.2.8 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre une modélisation informatique de l'activité didactique basée sur les principes du paradigme objet. La modélisation de l'activité par un expert du domaine nécessite d'explicitier des connaissances de statut épistémique complexe, ce qui impose des freins par rapport à la modélisation complète de l'activité didactique. Certains problèmes restent donc toujours en suspens surtout quand il s'agit d'explicitier toutes les connaissances mises en jeu et les stratégies d'enseignement à suivre afin de pouvoir activer les stratégies d'apprentissage pour un apprenant.

Le modèle générique proposé répond aux besoins de spécification de l'architecture de l'agent d'individualisation intégré dans l'objet pédagogique. Il s'agit d'utiliser les différents modules de raisonnement de l'agent pour la scénarisation de l'activité didactique. Ce processus nécessite d'approfondir le problème de paramétrage de l'activité didactique : définir des niveaux et des modèles permettant de faciliter la tâche d'individualisation pour le modélisateur de l'agent. Le chapitre suivant évoque ce problème et donne plus de détails concernant la modélisation des connaissances et aussi leur utilisation dans des cas bien spécifiques pour être généralisés pour toute la bibliothèque d'activités didactiques.

Chapitre 3 :

Adaptabilité, constituants variants et paramètres d'individualisation de l'activité didactique

3.1 Introduction

L'activité didactique est un objet théorique multi-facettes. Les cinq facettes proposées par Chambreuil et al (Chambreuil & al 2000) dans une première réflexion ont mené à la définition de la situation didactique comme étant : une action d'enseignement, un problème complexe à résoudre par l'apprenant, un espace d'interaction entre l'apprenant et le système, un espace d'observation de l'apprenant et une structure de connaissances pour le système informatique. Cette proposition semble fondamentale dans le cadre d'une spécification de l'adaptabilité dans l'activité didactique,

"... Ces différentes facettes ne sont pas indépendantes les unes des autres, mais chacune pose des problèmes propres en termes de théorisation, de spécification et de développement informatique..."
(Chambreuil & al 2000)

Ce chapitre évoque les dimensions de la variation en corrélation avec les différentes facettes de l'activité didactique. Chaque dimension correspond à l'introduction de différents éléments en relation avec les modalités de présentation de l'activité didactique et ses paramètres d'individualisation. La dimension didactique dépend des choix méthodologiques d'enseignement spécifiés dans le modèle didactique, la dimension interactionnelle concerne les interactions entre l'apprenant et l'interface de l'activité didactique, la dimension cognitive correspond au travail mental de l'apprenant et finalement une dimension correspondant à la structure des constituants variants de l'activité didactique résultante de différentes variations définies sur les autres dimensions. Les variations introduites peuvent affecter plus particulièrement la médiation à l'œuvre dans les apprentissages réalisés par l'apprenant. Cette médiation est à la charge des artefacts associés aux instruments pédagogiques représentant les constituants variants de l'activité didactique.

Nous montrons dans ce chapitre la nature de la variation et ses dimensions en s'appuyant sur le modèle de l'expert; on présente aussi une réflexion sur les paramètres d'instanciation et nous finissons par une représentation synthétique des variants de l'activité didactique.

3.2 Niveaux de variation dans l'activité didactique

Le problème de paramétrage de l'activité est un problème complexe et dépasse une simple conception de type : trouver les paramètres d'individualisation ; définir le domaine d'appartenance ; déclencher un raisonnement de l'agent pour instancier les paramètres de l'activité didactique selon le modèle de l'apprenant. Cette complexité provient du raisonnement lui-même, ce qui nous a conduit à spécifier une nouvelle abstraction sur le déroulement de l'activité elle-même comme étant une structure des variants déterminant la modification apportée sur le déroulement de l'activité selon les profils d'apprenants. Le besoin de cette spécification abstraite des niveaux de variation dans l'activité

didactique est impliqué par la nature des paramètres d'individualisation donnés par le cognicien du projet. Nous définissons trois niveaux de présentation de l'activité d'apprentissage:

1. Un premier niveau en relation avec les modalités de présentation de l'activité didactique elle-même, il s'agit d'une variation définie sur le déroulement global de l'activité didactique, soit son scénario de déroulement global.
2. Un deuxième niveau en relation avec les constituants variants structurés en couches (chapitre 2).
3. Le troisième niveau concerne les paramètres d'instanciation spécifiés dans les modèles de l'instrument pédagogique. Donc il s'agit du niveau le plus bas qui concerne les variables de décision de l'agent incluses dans les modèles (contenu, didactique, cognitif et interface)

Nous évoquons dans ce qui suit les problèmes en relation avec la variation vue selon les experts de domaine et comment l'utiliser dans le système Informatique. On s'interroge sur la façon de rendre générique l'ensemble des variations dans d'autres contextes d'application. Il est à noter que le modèle de l'expert concentre plus sur le premier niveau de variation. Nous montrerons comment nous avons utilisé ce modèle pour traiter le problème d'adaptabilité de l'activité didactique en prenant en compte le deuxième et troisième niveau de variation.

3.3 Un lieu de rencontre d'expertises différentes : le modèle expert

Nous avons montré dans la partie 2 du chapitre précédent comment exploiter la modélisation didactique de l'activité pour l'analyse de la demande et la conception de l'objet pédagogique selon la méthode de travail suivie. Nous présentons dans ce chapitre d'autres exemples montrant les variations modélisées par l'expert de domaine. Quoique le modèle de l'expert nous permette d'identifier les variants de l'activité didactique afin de pouvoir les utiliser dans le système, d'autres problèmes se posent au niveau de la prise en compte de différentes dimensions de variations par ce modèle. Nous exposons le modèle de l'expert pour discuter ensuite les problèmes rencontrés lors son utilisation.

3.3.1 Exemple de caractérisation d'une SDT 'Présentation de texte'

La SDT est caractérisée par l'ensemble des unités d'intentions d'enseignement auxquelles elle répond (unités d'objectif) ; ces intentions se présentent sous les deux formes suivantes : "action-connaissance" qui correspond à l'intention d'enseignement sur la connaissance (présenter, faire discriminer, faire mémoriser, ...) et "action-statut-connaissance" qui correspond à l'intention portant sur le statut de la connaissance (vérifier). Nous donnons ici la liste des unités d'objectif auxquelles répond l'activité présentation de texte.

(mettre en présence, nouveau, texte) (mettre en présence, compréhension orale) (mettre en évidence, correspondance chaîne écrite-chaîne orale) (mettre en évidence, texte objet écrit : linéarité gauche-droite, haut-bas)

Des sous-familles de cette activité sont définies à partir de modifications pouvant porter sur différents éléments:

–le statut d'une connaissance. Si l'on change le statut 'nouveau' figuré dans le premier triplet (mettre

en présence, texte, nouveau) par 'connu', on obtient une SDT différente, à laquelle s'ajoute l'unité d'objectif "faire mémoriser texte"

– les modalités de lecture du texte. Plusieurs scénarios sont possibles selon les unités "texte non lu ; texte lu ; texte lu phrase par phrase"

– texte lu avec accompagnement video-inverse et suivi synchronisé : (mettre en évidence, correspondance chaîne écrite-chaîne orale) (mettre en évidence, texte objet écrit : linéarité gauche-droite, haut-bas)

– texte lu en continu : (mettre en présence, compréhension orale)

– texte lu phrase par phrase : (mettre en présence, compréhension orale) (mettre en présence, objet phrase : constituant du texte)

– texte non lu : (provoquer, lecture texte)

3.3.2 Exemple de caractérisation de l'activité Reconnaissance de mot dans un texte

Quatre critères de différenciation des SDTs possibles : les connaissances en jeu, les actions sur les connaissances, le statut des connaissances en jeu, les actions sur les statuts

-Les connaissances en jeu

Objet mot

(mot objet écrit) (mot constituant du texte) (mot limité par 2 espaces)

Stratégies d'identification de mot

(stratégie comparaison) (stratégie de localisation sémantico-spatiale) (stratégie de repérage association graphème-phonème) (stratégie de repérage syllabe) (stratégie de repérage majuscule-nom propre)

- Les actions sur les connaissances

Mot

– (mettre en présence, mot objet écrit) (mettre en présence, mot constituant du texte) (mettre en présence, mot limité par 2 espaces) → vrai pour toutes les SDTs

– mots à identifier présents à côté du texte : (mettre en présence, permanence mot objet écrit) (faire mémoriser par comparaison visuelle, mot écrit)

– mots à identifier présents à côté du texte puis effacés : (faire utiliser, permanence mot objet écrit) (faire mémoriser par enregistrement visuel, mot écrit)

– mots à reconnaître dans le texte où ils ont été identifiés : (renforcer mémorisation par rappel mémoire, mot écrit)

– mots à reconnaître dans autre texte de statut connu : (faire utiliser, mot écrit)

– mots à reconnaître dans texte nouveau : (faire s'approprier, mot écrit)

Stratégies

– mots à identifier présents à côté du texte : (mettre en présence, stratégie de localisation sémantico-spatiale) (faire utiliser, stratégie sémantico-spatiale) (inciter à utiliser, stratégie comparaison)

– mots à identifier ayant association graphème-phonème commune à l'initiale : (mettre en présence, stratégie de localisation sémantico-spatiale) (inciter à utiliser, stratégie de repérage association graphème-phonème)

Adaptation constituants variants et paramètres d'individualisation de l'activité didactique

- mots à identifier ayant association graphème-phonème (donnée et présente sur l'écran) commune à l'initiale : (faire mémoriser, as. Gr-Ph) (faire utiliser, stratégie de repérage association graphème-phonème)
- mots à identifier ayant syllabe commune à l'initiale : (mettre en présence, stratégie de localisation sémantico-spatiale) (inciter à utiliser, stratégie de repérage syllabe)
- mots à identifier ayant majuscule initiale (noms propres, prénoms) : (mettre en présence, stratégie de localisation sémantico-spatiale) (inciter à utiliser, stratégie de repérage majuscule-nom propre)

-Le statut des connaissances en jeu (texte, mot, as.graphème-phonème, syllabe)

- texte nouveau présenté : (mettre en présence, texte nouveau présenté)
- texte connu : (mettre en présence, texte statut connu) : texte nouveau présenté, texte mots dits reconnus, texte premier porteur des mots identifiés, texte
- mot nouveau : (mettre en présence, mot nouveau)
- mot connu : (mettre en présence, mot connu)
- association graphème-phonème nouvelle présente sur l'écran : (observer, as. G-P repérée)
- association graphème-phonème connue : (vérifier, as. G-P connue)
- syllabe nouvelle
- syllabe connue

- Les actions sur les statuts des connaissances

- mots à reconnaître en autonomie : (observer, statut mot dit reconnu)
- mots à reconnaître avec un statut donné : (vérifier, statut mot)

Exemple de variantes de la situation didactique Reconnaissance de mot

(faire mémoriser mot) présent dans toutes les SDTs

C1 : Mot – Retrouver dans un ensemble de mots proches un mot présent encadré sur l'écran (Ex : ami encadré et liste âme, amie, ami, âne ; oiseau encadré et liste oiselet, oiseau, oisif, oison)

(faire appliquer, mot séquence spécifique de lettres) (faire appliquer, permanence du mot)

C2 : Mot – Retrouver plusieurs occurrences d'un même mot de statut 'vu' dans un ensemble de mots, en désordre ou en liste (aide : donner le nombre d'occurrences), ou le retrouver présent dans 3 listes en colonnes

(faire utiliser comparaison visuelle) (faire prendre conscience, permanence du mot)

C3 : Mot – Un mot étant écrit, les lettres de ce mot sont placées en un ensemble caché, une lettre est soit écartée, soit ajoutée ; il faut la retrouver dans l'alphabet présent sur l'écran, une fois l'ensemble caché modifié et révélé.

(mettre en présence, alphabet) (faire prendre conscience, lettre constituant du mot) (faire prendre conscience, mot séquence spécifique de lettres) (mettre en présence, mot séquence de lettres avec possibilité de plusieurs occurrences d'une même lettre)

Exemple :

Texte –nouveau présenté -mots à identifier présents à côté du texte puis effacés –mots nouveaux
 (mettre en présence, texte nouveau présenté)
 (mettre en présence, mot nouveau)
 (mettre en présence, stratégie de localisation sémantico-spatiale)
 (inciter à utiliser, stratégie comparaison)
 (mettre en présence, permanence mot objet écrit)
 (faire mémoriser par enregistrement visuel, mot écrit)



Figure III.1 Interface d'une Situation Didactique de reconnaissance de mot

3.4 Problèmes d'utilisation du modèle de l'expert

Le modèle de l'expert proposé montre visiblement les différentes variations définies sur les intentions d'enseignements caractérisant l'activité didactique. La prise en compte de cette variation est très utile pour l'adaptation de l'activité didactique selon ses variantes. Néanmoins cette modélisation pose un problème au niveau de l'individualisation de l'interface et du scénario de déroulement de l'activité didactique. Si on prend du recul pour s'interroger sur les différentes dimensions de variation prise en compte dans ce modèle, on peut facilement remarquer le manque **d'explicitation** de la variation de cognitive et celle de l'interface. Donc deux dimensions de variations sont données dans ce modèle : variation didactique et variation du contenu. La variation didactique est le résultant d'un découpage de la SDT en actions élémentaires. Elle est définie sur le contenu d'enseignement qui concerne les objets de connaissances utilisés dans le domaine de la lecture (Texte, mot, lettre ...).

Il est certain que la variation didactique définie sur le contenu d'enseignement est en relation avec les autres dimensions (variation cognitive et d'interface). Une intention d'enseignement qui vise la mise en œuvre d'une stratégie cognitive peut influencer la dimension cognitive. Ce qui implique un changement dans le modèle cognitif contenant les compétences visées. Le problème posé dans ce modèle réside dans le fait que les stratégies cognitives sont représentées comme des connaissances à enseigner et non pas comme des connaissances procédurales définies sur les artefacts symboliques associés aux instruments cognitifs. En suivant notre conceptualisation de l'activité didactique ces stratégies nécessitent d'être reliées aux instruments cognitifs qui associent les artefacts incorporant le mode d'interaction de l'apprenant avec les connaissances. L'application de notre approche de conception nécessite de prendre du recul pour mettre en évidence la relation entre les intentions d'enseignement et les trois classes d'instruments pédagogiques définies dans le chapitre précédent.

Il faut reconnaître aussi que chaque groupe de couples ou triplets décrivant une activité didactique dépend d'une représentation prédéfinie de l'interface de l'activité. Ceci pose un problème au niveau de stockage et réutilisation des composantes car une représentation indépendante de l'interface de chaque composante est requise. Notre objectif dans ce chapitre est d'explicitier les quatre dimensions de variations dans la structure des instruments pédagogiques pour assurer la flexibilité du matériel pédagogique utilisé dans le système.

Les intentions d'enseignement spécifiées sous forme (Action,[Statut],Connaissance) représentent une structure de connaissances dans laquelle plusieurs variables peuvent engendrer de nouvelles Situations Didactiques, ou plutôt des sous familles de la Situation Didactique mère. Nous pouvons également remarquer que cette représentation est de nature rigide, elle met des obstacles pour définir une variation sur l'ensemble d'actions locales de l'activité elle-même. Pour qu'on soit plus clair, si le concepteur dispose d'un groupe de couples spécifiant une SDT, la détermination d'une sous famille de cette dernière n'implique pas automatiquement la possibilité de changer les paramètres définis sur ce groupe mais plutôt le remplacement de l'ensemble des couples par ceux jugés décrire une sous famille de SDT (voir section 3.8.1).

Tableau III.1 Variation dans l'activité 'reconnaissance de mot' obtenu à partir du modèle de l'expert (voir détail dans l'Annexe A)

Variation	Variants (contenu)	Eléments didactiques et cognitifs		Adaptabilité (variation de l'interface)
		Compétences visées	Facteurs d'objectif	
C1,C2	<ul style="list-style-type: none"> - Mot - Statut - Stratégies - Intention pédagogique - Connaissances mis en jeu - Aides - Attributs des instruments de l'interface - Contexte - Scénario - Tâche - Organisation de l'écran 	<ul style="list-style-type: none"> - Aptitude à retrouver une information dans un texte mémorisé et présent - Aptitude à utiliser des capacités métacognitives - Aptitude à retrouver une information dans des contextes différents - Aptitude à retrouver une information connue et mémorisée - Aptitude à différencier des formulations voisines par le champ sémantique évoqué 	<ul style="list-style-type: none"> - Activation des stratégies de reconnaissances de mot -Aptitude à différencier des formulations voisines par le champ sémantique évoqué - -stratégie par association de deux critères de choix : repérage graphique (majuscule) et repérage graphophonique partiel à l'initiale 	<ul style="list-style-type: none"> -> lecture de consigne adaptée -> relecture de la consigne après un certain nombre d'erreurs -> demande d'un mot avec majuscule (prénom ou nom), commençant par la même association phonème-graphème que d'autres mots sans majuscule demandés) -> demande de mots dans l'ordre de succession du texte
C3	<ul style="list-style-type: none"> - Mot - Statut - Stratégies - Intention pédagogique - Connaissances mis en jeu - Aides - Attributs des instruments de l'interface - Contexte - Scénario - Tâche - Organisation de l'écran 	<ul style="list-style-type: none"> - Réutilisation d'un savoir (lettre connu) pour résoudre un problème de différenciation d'éléments écrits plus ou moins proches. - Résolution de problème, mise en œuvre et utilisation simultanée de différentes composantes du langage (analyse de contenu). - Auto-contrôle et conduite de démarche (métacognitif). 	<ul style="list-style-type: none"> -Reconnaissance de mot à l'initiative de l'élève Paramètre1 : mode d'action élève/système -Identification-reconnaissance de mot à l'initiative du système(mot demandé) Paramètre2 : progression dans l'acquisition (initiative système) p1-faire identifier en contexte p2-faire reconnaître dans le même contexte p3-faire reconnaître dans un contexte différent p4-contrôler reconnaître en contexte 	<ul style="list-style-type: none"> -> cliquage sur la réponse et validation : -> si erreur, proposer l'aide -> si erreur encore, proposer nouvel essai et imposer l'aide à la résolution du problème.

Il faut parvenir donc à une méthode de travail pouvant assurer la flexibilité de l'activité selon les intentions d'enseignement qui la caractérisent. Pour cela notre conception tient compte du concept de l'instrument pédagogique définissant d'une façon précise les actions de l'activité didactique qui entreprennent la tâche proposée et incorporant dans sa structure les éléments d'adaptation de l'activité de l'apprenant. Par exemple l'instrument pédagogique 'champ du texte' incorpore dans sa structure les intentions d'enseignement décrivant l'activité didactique. Les différentes utilisations de l'artefact associé à cet instrument peuvent correspondre à la lecture mot par mot, (mettre en présence, correspondance mot écrit-mot oral), lecture phrase par phrase (mettre en présence, correspondance chaîne écrite-chaîne orale). Ce qui permet de définir des paramètres d'individualisation de différentes natures pouvant se situer dans les différentes dimensions (voir tableau ci-dessus) : le choix du thème abordé par le texte, des phrases, des mots la présence ou non d'une illustration, la possibilité de faire lire le texte, les aides.

Il est évident que les objectifs des acteurs de conception ne sont pas identiques, le didacticien est contraint à une analyse de plus en plus fine des constituants et de leurs interrelations. Ceci fait partie des obstacles pouvant ralentir l'avancement du travail de l'équipe.

3.5 Adaptabilités et constituants variants de l'activité didactique

3.5.1 Adaptabilité

Le processus d'individualisation de l'activité didactique est très complexe et nécessite d'avoir une alternative de modélisation, tantôt l'exploitation d'une théorisation de l'activité didactique centrée sur les instruments pédagogiques (chapitre2.P1), tantôt une modélisation du raisonnement de l'agent qui utilise ces instruments pour atteindre ses objectifs (chapitre 4). La solution est d'assurer l'adaptabilité de ses instruments en la rendant flexible et susceptible d'être personnalisée pour chaque apprenant. Il s'agit d'identifier les éléments qui interviennent dans le processus d'individualisation pour assurer l'adaptabilité dans le système.

Les systèmes adaptatifs constituent un champ de recherche très large qui renvoie à de nombreuses recherches appliquées sur les systèmes adaptatifs hypermédias. Le but principal de ces recherches est de concevoir un système pouvant s'adapter selon les comportements, les caractéristiques et la volonté de l'apprenant (Chapitre1.P1). Trigg (Trigg 1991) cité par Bruillard (Bruillard 1997) distingue quatre dimensions d'un système adaptable :

- Flexible, s'il fournit des modèles d'entités et des comportements qui peuvent être interprétés et utilisés différemment ;
- Paramétrable, s'il existe un intervalle de possibilités de comportements parmi lesquelles l'apprenant peut choisir ;
- Intégrable, s'il peut être connecté ou admettre dans son environnement d'autres applications ;
- Personnalisable, s'il autorise l'utilisateur à le changer en créant ses propres raccourcis d'utilisation, en ajoutant des fonctionnalités, en particulierisant son comportement vis à vis du système.

La prise en compte de ces dimensions dans le processus d'individualisation s'interprète par la définition des paramètres d'individualisation qui correspondent aux caractéristiques individuelles de l'apprenant et aux actions système. Notre objectif est de rendre l'activité didactique paramétrable et flexible. La flexibilité de l'activité didactique concerne les quatre dimensions de variation (didactique, cognitive, connaissance, interface). Ces dimensions de variation correspondent aux modèles de conceptions des instruments pédagogiques, représentant les constituants variants de l'activité de l'apprenant, créés selon la méthode de conception proposée dans le chapitre précédent.

Les instruments pédagogiques représentés comme des structures de connaissances, sur lesquelles reposent les réactions de l'agent, doivent incorporer leurs éléments d'adaptation qui tiennent compte de la relation entre les variations individuelles et structurelles. Les variations individuelles sont définies à partir des différences individuelles des apprenants, tandis que les variations structurelles correspondent aux différentes dimensions de variation de la structure de l'instrument (contenu, didactique, cognitive et interface). Rendre l'activité didactique adaptable revient à l'introduction des variations structurelles, de ses constituants, selon les différents profils d'apprenants pour pouvoir adapter le contenu, l'interface et le scénario d'utilisation des artefacts.

L'agent utilise l'ensemble d'instruments pédagogiques, contribuant effectivement à l'accomplissement de la tâche effectuée par l'apprenant, pour atteindre ses objectifs. L'individualisation de ces derniers nécessite une représentation explicite de différents types de compétences de l'apprenant (techniques, conceptuelles, cognitives, méta-cognitives). En se basant sur ses compétences techniques (qui correspondent à sa logique d'utilisation de l'artefact associé à l'instrument pédagogique), l'apprenant peut utiliser l'artefact de la manière prescrite dans le système pour apprendre. L'agent doit utiliser toutes les caractéristiques et les compétences de l'apprenant, même celles qui sont utilisées pour employer l'artefact comme un moyen d'action, pour individualiser les instruments pédagogiques (voir chapitre 2 Partie1).

3.5.2 Constituants variants de l'activité didactique

On évoque dans cette section les éléments d'individualisation de l'activité didactique issus d'une micro-ingénierie centrée sur les instruments pédagogiques qui sont considérés comme la clé de la conception de l'adaptabilité dans l'activité didactique. La structure en couche des instruments montre le nombre important de facteurs qui peuvent entrer en jeu pour pouvoir l'adapter selon les profils d'apprenants. L'individualisation d'une SDT en tant que tâche à réaliser est reliée à une variation des constituants considérés comme des acteurs collaborant pour accomplir cette tâche ; l'apprenant n'est pas considéré comme étant un constituant mais plutôt comme l'acteur principal qui intervient pour déterminer la variation de ces constituants. Il nous convient dans cette optique de spécifier la nature des constituants de l'activité didactique qui sont de deux différentes natures :

- Constituant invariant
- Constituant variant ou constituant d'individualisation

Les constituants fixes sont définis par le concepteur de la situation didactique, ils sont souvent considérés comme des artefacts techniques d'interface de la SDT (ce n'est pas l'agent de planification

qui doit les déterminer). Pour une SDT, l'ensemble des constituants d'individualisation ont une structure de connaissances susceptible de varier selon les variables de décision que l'agent utilise en se basant sur un principe de rationalité (chapitre 4). Après que la SDT ait été retenue dans un plan didactique, l'agent d'individualisation attaché à l'activité didactique devra déterminer quels éléments de cet ensemble (et sous quelles formes parmi les formes possibles) seront associés (introduits) dans la SDT pour en faire une situation didactique particulière adaptée à un élève particulier et qui sera effectivement exécutée dans un atelier didactique¹. C'est une telle situation effectivement exécutée qui sera appelée « Situation Didactique Individualisée ».

Dans une SDI, un même constituant peut apparaître comme constituant fixe (avec un certain mode d'intervention) et comme constituant d'individualisation avec un autre mode d'intervention. On peut retrouver les différentes formes de ces constituants dans les exemples suivants :

- La relecture de la consigne laissée à l'initiative de l'élève (son mode d'intervention) comme constituant fixe.
- La relecture de la consigne donnée par le système après un certain type d'erreurs (un autre mode d'intervention) comme un constituant individualisé.

On s'intéresse dans cette partie préférentiellement à définir les instruments pédagogiques comme des variants, c'est-à-dire montrer toutes les variables et leurs dimensions de variations. Le tableau ci-dessous montre les dimensions de variation définies sur l'instrument pédagogique :

Instrument	Variation didactique	Variation d'interface	Variation cognitive	Objet de connaissances
Nom	Intentions pédagogiques	Formes, scénario d'utilisation de l'artefact	Compétences visées, représentations internes des objets de connaissances, instruments cognitifs	Connaissances, statuts de ces connaissances dans le modèle de l'apprenant

Chaque variation dépend d'une facette de l'activité didactique. La variation didactique concerne les différentes intentions d'enseignement liées au contenu à enseigner. Par exemple, dans la SDT 'présentation de texte', les différentes variations définies sur le contenu peuvent porter sur la caractéristique du texte et leurs représentation dans le modèle de l'apprenant voir tableau III.2. Les autres dimensions de variation de l'activité didactique (cognitive, interface) ont une relation avec la structuration de ses constituants.

Les constituants variants doivent être attachés à un ensemble d'actions de l'apprenant et également aux croyances de l'agent par rapport à l'accomplissement de cette action face aux différentes formes de l'instrument. Chaque forme a un rôle dans l'action elle-même. L'exemple qui peut illustrer ce fait est donné par l'instrument 'champ du texte'. Le fait que le scénario d'utilisation de l'artefact « champ de texte » corresponde à une lecture mot par mot ou bien une lecture globale ou une lecture phrase par phrase montre une variation dans l'instrument attaché à une activité mentale de l'apprenant ; il s'agit du schème d'utilisation de l'artefact d'une correspondance mot par mot, phrase par phrase, ou bien globale qui illustre une relation conceptuelle entre la progression des tâches du système et la

¹ Il s'agit de prendre en considération l'ensemble des interactions entre l'apprenant et l'activité lors de déroulement de cette dernière

progression de l'état cognitif de l'apprenant (évolution cognitive). L'agent doit également prendre en considération les différents profils d'apprenants pour pouvoir instancier les propriétés des constituants variants de l'activité didactique.

Tableau III.2 Structure du texte

Texte titre	Type texte	Statut texte	Statut Phrases	Statut mot écrit	Statut mot oral	Statut syllabe
Chaîne de caractères	TypeTexte = { Argumentatif ; Narratif ; Descriptif ; Dialogue }	Complexe types : { Statut: Type_statut ; Degré de cons : complexe type ; Nombre_de_fois : Entier Contexte : type - contexte ; Degré de difficulté : complexe_type }	Complexe types : { statut : Type_statut ; Degré de connaissances : complexe type ; Nombre_de_fois : Entier ; Contexte : type_contexte ; Valeur : chaîne de caractère ; }	Complexe types : { Statut : Type_statut ; Degré de connaissances: Complexe Type ; Nombre_de_fois : Entier ; Contexte : Type contexte ; Catégorie syntaxique : Type_catégorie_syntaxique ; Nombre_Syllabes écrites :Entier, Liste Syllabes écrites : Liste de Type syllabes ; Lettres : Liste_lettres ; Statut-lettre : Type_statut ; Valeur mot : chaîne de caractère }	Complexe types : { Statut : Type_statut ; Degré de cons : complexe type ; Nombre_de_fois : Entier ; Contexte : Type contexte ; Nbre syllabe_orales orale : Entier ; liste_syllabes_orales Valeur : string }	Complexe types : { statut : Type_statut; Degré de connaissances Complexe_type ; Nombre_de_fois : Entier ; Contexte : Type_contexte ; Structure structure syllabe : {CV, CVC ...} Valeur : Syllabe ; }

Revenant à l'exemple des aides présentées à l'apprenant, on peut associer des variables de décision de l'agent permettant de spécifier les attributs de ses objets afin de rendre l'instrument flexible et plus souple. Des exemples concrets de ces attributs peuvent apparaître dans les cas suivants :

C1 : l'attribut de visibilité d'un constituant peut être considéré comme une variable d'activation de ce constituant. Si l'apprenant est de nature impulsive, l'agent doit prendre une décision permettant de rendre le constituant passif pendant le temps d'accomplissement de la tâche précédente dans l'activité elle-même (visibilité de l'artefact technique d'interface : bouton : SUIVANT).

C2 : le fait de rendre le constituant actif lors du déroulement de l'activité didactique n'implique pas automatiquement son utilisation par l'apprenant mais plutôt une intervention de ce dernier laissée à son initiative, ou une intervention à l'initiative du système.

C3 : les moments d'intervention de l'instrument doivent être attachés à des conditions données par des connaissances contextuelles. Ces connaissances sont utilisées dans notre cas pour l'adaptation des scénarios d'utilisation des artefacts associés aux instruments pédagogiques présentés dans l'activité :

- dès le début et pendant toute l'activité
- après la première erreur ...

C4 : l'agent peut faire également une individualisation du contenu : les phrases que l'élève peut faire relire sont seulement les phrases considérées difficiles pour l'apprenant.

3.6 Rôle des variants dans la résolution du problème d'enseignement

Nous avons vu que la variation didactique correspond à un découpage de l'activité en définissant ses actions locales pour la spécialisation des sous-tâches didactiques correspondant aux choix méthodologiques d'enseignement. Ainsi, on peut distinguer des actions élémentaires et des actions

complexes selon la granularité de l'analyse de la tâche correspondant à la SDT et de l'analyse des processus d'apprentissage et d'enseignement.

La dimension de variation liée aux choix méthodologiques d'enseignement spécifiés dans le modèle didactique est par nature très complexe car un nombre important de facteurs pédagogiques entrent en jeu; la variation peut dépendre autant de la façon de présenter des objets de l'activité didactique (variation de structure de connaissances mises en jeu) que du scénario de déroulement global de l'activité didactique incluant la dimension interactionnelle.

Les experts de domaine affirment que le rôle de ces variantes dans la résolution du problème d'enseignement est de pouvoir aborder le processus complexe de lecture. Il s'agit de mettre l'accent sur la nécessaire attention à porter en cours de lecture (lecture précise et non approchée) et sur la relation information et formulation (ex: présence de mots communs dans deux phrases, mais le sens dépend de leur organisation : ordre, marques grammaticales).

La variation définie sur le déroulement global de l'activité est donnée par l'apprenant, l'acteur principal de l'activité didactique :

-> Temps de lecture

-> Cliquage sur la réponse juste et validation

Les structures des constituants variants de l'activité didactique doivent inclure des connaissances contextuelles sous forme de connaissances conditionnelles, par exemple :

Si erreur → activer consigne 'demander à l'apprenant de cliquer sur la phrase qui dit la même chose' ; activer possibilité de relire les phrases du texte

Si erreur encore → correction avec lecture de la phrase du texte (et video), elle est en couleur,

Dans les exemples précédents (voir modèle de l'expert) les tâches proposées à l'apprenant consistent à lui donner la possibilité de retrouver le mot correspondant au mot oral donné. Les rôles de cette variation par rapport à la résolution des problèmes d'enseignement concernent toujours le fait d'arriver à aborder le processus de l'identification de mot, c'est-à-dire de saisir toutes les connaissances en jeu liées aux objets de connaissances 'Lettre et Mot'. Il s'agit de mettre l'accent sur l'attention à porter au cours de l'identification du mot et sur la relation entre la connaissance du mot oral et sa représentation écrite. Les mots sont dits différents ou proches, selon les paramètres suivants : la longueur (nombre de lettres), la composition en lettres (lettres communes ou non), la composition en unités phoniques communes ou non (même(s) phonème(s), même(s) syllabe(s)), situées au même emplacement (début, milieu, fin du mot) ou non).

Le fait que le mot soit « dit connu »(reconnu en autonomie) n'informe pas que sur son statut mais informe aussi sur la capacité métacognitive de l'élève (je sais, je crois savoir, je fais semblant de savoir). De plus, la demande de reconnaissance en autonomie apprend à l'élève une des stratégies de résolution de problème : commencer par prendre des repères dans une situation de problème en s'appuyant sur ce qu'il sait.

La mise en œuvre et l'utilisation des stratégies dépendent du degré de variabilité d'utilisation des stratégies : plusieurs stratégies utilisées dans une même activité, une séquence ou une suite de séquences : absence de stratégie, association de plusieurs stratégies, fixation sur une stratégie, ce qui relève des comportements cognitifs en fonction de la situation d'apprentissage ciblée (adaptabilité). L'association de deux ou plusieurs stratégies pour reconnaître un mot (ex : majuscule et même association graphème-phonème à l'initiale) indique le degré de la capacité métacognitive dans la conduite d'apprentissage de l'apprenant.

3.7 Variants et paramètres d'individualisation

La Situation Didactique Type dans AMICAL est conçue comme étant un ensemble de couples et triplets contenant deux types d'actions : celles orientées système pour informer le système et celles en relation avec le travail mental de l'apprenant dites actions orientées apprenant. Cette conception basée sur une approche descriptive permet d'éclairer le concepteur de l'agent de planification sur l'ensemble d'actions locales de l'activité didactique. Cependant elle ne contient pas une représentation explicite de tous les types de paramètres d'instanciation de cette dernière, on peut uniquement instancier les paramètres de contenu.

Les paramètres d'individualisation de l'activité didactique sont définis selon Mahmoud comme suit :

"...Nous appelons 'Paramètres d'individualisation' les paramètres d'instanciation de situation didactique type susceptibles d'être adaptés pour un apprenant particulier..." (Mahmoud 1997)

Il distingue deux types de paramètres d'instanciation de l'activité : un paramètre d'instanciation est dit non individualisable si son utilisation est indépendante de l'apprenant. Alors qu'un paramètre individualisable est un paramètre dont on peut changer la valeur en fonction de l'apprenant. Donc l'individualisation de l'activité revient à la spécification de ses paramètres d'instanciation qui peuvent avoir une relation avec les différents profils d'apprenants. Supposons que l'apprenant est devant la SDT : Mot – Retrouver mot de statut connu dans une liste de mots de statut 'vu', ayant le même nombre de lettres et différents en nature et position des lettres (faire prendre conscience, mot séquence spécifique de lettres en identité et position)

On ne peut pas trouver, dans cet exemple, le statut du mot à reconnaître comme paramètre d'instanciation de l'activité reconnaissance de mot, mais plutôt le mot lui-même. Le statut du mot selon Mahmoud est en relation avec l'utilisation du paramètre 'Mot à reconnaître' qui dépend de l'apprenant. Pourtant le statut du mot peut changer selon les intentions pédagogiques préalables. Tant que le statut de mot n'est pas un paramètre d'instanciation de cette activité alors il ne peut pas être considéré comme paramètre d'individualisation. Par contre le changement du statut 'nouveau' par 'connu', 'connu non lu' (section 3.3.1) peut changer les actions de la SDT. En général, les actions de SDT sont calculées dans la phase de calcul de Situation didactique Type et n'interviennent pas dans la phase d'individualisation de l'activité didactique. Mais pour donner plus de souplesse et pour des raisons de stockage et de réutilisation, on considère ces éléments comme des paramètres de la SDT. Donc, on reformule la définition d'un paramètre d'individualisation comme suit :

Définition : un paramètre d'individualisation est défini comme toute variable susceptible de modifier le contenu, la forme, le mode ou le moment d'intervention d'un constituant de l'activité didactique (abstrait ou non), tel que cette modification peut avoir des effets différents sur l'activité mentale de l'apprenant selon la valeur de cette variable.

Les constituants de l'activité didactique sont de deux natures différentes, un constituant abstrait (instrument cognitif), un constituant de nature concrète touchant les objets de connaissances, les aides et les instruments techniques d'interface (chapitre 3 P1). Comme il a été expliqué dans la section 3.4 et pour des raisons de réutilisation et de stockage, on considère que les sous familles de l'activité mère sont classées en sous classes qui héritent des propriétés de l'activité didactique. Ce fait nous permet, d'une part de profiter des avantages de la représentation objet (souplesse, réutilisation, adaptabilité), d'autre part cela facilite la modélisation du processus d'individualisation en se basant sur l'agent attaché à l'activité selon le paradigme agent-objet pédagogique. (Chapitre suivant).

Parmi les instruments concrets de l'activité didactique, on trouve les aides introduites dans une SDT qui procèdent en plusieurs phases selon la structure de choix d'un constituant d'aide, chaque phase détermine l'élément de la structure retenue. Pour une SDT, concernant les aides, plusieurs types de problèmes semblent devoir être distingués (Chapitre3 P2), on distingue deux grands types d'aides :

- Aide par rapport au problème posé à l'élève dans une SDT, Aide à la Résolution de Problème ARP
- Aide par rapport à l'utilisation des éléments de l'espace d'interaction mis en œuvre pour le déroulement de la situation didactique (Aide Fonctionnelle d'Interaction)

3.8 Paramétrage de l'activité didactique

Le paramétrage de l'activité didactique nécessite une analyse fine permettant de comprendre dans quelle mesure l'activité produite est en accord avec les objectifs pédagogiques sous-jacents. La description de son déroulement requiert de définir préalablement : la matière primaire pédagogique (son contenu) ; le matériel pédagogique à utiliser (l'ensemble d'instruments pédagogiques) et une description détaillée des différentes façons d'utiliser ce matériel pédagogique, ce qui révèle les trois aspects de l'activité didactique (Contenu, Interface et Scénario de déroulement).

On distingue dans l'activité, les variants qui sont considérés comme des objets, les attributs de ces objets sont directement représentés en termes de leurs implications immédiates pour l'action, telles qu'elles sont déterminées dans la phase de conception. La position de tel objet est directement représentée comme atteignable par tel ou tel scénario d'utilisation. Dans le sens objet, un paramètre qui porte sur l'objet lui-même est considéré comme un attribut de ce dernier. Selon notre conception de l'activité, les paramètres qui portent sur la variation de cet objet sont considérés comme des variables de décision de l'agent. Dans les deux cas, les paramètres sont de nature simplifiée par rapport aux variants et à leurs relations causales (l'intention préalable d'utilisation de l'instrument et les effets attendus).

Une conception simplifiée de paramètres d'individualisation de l'activité didactique peut être

considérée comme le résultat du processus consistant à trouver toutes les variables pouvant influencer l'activité mentale de l'apprenant. L'ensemble de variables est associé aux domaines d'appartenance de chacun $V \in D$ tel que $D =$ domaine d'appartenance (chapitre 5). Par exemple le choix de la phrase P est associé à un ensemble de variables de décision de l'agent < phrase plus ou moins difficile par le nombre de mots, la longueur des mots, la présence ou non d'élision>. Ces variables sont des paramètres qui portent sur la variation de la structure des objets de connaissance utilisés par l'instrument. D'autres variables portent sur d'autres constituants de l'activité qui sont en relation directe avec les objets de connaissances, ils sont généralement considérés comme des aides associées <seuls quelques mots sont à écrire (la phrase est affichée et la même phrase est en dessous mais avec des trous)>.

Cette spécification donnée par le cogniticien montre la véritable nécessité de restructuration des variants selon les paramètres qui peuvent également changer le scénario de déroulement global. Les relations de causalité sont impliquées par la prise en compte des différents profils d'apprenants. L'agent doit approprier une aide de nature visuelle pour les apprenants de profil visuel. « Aide visuelle et analytique : sur la ligne d'écriture prévue, autant de traits que de lettres dans le mot et espaces entre les ensembles de traits correspondants aux mots ». De notre point de vue, les constituants variants de l'activité didactique doivent avoir une structure de connaissances prenant en compte toutes ces variations et ces relations causales pour arriver à spécifier l'architecture de l'agent d'individualisation de l'activité didactique (chapitre suivant).

Donc le paramétrage de l'activité didactique doit tenir compte des différents effets attendus de chaque variation possible (sur l'activité mentale, l'ensemble de l'interaction de l'apprenant et également les préconditions d'exécution). Le rôle des variants traités dans la section 3.6 dépend de la nature de variation qui peut correspondre à la progression des tâches du système et à la progression des connaissances de l'apprenant. Ces variations dépendent du choix méthodologiques d'enseignement et peuvent être explicites dans les intentions didactiques. Par conséquent, il nous convient de proposer une réflexion sur la nature des différents paramètres et leurs effets diversifiés selon le modèle de l'apprenant.

Nous remarquons que la variation du paramètre 'mode action système' implique des modalités de présentations de l'activité, qui sont considérées comme des variétés obtenues en appliquant ce paramètre, devant être calculés en fonction du modèle de l'apprenant. Plus précisément, les intentions pédagogiques nécessitent que l'on attribue à l'apprenant un certain nombre d'états de connaissance et d'états cognitifs qui rendent approprié le fait d'accomplir les actions définissant l'activité didactique. Un exemple qui peut éclairer ce fait se retrouve dans une situation de compréhension du fonctionnement du système de l'écrit, si l'élève est en difficulté dans la segmentation et la reconnaissance de mots. L'agent d'individualisation devrait le mettre en présence de l'analyse du langage : segmentation en mots, segmentation du mot en lettres, mise en correspondance avec l'oral. Cette situation peut faire avancer l'état de compréhension du système de l'écrit par l'apprenant et permettre également la progression de certaines connaissances procédurales ; il s'agit de l'activation d'un savoir faire correspondant à certaines stratégies qui correspondent à la situation d'apprentissage elle-même (par exemple proposer une tâche qui nécessite une discrimination et une comparaison).

Donc, les paramètres de l'activité didactique peuvent produire trois types de variation pour ses constituants :

- Variation du contenu : elle correspond à la facette de l'activité comme étant un problème d'enseignement à résoudre par le système, elle correspond à la variation didactique et du contenu (objets de connaissances à utiliser)
- Variation de l'interface : elle correspond aux différentes instances de l'artefact technique de l'interface.
- Variation du scénario d'utilisation de chaque artefact : cette variation inclut deux types
 - Variation impliquée par l'apprenant, elle concerne, par exemple, l'utilisation d'une aide proposée par l'apprenant.
 - Variation par l'activité elle-même, elle concerne le scénario lui-même de l'artefact associé à l'instrument, par exemple certains constituants sont activés par le système selon l'état cognitif déjà présent dans le modèle de l'apprenant.

3.8.1 Paramètres d'instanciation définissant des sous-familles de la SDT

Nous examinons dans cette section la facette concernant la relation de la SDT avec le problème d'enseignement à résoudre par le système, c'est-à-dire la capacité de la SDT à permettre d'atteindre une partie de l'objectif construit par le système pour un apprenant particulier à un moment particulier de son apprentissage (individualisation). L'objectif étant un ensemble d'unités d'objectif correspondant à des doublets (actions sur des connaissances) et des triplets (actions sur des statuts de connaissances), chaque SDT est caractérisée par les unités d'objectif auxquelles elle est susceptible de répondre (intention d'enseignement sur une connaissance) et du type action-statut-connaissance (détermination du statut d'une connaissance pour un apprenant donné). Ainsi, une activité nommée communément de manière générique 'Reconnaissance de mots' pourra correspondre à plusieurs SDTs en fonction des unités d'objectif auxquelles elle sera susceptible de répondre (voir exemple C1..C3 Section 3.3.2). Les critères de variation donnant lieu à la différenciation des SDTs ayant une même dénomination générique portent soit sur les statuts des connaissances soit sur les actions. Ce sont des paramètres d'individualisation qui se situent au niveau de l'objectif, donc qui interviennent dans le choix des activités de la séquence répondant à cet objectif.

D'autres paramètres d'individualisation interviennent au niveau de chaque activité pour l'instancier, qui devient alors une SDI, Situation Didactique Individualisée. Ce sont des paramètres de type: nombre d'essais, aides introduites (nature, nombre et moment d'introduction). Ces paramètres ne modifient pas les unités d'objectif visées par l'activité. On appellera "aide" tout ce qui intervient dans le déroulement de la SDI (en tant que problème à résoudre par l'apprenant), donc qui peut modifier la SDI, y compris dans sa relation aux unités d'objectif concernées, mais qui n'a d'incidence que sur la représentation de l'élève construite à partir du compte-rendu et par suite sur la détermination de l'objectif suivant. Par exemple si, dans une SDI, une aide donnée ou proposée change la nature de l'unité d'objectif correspondant à la SDT d'origine, cette unité d'objectif sera considérée comme non atteinte dans la représentation de l'état de savoir de l'élève; ce qui aura une incidence sur la détermination de l'objectif suivant (reprise de la même unité d'objectif, par exemple). Donc, si une aide utilisée modifie une unité d'objectif de l'activité, la conséquence se retrouvera au niveau de la représentation de l'apprenant. Exemple : l'unité d'objectif donne la possibilité de faire lire le texte et

l'apprenant le fait lire, alors que 'mettre en présence lecture texte' n'est pas figurée dans l'objectif initial.

Une SDI peut être composée de répétition d'une même action, comme la reconnaissance de plusieurs mots dans un même texte, chaque action correspond à ce que nous appelons une SDE, Situation Didactique Élémentaire. Une SDI peut être composée de plusieurs SDE. Tous ces éléments ne peuvent intervenir que dans un ajustement d'ensemble préservant la cohérence, les limites en temps de la séquence, en fonction d'un élève donné. On présente dans ce qui suit quelques paramètres spécifiés par le cogniticien dans la situation didactique de compréhension de texte, l'objectif est de se baser sur un exemple simple afin d'illustrer la nature de la complexité des paramètres d'individualisation de l'activité didactique, on commence tout d'abord par montrer les différentes sous familles de cette dernière.

Exemple de la situation didactique de compréhension du texte

Questions-compréhension-texte

(Unité-objectif : (vérifier : construit (représentation-conceptuelle-texte)))

Les sous familles de cette SDT correspondent à soit la mémorisation des informations explicites présentes dans le texte (informations ponctuelles), soit la construction d'une représentation du texte (logique interne, construction), soit le fait de faire des inférences (connaissance du monde), soit la structure du texte (récit, ...)

Caractérisation des sous-familles

SDT2-SF1-VI

(Questions-compréhension-texte informations-ponctuelles-mémorisation

(Unité-objectif : (vérifier : mémorisé (texte informations-ponctuelles) (mettre-en-présence : en-cours-d'élaboration (espace-écrit relation-spatiale G-D/H-B)) (mettre-en-présence : en-cours-d'élaboration (correspondance chaîne-écrite-chaîne-orale)))

SDT2-SF1-SVI

(Questions-compréhension-texte informations-ponctuelles-mémorisation

(Unité-objectif : (vérifier : mémorisé (texte informations-ponctuelles)))

SDT2-SF2-VI

(Questions-compréhension-texte logique-interne-informations-texte-construction

(Unité-objectif : (vérifier : construit (logique-interne-informations-texte)) (mettre-en-présence : espace-écrit relation-spatiale G-D/H-B) (mettre-en-présence : correspondance chaîne-écrite-chaîne-orale)))

SDT2-SF2-SVI

(Questions-compréhension-texte logique-interne-informations-texte-construction

(Unité-objectif : (vérifier : construit (logique-interne-informations-texte-construction)))

SDT2-SF3-VI

(Questions-compréhension-texte utilisation-'connaissance du monde'
 (Unité-objectif : (vérifier : utilisé (connaissance-du-monde)) (mettre-en-présence : espace-écrit
 relation-spatiale G-D/H-B) (mettre-en-présence : correspondance chaîne-écrite-chaîne-orale)))

SDT2-SF3-SVI

(Questions-compréhension-texte utilisation-'connaissance du monde'
 (Unité-objectif : (vérifier : utilisé (connaissance-du-monde)))

SDT2-SF4-VI

(Questions-compréhension-texte organisation-type-texte-construction
 (Unité-objectif : (vérifier : construit (organisation-type-texte)) (mettre-en-présence : espace-écrit
 relation-spatiale G-D/H-B) (mettre-en-présence : correspondance chaîne-écrite, chaîne-orale)))

SDT2-SF4-SVI

(Questions-compréhension-texte organisation-type-texte-construction
 (Unité-objectif : (vérifier : construit (organisation-type-texte-construction)))

On distingue dans ces exemples les paramètres en relation avec les unités d'objectif et d'autres avec la présentation de la SDI ; parmi les paramètres qui ont une relation avec les unités, on trouve :

- Les paramètres en fonction de la nature de l'information sur laquelle portent les questions
 - données textuelles (mémorisation d'informations ponctuelles)
 - logique interne des informations contenues dans le texte (construction d'une représentation)
 - 'connaissance du monde' relative au thème du texte pour faire des inférences (utilisation 'connaissance du monde')
 - organisation-type selon les types de texte (récit, description, ...) (construction de schéma)
- Les paramètres en fonction de la mise en video inverse des questions-réponses quand elles sont lues
- Paramètres en relation avec la présentation de la SDT, individualisation :
 - Nombre de questions
 - Aide essais (absence/présence ; -si présence: nombre essais)
 - Aide lecture question-réponse proposée
 - Aide accès et lecture de texte proposée

3.8.2 Paramétrage de l'interface

Les différents aspects de variation présentés précédemment sont impliqués par les paramètres d'individualisation de l'instrument lui-même. Prenons l'exemple simple de l'instrument : Champ du texte dans l'activité 'présentation de texte' dans lequel : -la variété de l'action est définie par les intentions préalables de l'agent ; -la variation cognitive est impliquée par le travail mental de

l'apprenant et ses capacités métacognitives qui font appel à l'intervention de différents constituants au moment de l'apprentissage.

Les autres constituants de l'interface sont les instruments techniques d'interface, par exemple :

- Ecran de présentation : démonstration Ecran de l'activité
- Barre de consigne
- Barre d'évaluation
- Fenêtre de travail

Les constituants de l'interface sont considérés comme des moyens d'action et d'interaction pour la médiation de l'apprentissage. Les moments et les modes d'intervention des instruments techniques de l'interface devraient être déterminés de façon contextuelle en fonction des comportements de l'apprenant recueillis à partir de son modèle et des différentes possibilités attendues lors du déroulement de l'activité didactique. L'interface devrait favoriser davantage les préférences de chaque apprenant. On peut distinguer trois types de constituants de l'interface: les fichiers sons ; les instruments pour la réalisation de la tâche ; et finalement les instruments d'évaluation.

Le système doit rendre compte des différents effets de chaque instrument sur l'apprenant selon son profil, en caractérisant précisément les traits distinctifs de chaque paramètre par rapport aux intentions préalables de l'agent. Par exemple la variation introduite dans l'instrument pédagogique champ du texte est en relation avec l'état de connaissance de l'apprenant (si le texte est déjà vu par l'apprenant l'agent fait une lecture phrase par phrase ou lecture globale et la vitesse de l'lecture augmente). Cette variation est aussi en relation avec l'état cognitif de l'apprenant. Le système peut laisser l'intervention d'un constituant à l'initiative de l'apprenant selon ses capacités métacognitives (par exemple, bouton d'aide activable par les apprenant ayant déjà une présence de la compétence 'capacité à utiliser une aide donnée' dans leurs modèles).

Nous considérons que les différentes façons d'utiliser un artefact associé à un instrument pédagogique sont considérées comme l'ensemble de méthodes définies dans la représentation objet de l'instrument. Donc le scénario de l'activité didactique doit être défini en fonction de l'ensemble des scénarios des instruments constituant l'activité didactique.

3.8.3 Paramètres du scénario de l'activité didactique

Nous avons vu dans le chapitre 1 (section IV) que la méthode de conception adoptée par IMS Ld, se base sur le principe que scénario de l'activité didactique est conçu selon une métaphore théâtrale dans laquelle l'apprenant est un acteur qui joue le rôle principal dans la pièce. De notre point de vue, le scénario de l'activité didactique est une succession des scénarios d'utilisation des différents artefacts associés à l'ensemble d'instruments pédagogique constituant l'activité didactique. Donc les paramètres ne dépendent pas que de la description préalable de l'activité didactique, ils dépendent aussi de la variation introduite par l'apprenant selon les moments et les modes d'intervention de ces constituants. Le processus de scénarisation est donc un processus dynamique qui est géré par l'agent de contextualisation en se basant sur des connaissances contextuelles (voir chapitre 5).

Le scénario de déroulement de l'activité didactique peut être représenté comme une séquence d'actions apprenant et rétroactions du système (les interactions de l'apprenant lors du déroulement de l'activité didactique) ; le pilotage d'actions apprenant se fait par les instruments de l'activité didactique. Le paramétrage du scénario doit se baser sur le paramétrage du mode et moment d'intervention de chaque constituant de l'activité didactique pouvant être représenté comme étant :

- Un élément fixe : par exemple, lecture de la consigne ou affichage d'une icône représentant la consigne.
- Un élément activable : lecture (formulation orale) de la consigne à son premier affichage ou celui de l'icône

Les actions possibles de l'apprenant sont reproduites en fonction de l'interface de l'activité telle que pour chaque instrument on peut rajouter les actions orientées apprenants possibles :

- Cliquer sur la consigne ou l'icône
- Effet de l'action : lecture de la consigne, formulation orale de la consigne
- Fenêtre des aides
- Fenêtre de validation et d'évaluation
- Élément fixe ou activable : icône de validation, icônes d'évaluation

Il est à noter que le paramétrage du scénario de l'activité didactique nécessite également de spécifier les relations intrinsèques de ces paramètres et leurs implications dans les modèles (d'interface, didactique, cognitif et du contenu) de chaque constituant de l'activité didactique. Cela veut dire que le modèle didactique doit contenir des éléments pouvant déterminer la description préalable de l'activité didactique (Section 3.3.1). Les moments et les modes d'intervention sont définis en fonction du modèle cognitif (leur pertinence selon l'état cognitif de l'apprenant et aussi selon ses capacités métacognitives). Il s'agit donc d'un sérieux problème en relation directe avec la caractérisation des conditions de choix des constituants d'individualisation au moment de l'individualisation. (Chapitre 5)

3.9 Exemple de variants de l'activité de reconnaissances de mot dans un texte

1. Variation didactique (voir annexe A : les variantes de l'activité de reconnaissances de mot dans un texte)

2. Variation cognitive : Les stratégies de reconnaissance de mots

Elles prennent la forme d'hypothèses, la plupart du temps en fonction de l'analyse des erreurs.

–absence de stratégie

–stratégie sémantico-spatiale (proche du mot recherché dans un texte)

–mémorisation visuelle due à une exposition fréquente (début CP, mots appris en GSM)

–stratégie de repérage graphique global (même longueur, si longueurs très différentes, faire travailler l'association mot oral-mot écrit)

–stratégie de repérage graphique partiel (même lettre à l'initiale que le mot recherché, ou lettre n'étant différenciée que par son orientation (d/b, q/p), même occurrence de lettres remarquables dans la langue : double lettre)

Ces stratégies relèvent de la prise en compte du mot comme objet de l'écrit, sans correspondance avec sa trace orale.

Stratégies alphabétiques :

- stratégie de repérage de phonème à l'initiale
- stratégie de repérage de syllabe à l'initiale
- stratégie de comparaison-analogie entre des mots

Augmentation de la taille de l'unité repérée.

Valeur de l'hypothèse : pour une stratégie, voir si l'hypothèse est confirmée ou non : nombre de fois où elle est utilisée ou demande de vérification de l'hypothèse (situation où la stratégie est provoquée)

Constituant de l'interface

- Ecran de présentation (Organisation de l'interface selon type de l'apprenant)
- Barre de consigne
- Barre d'évaluation
- Fenêtre de travail :
 - a. Champ du texte
 - b. Liste de mots à coté du texte
- Fenêtre des aides
- Fenêtre de validation et d'évaluation
- Compagnon :
 - o Aide essais (absence/présence ; -si présence: nombre essais)
 - o Aide lecture question-réponse proposée
 - o Aide accès et lecture de texte proposée

Variation introduite sur le constituant d'aide

L'aide didactique correspond à la formalisation de la consigne. Elle peut aussi concerner les connaissances à faire acquérir.

Exemple de consignes et commentaires

« Voici le texte que l'on vient de lire »

« Voici des mots pris dans ce texte »

« Regarde ces mots, ils vont s'effacer ; Nous allons te demander de les retrouver dans le texte »

« Clique dans le texte sur le mot X »

« Tu peux cliquer sur l'oeil pour revoir le mot »

« Essaie à nouveau. »

« Regarde le mot ..X..et retrouve le dans le texte »

"Qu'as-tu retenu ?".

"Réponds aux questions suivantes."

"Voici la question et des réponses. »

« Ecoute et clique sur la bonne réponse »

"Clique sur ce bouton si tu veux faire relire la question »

« Clique sur ce bouton si tu veux faire relire les réponses »

"Tu n'a pas choisi de réponse"

« Vérifions »

« C'est la bonne réponse"

"Ce n'est pas la bonne réponse"

Description formelle des constituants de l'activité comme structures de connaissances

1. Exemple du constituant d'aide

instrument_aide(nom : 'instrument aide relecture de consigne',
 sorte_de : 'instrument de guidage',
 localisation : 'Activité reconnaissance de mot',
 mode_intervention : **Mode**,
 moment_intervention : **Moment**,
 fonction_pedagogique : 'Guidage de l'apprenant',
 forme : compagnons(instance : **Valeur**, **Couleur**, **Visibilité**, **Taille**),
 scenario_aide_didactique:(**Type_aide**, mise_en_œuvre : lecture-fichier-son-individualise, **Specifique**),
 contenu : **commentaire_consigne**(valeur : **Commentaire_consigne**,
 emplacement : **Chemin**,
 nb_fois : **Nb_Fois**,
 contexte : **Contexte**)
).

Variations

Mode [auditif , visuel]

Moment [' rappel en début de l'activité', 'après N essai', 'dès la première erreur']

Valeur [Types compagnon (animal, personnage virtuel, personnage_dessin_animé)]

Visibilité [vraie, faux]

Couleur [couleurs]

Taille[Petit, Moyen, Grand]

lecture_fichier_son_individualisé(Commentaire_consigne)

Type_aide(ARP,AFI)

Commentaire_consigne se varie en fonction du type d'aide ("Tu n'a pas choisi la bonne réponse", "Ce n'est pas la bonne réponse", "Essaie à nouveau") peut concerner une relecture de l'un des trois fichiers sons.

Specifique : concerne les animations définies sur le compagnon, par exemple la consigne « Clique sur ce bouton si tu veux faire relire la question » est associé à l'animation de `deplacer_compagnon` pour montrer visuellement le bouton doit il doit choisir. Elle peut également concerner l'attribut de visibilité du compagnon et les règles de sa modification en fonction des actions de l'apprenant.

Exemple de représentation du contexte : 'contexte session6 sdt de reconnaissance de mot date: h :min :s'

2. Exemple du constituant Champ-de-texte

instrument_champ_du_texte (nom : 'instrument champ du texte',
 sorte de : 'instrument support de connaissances',
 localisation : 'Activité reconnaissance de mot',
 mode_intervention : **Mode**,
 moment_intervention : **Moment**,
 fonction_pedagogique : [['mettre en présence', **Statut**, **Texte**]],
 forme : artefact_champ_du_texte (**Instance** : **Valeur**, **Couleur**, **Visibilité**, **Taille**,**Specifique**)),
 scenario_instrument_champ_texte : (mise-en-œuvre : lecture-fichier-son-individualisé, **Specifique**),
 contenu : texte(valeur :**Texte**,
 titre_texte:**Titre**,
 statut :**Statut**,
 type_texte : **Type_texte**,
 niveau_vocabulaire: **Niveau_Vocabulaire_texte**,
 degre_difficulte_texte: **Degree_difficulte**,
 degre_connaissance : **DegreeConnaissances**,

nb_fois : **Nb_fois**,
contexte : **Contexte**,
liste_mots : **Liste_mots**,
liste_phrases : **Liste_phrases**
).

Variations

Fonction_pedagogique [(mettre en présence, Texte, nouveau), (mettre en présence, Texte, connu), (mettre en présence, Texte, connu_non_lu)]

Dgree_connaissances[très_bas, bas, moyen, haut, très_haut]

Type_texte[narratif, argumentatif, descriptif, dialogue]

Statut : [nouveau, connu, vu, connu_non_lu]

Moment et mode sont prédéfinis

Spécifique : concerne par exemple le fait de cacher les mots demandés. Spécifique= Nul dans le cas où la reconnaissance se fait en autonomie.

3. Exemple du constituant Liste des mots affichés à côté du texte

instrument_liste_mots_demandes (nom : 'Liste_mots_demandés',
sorte de : 'instrument de verbalisation de connaissances',
localisation : 'Activité reconnaissance de mot',
mode_intervention : **Mode**,
moment_intervention: **Moment**,
fonction pédagogique : [['mettre en présence', **Statut**, **Mot**], ['mettre en présence', 'permanence_mot_objet_écrit'], ['faire mémoriser par enregistrement visuel', 'mot_écrit']],
forme : artefact_liste_mots(**Instance**, **Valeur**, **Couleur**, **Visibilité**, **Taille**, **Spécifique**),
scenario-aide-instrument-liste_mots: (mise-en-œuvre : scenario_utilisation, **Spécifique**),
contenu : **mot**(instance : **Mot**,
'complexité phonologique' : **Valeur_P**,
'complexité orthographique' : **Valeur_O**,
'complexité de régularité' : **Valeur_R**,
statut : **Statut**,
list_syllabes_écrites : **List_syllabes_écrites**
degre_cons_mot : **Degré_cons_mot_écrit**,
nb_fois: **Nb_fois**,
mot_oral : mot_oral(liste_syllabes_orales : **List_syllabes_orales**,
nb_syllabe : **Nb_syllabes**,
degre_cons_mot_orale : **Degré_cons_mot_oral**))
).

Variations

Dgree_cns_mot, **Valeur_P**, **Valeur_O**, **Valeur_R** [très bas, bas, moyen, haut, très haut]

Liste_syllabes est représentée sous la forme [Syllabe, Structure] telle que Structure correspond à la structure de la syllabe (CVC, CV ...).

Statut : [connu, dit_connu (c'est-à-dire reconnu dans une situation de reconnaissance de mot en autonomie), vu, nouveau]

Spécifique : scénario de l'utilisation de l'artefact liste_mot (elle peut correspondre à une utilisation particulière : par exemple effacer le mot sélectionné)

Remarques

1. La fonction pédagogique de l'instrument didactique 'liste des mots demandés' est : (mettre en présence, stratégie de localisation sémantico-spatiale) (inciter à utiliser, stratégie comparaison)

2. Les variations introduites par l'apprenant sont en relation avec son comportement cognitif aussi qui peut concerner la mise en œuvre et l'utilisation des stratégies :

- Degré de variabilité d'utilisation des stratégies : plusieurs stratégies utilisées dans une même activité,

- absence de stratégie ou fixité sur une stratégie.

3.10 Conclusion

Nous avons évoqué dans ce chapitre l'importance de l'adaptabilité de l'activité didactique. Il s'agit de définir les trois niveaux de variation qui se situent soit dans le déroulement global de la SD, soit par rapport à chaque constituant, et finalement le troisième niveau qui concerne les variables représentant les paramètres d'instanciation de chaque instrument de l'activité didactique. Cette variation peut concerner le modèle didactique (modalité de présentation de l'activité didactique selon les intentions préalables). Le modèle cognitif dépend de la variation impliquée par les interactions de l'apprenant selon son état cognitif, il dépend également du modèle d'interface et des caractéristiques de l'apprenant. Le modèle de contenu contient les connaissances à transmettre dans l'activité et leurs variabilités dépendent de l'état de connaissances de l'apprenant.

Nous avons remarqué que la variation didactique est généralement définie sur le contenu d'enseignement (connaissances). L'exemple présenté concerne l'application de cette variation sur le contenu de la lecture (Texte, phrase, mot, ...). L'aspect générique sur le plan informatique concerne la prise en compte de cette variabilité dans les trois niveaux de représentation de l'activité (contenu, interface, scénario). Il nous semble important de faire la différence entre la variation introduite sur le modèle de représentation utilisé dans le système AMICAL (par exemple la représentation des intentions d'enseignement) et la variation définie sur le contenu (les connaissances de domaine de l'apprentissage de la lecture). AMICAL est un modèle de STI qui peut être utilisé dans d'autre domaine de l'apprentissage. Par conséquent on peut affirmer qu'au niveau informatique les variants présentés sont génériques à divers domaines d'apprentissage. Les propositions faites donnent plus de précisions sur la manière de l'adaptation d'une activité didactique dans ce modèle de STI.

Il appartient aux experts de domaine d'étudier les facteurs pédagogiques en fonction des stratégies d'enseignement qui doivent correspondre également aux préconditions d'exécution de l'activité didactique. Ces préconditions nécessitent de spécifier les différents types de compétences visées par l'ensemble des techniques pédagogiques exploitées. Ce qui permet la spécification du fonctionnement de l'agent d'individualisation en se basant sur les préconditions d'exécution de l'activité didactique avec les différents types de connaissances utilisées par l'agent. On présente dans le chapitre suivant l'architecture de l'agent d'individualisation de l'activité qui incorpore l'ensemble des constituants variants comme des composantes conceptuelles de son modèle.

Chapitre IV :

Architecture de l'agent d'individualisation de l'activité didactique : L'approche Agent-Objet-Pédagogique

4.1. Introduction

La recherche en Informatique ouvre de nouveaux domaines, notamment en Intelligence Artificielle Distribuée (IAD), et permet de s'intéresser à des systèmes aux caractères structurels dynamiques. Comment concevoir un agent qui serait capable de gérer le dynamisme de l'activité didactique et aurait pour comportement principal de se représenter le modèle de l'apprenant pour individualiser l'activité didactique ? L'enjeu est d'arriver à imiter les comportements d'un enseignant face à des situations diverses. Les comportements de l'agent sont conçus de façon à ce qu'on puisse imiter un enseignant selon la situation ciblée en se basant sur des mécanismes de pensée humaine. Des théories disparates en psychologie cognitive, en psychologie de l'esprit ont été proposées afin de pouvoir représenter les états mentaux de l'agent. Des exemples basés sur la vie quotidienne ont été utilisés pour arriver à une meilleure modélisation du raisonnement de l'agent (Busetta & al.1999, Chaïb-Draa 1996, Frasson 1998). Les recherches actuelles s'orientent vers une spécification mathématique des croyances de l'agent en se basant sur la spécification formelle de ses croyances (Dix et al. 2004), mais le problème de la gestion du système persiste ; pour cela une réflexion qui se situe au niveau de la spécification d'une méthode de structuration et de gestion du système semble tout à fait pertinente.

Ce chapitre traite de l'architecture d'individualisation de l'activité didactique et plus particulièrement de l'approche agent-objet-pédagogique. Le fondement de l'architecture s'appuie sur une représentation d'une activité didactique sous la forme d'un objet pédagogique intégrant l'agent d'individualisation de l'activité didactique. Cette approche est dédiée à la gestion de la complexité de la tâche d'individualisation de l'activité didactique. Il s'agit de concevoir l'architecture d'un agent ayant pour rôle de se représenter le modèle de l'apprenant pour individualiser l'activité didactique. L'individualisation de l'activité didactique passe par trois étapes : individualisation du contenu ; individualisation de l'interface et individualisation du scénario de déroulement. La structure de l'agent correspond bien à ce qu'on attend de son fonctionnement. Pour cela, nous proposons un modèle de représentation agent-objet et concevons l'agent d'individualisation qui utilise les instruments pédagogiques, représentés par les composantes structurelles de l'objet pédagogique, pour atteindre ses objectifs.

4.2 Fondement théorique et architecture du modèle

L'architecture Agent-objet a fait l'objet du travail de thèse de Mahmoud. Le principe de base de cette architecture se fonde sur le fait que l'activité est un système multi-agent (Mahmoud 1997). La thèse de Mahmoud était plutôt focalisée sur le fait d'attacher des agents aux différents composants d'interface de l'activité didactique. À la différence des propositions de Mahmoud, nous avons

Architecture de l'agent d'individualisation de l'activité didactique

introduit une approche d'individualisation de l'activité didactique basée sur la représentation de cette dernière comme un objet pédagogique intégrant son agent d'individualisation, ce qui mène vers la spécification des activités intelligentes. Il est à noter que les recherches menées dans le cadre de la thèse de Mahmoud s'orientent vers les méthodes d'aide à la conception dans les IHM. Par contre nos recherches se situent bien dans le cadre de la modélisation objet de l'agent.

La plupart des systèmes multi-agents se basent sur les méthodes objet pour la modélisation et l'implémentation des agents. L'architecture DIMA est un exemple concret de cette méthode de travail, (Guessoum & Bricot 1999). Guessoum (Guessoum 1996) dans sa thèse propose de décomposer chaque agent en différents modules dont le but est d'intégrer des paradigmes existants notamment des paradigmes d'intelligence artificielle. Ces modules représentent les différents comportements d'un agent tels que la perception (interaction agent-environnement), la communication (interaction agent-agent) et la délibération. Par conséquent un agent peut avoir un ou plusieurs modules qui peuvent être réactifs ou cognitifs. Un comportement réactif est décrit par un ensemble de méthodes (au sens objets) alors qu'un comportement cognitif peut avoir des méthodes qui activent des mécanismes de raisonnement en se basant généralement sur un moteur d'inférence. Pour gérer les interactions entre ces différents comportements, DIMA propose un module de supervision représentant le méta-comportement de l'agent.

Le rôle de l'agent est d'utiliser les modules de raisonnement pour instancier les **paramètres** de l'objet pédagogique en utilisant les **méthodes** de cet objet qui sont représentées sous forme d'objet (principe d'introspection Java Annexe B). On peut décrire l'architecture de l'agent comme suit :

- L'agent est doté d'un système de décision inspiré du modèle de raisonnement classique (*Beliefs-Desires-Intentions*). Notre travail se base sur le fait que l'agent utilise des modules de raisonnement pour instancier les paramètres et les schèmes d'utilisation prescrits des artefacts de l'activité didactique.
- L'agent est doté d'un système de communication basé sur le standard FIPA-ACL (ACL pour *Agent Communication Language*) créé par la *Foundation for Intelligent Physical Agents* FIPA. C'est ce qui a motivé notre choix de la plateforme Jade qui incorpore ce standard reposant en particulier sur la théorie des actes de langage, (Searl 1972). La plupart des plateformes compatibles FIPA n'adoptent pas un modèle d'agent particulier mais soutiennent l'interaction de l'agent avec son environnement.
- Le principe d'adaptation de l'agent s'interprète par le processus de l'auto-organisation interne.
- Enfin, l'implémentation effective de l'agent se base sur le paradigme de la programmation objet (Java) pour la structuration de l'agent et le paradigme logique pour le raisonnement (Prolog) (Annexe B).

En pratique, (Busetta et al, 1999) ont proposé de modulariser chaque description d'activité de l'agent. L'idée est de les considérer comme des "modules mentaux" à part entière permettant de résoudre une classe de problèmes particuliers. Pour établir le lien entre l'agent et ses activités modularisées, ils introduisent une notion de capacité comme attitude mentale particulière de l'agent qui prend en paramètre une activité, et réfère au "module mental" de celle-ci. Notre approche vise la spécification d'un agent modulaire et propose des techniques pouvant conduire à la modélisation du raisonnement

de l'agent d'individualisation de l'activité didactique dans les systèmes tuteurs intelligents. Nous avons présenté dans la partie II du chapitre II le modèle d'objet pédagogique qui représente l'activité didactique et intègre son agent d'individualisation. L'agent d'individualisation utilise ses modules de raisonnement pour individualiser le contenu, l'interface et le scénario de déroulement de l'activité didactique ; les trois sous-agents collaborant pour accomplir la tâche d'individualisation de l'activité didactique peuvent être décrits comme suit:

- L'agent Auxiliaire d'interface a comme rôle d'adapter l'interface de l'activité didactique en utilisant les propriétés de l'ensemble des instruments techniques d'interface.
- L'agent de contextualisation dispose toutes les connaissances contextuelles, il intervient pour l'activation des instruments inactifs selon le contexte.
- L'agent d'individualisation de contenu se base sur les objets de connaissances utilisées dans le système.

4.3. Les approches fonctionnelles, objets et agents

Selon Bouzeghoub et ses collègues (Bouzeghoub et Gardarin 1997) l'approche fonctionnelle descendante réside dans le fait de trouver, par des découpages fonctionnels successifs, les bonnes fonctions du système, de la même manière que l'on recherche la bonne place des éléments d'un puzzle. Chaque élément a une et une seule place, qui est à trouver ou à définir. Chaque action dans le modèle fonctionnel dépend de la bonne fonction, au bon moment et sur la donnée ciblée. Dans l'approche par objets, le degré de liberté des entités est plus grand. La métaphore la plus connue concernant le problème de la détermination des objets est celle de la construction d'une certaine configuration formée de pièces de Lego (chapitre I Section IV). Chaque pièce de Lego a des possibilités d'agencement avec les autres, nombreuses mais fixées, et l'assemblage cohérent de l'ensemble des pièces répond à l'objectif du constructeur.

L'ensemble des objets forme un système répondant typiquement aux attentes du concepteur. Ainsi, l'approche par agents revient à déterminer des éléments générateurs du comportement d'un système complexe, qui va se réorganiser continûment selon différentes échelles temporelles, grâce aux différentes entités du système. Le modèle comportemental doit donc prendre en compte des possibilités de non régularité du système. Cela distingue bien l'approche par agents de celles, quand même très mécanistes, retenues avec les modèles fonctionnels et les modèles à objets. Le comportement global du système résulte des relations entre les entités, il est certainement non linéaire et généralement imprévisible, ce qui nécessite d'introduire l'idée d'adaptation des agents au système et aussi l'adaptation du système lui-même.

L'adaptation évoquée dans notre système s'interprète par le fait de rendre l'agent susceptible de réaliser ses actions selon le modèle de l'apprenant et aussi de faire évoluer ce dernier. L'agent est structuré d'une façon lui permettant de prendre en considération la complexité du processus d'apprentissage selon les instances des objets de connaissances. La structuration des composantes conceptuelles de l'agent lui donne la capacité de réorganisation interne qui s'interprète par la résultante d'une réaction fonctionnelle selon l'évolution des degrés de connaissances de l'apprenant.

Architecture de l'agent d'individualisation de l'activité didactique

Un exemple simple peut être donné par le fait qu'une connaissance métacognitive 'Capacité à utiliser l'aide' permet à l'agent de prendre la décision de laisser le constituant d'aide à l'initiative de l'apprenant. Le schéma de ces connaissances ne se réduit pas à une boucle de feed-back entre l'agent auxiliaire d'interface à travers les instruments de l'activité avec l'apprenant, ni à une fixation préalable des états de l'ensemble des instruments de l'activité didactique (aide imposée). L'agencement de leur structure est conduit par un processus qualifié de niveau opérationnel entre l'agent et les différentes entités du système, s'appuyant sur une représentation de ces connaissances plus ou moins élaborée, 'aide après un certain nombre d'erreurs'. Il est absolument nécessaire à un système qui se comporte par adaptation à son environnement et à lui-même, de disposer d'une certaine représentation de l'environnement et de soi. En outre, il sera difficile au concepteur de l'agent de définir l'ensemble des composantes ultimes, formant sa structure, et qui permettent de définir entièrement son organisation future.

Nous avons vu dans la première partie du chapitre 2 que l'instrument cognitif est une classe d'instrument pédagogique qui incorpore le mode d'interaction de l'apprenant avec les connaissances (exemple aide mémorisée, instrument de décodage lexical...). En effet ces instruments doivent faire partie des composantes conceptuelles de l'agent, ce qui rend la tâche de conception de plus en plus complexe. Pour cela, nous acceptons l'hypothèse que les composantes conceptuelles de l'agent soient conçues uniquement à partir des composantes prédéfinies, qui restent toujours paramétrables, des activités didactiques. Ces composantes peuvent déclencher certains mécanismes de l'apprentissage de la lecture et feront partie de la structure de l'agent. Elles peuvent également correspondre aux instruments didactiques ou des instruments techniques d'interface (voir figure II.2.5).

4.4. L'agent d'individualisation de l'activité didactique

4.4.1 Principes de la rationalité de l'agent

L'agent pédagogique reste un problème d'actualité qui vise une architecture d'un agent rationnel imitant le comportement de l'enseignant à l'égard de différentes situations interactionnelles de l'apprenant avec le système. Cette architecture diffère selon le cadre de travail de chaque équipe de recherche (voir chapitre I section 2). Avant d'exposer l'architecture de l'agent d'individualisation de l'activité didactique, il convient de montrer une première description de la rationalité de l'agent qui trouve son origine dans le modèle de raisonnement classique (BDI).

L'agent rationnel est, par définition, un agent qui suit un principe de *rationalité* selon lequel, pour chaque séquence de données perceptives (reçues par les capteurs), l'agent doit choisir une action qui maximise son succès vis-à-vis des buts à accomplir, et cela en faisant appel à des connaissances. Un agent est situé dans un **environnement** et pour le modéliser, il faut avoir un modèle de l'environnement. L'environnement peut être vu comme étant dans un état *e* parmi un ensemble d'états $E = \{e_1, \dots, e, \dots\}$ L'environnement peut changer son état, soit d'une manière spontanée, soit comme résultat des actions de l'agent.

Sachant que le problème traité dans notre cas se base sur des cycles de fonctionnement, par conséquent, on peut considérer que les états de l'environnement dépendent du cycle de

fonctionnement et du modèle de l'apprenant <Cycle, état_de_connaissances, état_cognitif>. Les caractéristiques de l'environnement influencent la façon dont on conçoit un agent car il faut tenir compte de l'évolution de l'environnement, de la capacité de l'agent de saisir cette évolution et de sa capacité à décider en conséquence. Sachant que l'apprenant est par nature imprévisible, il y a toujours une possibilité de déroulement de l'activité différemment de ce qui a été prévu, pour cela il faut également assurer l'adaptabilité de l'agent en utilisant des connaissances contextuelles.

Le raisonnement de l'agent d'individualisation de l'activité didactique dépend d'un calcul interne qui se fait à partir d'un modèle de l'apprenant et de l'ensemble des paramètres d'individualisation. Ce raisonnement mène vers l'exécution des instruments pédagogiques, c'est-à-dire lancer les procédures représentant les schèmes d'utilisation prescrits correspondant à l'utilisation en cours de l'artefact par l'apprenant. Les interrelations entre les différents constituants de l'activité didactique doivent être prises en compte pour la représentation de son scénario de déroulement global.

Donc, après avoir individualisé les instruments pédagogiques, l'agent doit pouvoir contextualiser les scénarios d'utilisation des artefacts associés aux instruments constituant la situation d'apprentissage, ce qui nécessite une réorganisation interne chaque fois qu'un modèle de l'apprenant est proposé par les autres agents du système. Toutefois, cela peut jouer un rôle important pour l'adaptabilité, il s'agit d'une technique efficace assurant l'adaptabilité de l'agent par réorganisation interne. L'agent est inséré dans un environnement et il dispose d'un module de communication avec les autres agents de l'environnement.

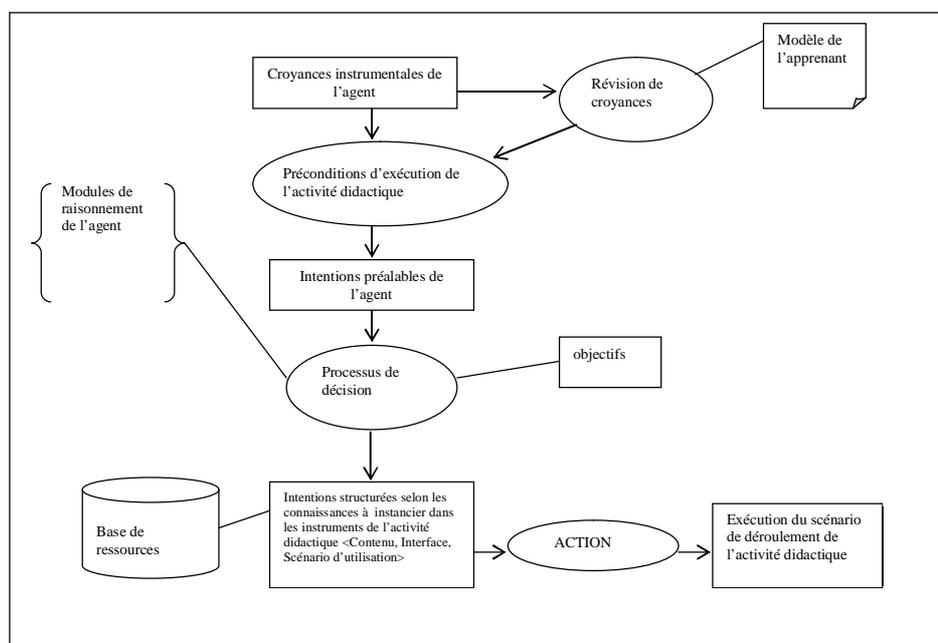


Figure IV.1 Principes de rationalité de l'agent d'individualisation de l'activité didactique (Inspiré du modèle de raisonnement classique BDI)

4.4.2 Structure de l'agent d'individualisation de l'activité didactique

La figure IV.1 montre l'architecture de la rationalité de l'agent. Les trois composants principaux du module de raisonnement sont les buts que l'agent veut atteindre, l'ensemble d'actions que l'agent peut exécuter sur l'environnement et les connaissances qui permettent à l'agent de sélectionner l'action appropriée. L'architecture d'un agent est une description de son organisation interne : les données et les connaissances de l'agent, les opérations qui peuvent être effectuées sur ses composantes et le flux de contrôle des opérations. Le choix d'une architecture correspond à la structure conceptuelle de l'agent et représente la décision du concepteur sur la façon de concevoir l'agent.

Le schéma conceptuel de l'agent d'individualisation de l'activité didactique incorpore les composantes conceptuelles de l'agent, représentant les instruments de l'activité, sur lesquelles est définie une hiérarchie de buts et de méthodes. Chaque méthode est décrite par un espace de problème, (préconditions d'exécution de l'activité), lequel est défini par un état initial, un état désiré et trois types de connaissances selon les recherches de Tennyson (Tennyson 1988) : les connaissances déclaratives ; les connaissances procédurales et les connaissances contextuelles.

Les connaissances déclaratives concernent les propriétés de l'objet pédagogique qui sont spécifiées par des doublets <Action ; Connaissances > ; ou des triplets <Action ;Statut ; Connaissances>. Les connaissances procédurales sont définies par les méthodes spécifiées dans l'objet lui-même ; elles concernent les scénarios d'utilisation de chaque artefact associé à l'instrument pédagogique, voir la figure ci-dessous. Les connaissances contextuelles impliquent "savoir quand et pourquoi" utiliser les règles spécifiées selon le contexte. Elles sont définies dans notre cas par un ensemble d'opérateurs de contextualisation, qui sont généralement de nature conditionnelle (sous forme de règles). Ces conditions sont incorporées dans le corps de la méthode elle-même.

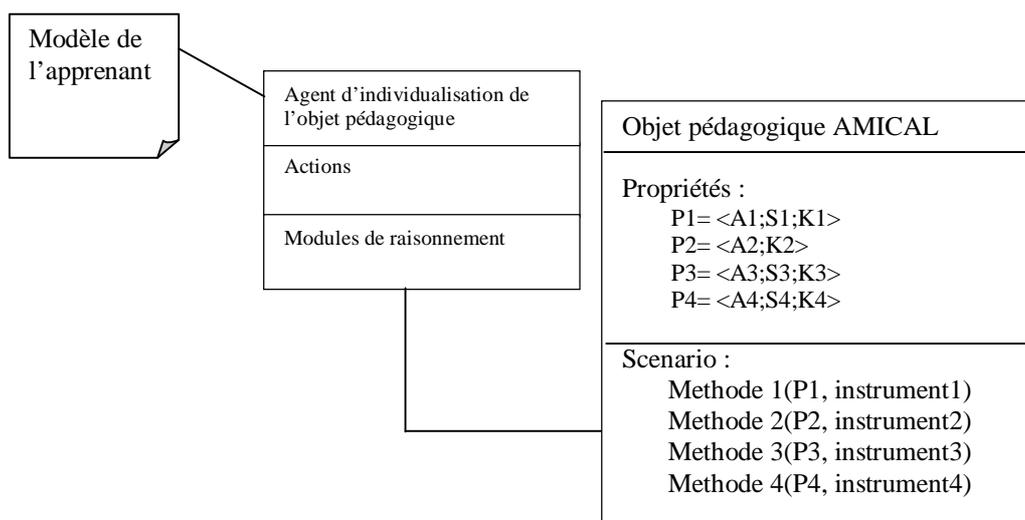


Figure IV.2 Structure de l'agent d'individualisation

Par exemple, si l'agent dispose un instrument 'lecture consigne', il peut y avoir différentes façons d'intervention selon le comportement de l'apprenant pendant le déroulement de l'activité:

- La relecture de la consigne laissée à la disposition de l'élève
- La relecture de la consigne donnée par le système après un certain type d'erreurs

Dans ce cas, on définit des connaissances contextuelles ayant la même représentation que les connaissances procédurales, la différence entre les deux est que les méthodes représentant les connaissances contextuelles sont définies sur les instruments dont le mode d'intervention est à l'initiative du système.

Notre conception actuelle de l'activité didactique selon l'approche objet nous a conduit à une nouvelle approche conceptuelle. Il s'agit de se baser sur les artefacts informatiques complexes (instrument pédagogique) selon l'approche de conception évoquée dans le chapitre II pour les représenter et les intégrer comme des composantes conceptuelles de l'agent.

Les constituants de l'activité didactique sont des objets complexes, pour cela nous avons introduit une politique permettant de prendre en considération cette complexité. La variation introduite sur ces constituants peut concerner différentes dimensions. Nous avons vu que chaque dimension correspond à un modèle de conception qui définit les variables et leurs domaine de variation (par exemple la représentation des intentions d'enseignement comme des couplets ou des triplets permet de définir des variations sur ces dernières pour engendrer de nouvelles situations). Admettre que l'on doit distinguer ces différentes dimensions ne revient toutefois pas à choisir la facilité du rôle de l'agent d'individualisation de l'activité didactique. Certains problèmes épistémologiques ont été soulignés dans le chapitre précédent concernant la connexion des différents modèles de conception.

Le fait de mettre la modélisation des constituants de l'activité au cœur de la conception offre beaucoup d'avantages (voir chapitre 2). Nous avons montré dans les chapitres précédents que l'enrichissement de l'instrument par les différentes variantes permet d'augmenter son adaptabilité. Cette variabilité sera introduite dans les composantes conceptuelles de l'agent, représentant les instruments de l'activité, pour les adapter aux différents profils d'apprenants. En clair, toutes les variations introduites dans les instruments correspondent aux variations individuelles des apprenants. Après avoir identifié les styles d'apprentissage (par exemple auditifs et visuels) on s'interroge sur le mode d'intervention du constituant qui correspond à cette différence (visuel et auditif). Le raisonnement de l'agent nécessite d'être modélisé selon son principe de rationalité en définissant ses croyances, ses buts, ses intentions et ses actions.

4.4.3 Croyances instrumentales de l'agent

Les croyances instrumentales selon la philosophie de l'action se basent sur le fait qu'une action d'un type donné est un moyen d'amener un résultat ou de promouvoir une fin (figure IV.3). Pour l'agent d'individualisation, ces croyances expliquent une action orientée apprenant, il n'est donc pas suffisant qu'existent certaines relations logiques ou conceptuelles entre le contenu de l'instrument et la nature de l'action de l'apprenant. Il faut encore qu'ils soient causalement impliqués dans l'utilisation correspondante à l'action. La relation de rationalisation est conçue comme une relation logique ou conceptuelle selon l'ensemble de modalités de présentation de l'activité didactique. Cette relation est

Architecture de l'agent d'individualisation de l'activité didactique

définie entre les états cognitifs et de savoir initiaux de l'apprenant et le raisonnement utilisé pour l'instanciation des paramètres des instruments utilisés par l'agent, ce qui permet de faire évoluer l'état cognitif de l'apprenant : état-cognitif_désiré (compétences : cognitives, métacognitives, techniques et conceptuelles) selon les modalités de présentation de l'activité didactique.

Les croyances instrumentales de l'agent sont liées aux différentes décisions prises par l'agent en se basant sur les caractéristiques de l'apprenant. L'agent se charge, en collaboration avec les agents de l'environnement, d'instancier les paramètres de l'interface de l'activité didactique. Il s'agit tout d'abord de déterminer l'ensemble d'instruments susceptibles d'être utilisés pour l'accomplissement des actions de l'agent, ensuite assigner les valeurs de propriétés des instruments choisis. Donc l'agent doit avoir des croyances instrumentales pour le choix de chaque instrument. Ces croyances ont la forme suivante :

Croire < {Action ;[Statut] ; Connaissance} , [liste d'instruments susceptibles d'être utilisés]>
Croire < {Instrument} , Paramètre_Contenu , [Domaine de Valeur] >
Croire < {Instrument} , Paramètre_Interface , [Domaine de Valeur] >
Croire < {Instrument} , Paramètre_Scénario , [Domaine de Valeur] >

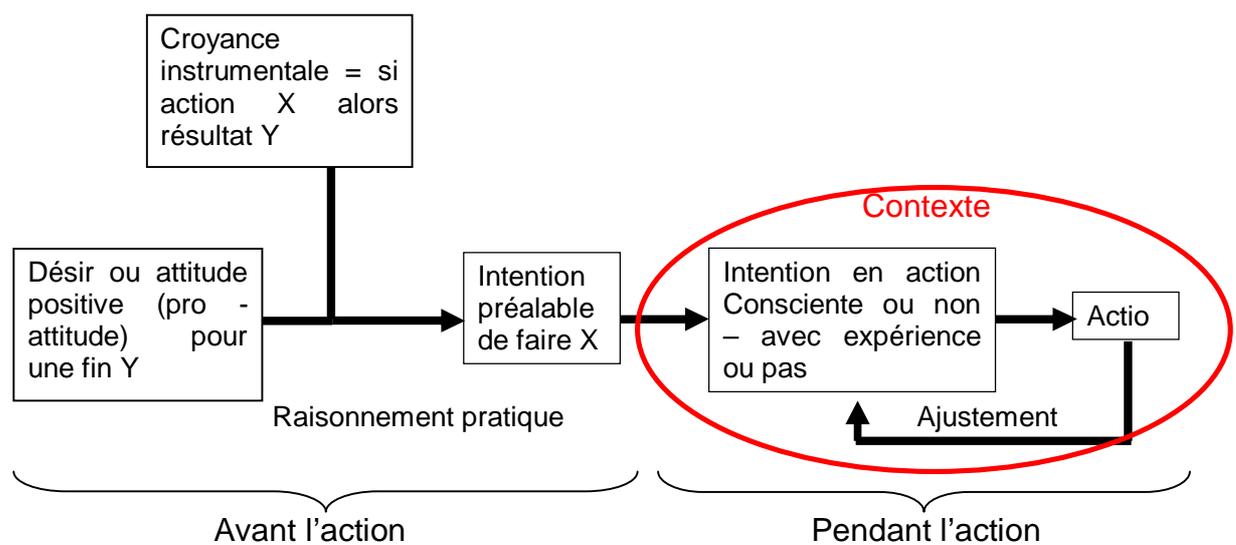


Figure IV.3 Croyances instrumentales dans la philosophie de l'action (Searl 1985)

Chaque intention pédagogique est associée à un ensemble d'instruments pédagogiques susceptibles d'être utilisés comme des moyens pour accomplir les actions de l'agent. Cela veut dire que, si l'agent présente un texte, l'intention préalable est de présenter le texte incluant non seulement le fait de présenter la lecture de texte, mais de le présenter d'une certaine manière (lecture mot par mot, lecture globale ...), et également à une certaine vitesse de lecture, etc. Il faut préciser qu'un agent n'a pas l'intention d'effectuer une action s'il croit que l'une des contraintes inhérentes à cette action n'est pas vérifiée. Ce type de règle peut avoir un double rôle :

- d'une part, il permet à un système de modélisation de caractériser des connaissances abstraites sur les processus rationnels de l'apprenant (états mentaux initiaux),
- d'autre part, l'application de ce type de règle aux représentations existantes peut conduire à inférer de nouvelles hypothèses (états mentaux désirés).

Le domaine de valeurs associé à un paramètre de contenu correspond aux différentes valeurs susceptibles d'être utilisées pour instancier la variable Paramètre_contenu. Un exemple simple peut être donné dans l'activité de reconnaissances d'un mot nouveau dans un texte : si Mot est la variable à instancier, les valeurs possibles sont les mots présents dans le texte qui ne figurent pas dans la liste des mots dit_connu par l'apprenant. Les domaines de valeur d'un paramètre d'interface peuvent être associés à l'organisation de l'interface possible, puis selon les profils d'apprenant, l'agent choisit l'organisation qui correspond le mieux au profil de l'apprenant (auditif, visuel, impulsif, réfléchi) ; on donnera plus de détails dans le chapitre suivant. Ainsi les différentes variations associées à l'utilisation d'un instrument champ du texte peuvent être considérées comme domaine de valeur du scénario d'utilisation de l'artefact champ du texte (lecture-mot-par-mot ; lecture globale ; lecture phrase par phrase).

L'identification des variables objectives utilisées pour individualiser les paramètres de l'activité selon les préférences de l'apprenant nécessite un grand effort dans la phase d'analyse. Ces variables ne sont pas uniquement liées aux préférences de l'apprenant mais également à sa cognition. Le choix didactique doit se baser sur une explication du mécanisme de l'apprentissage de lecture qui reste toujours implicite. À ce fait, on rajoute qu'à une situation didactique sont associés 3 éléments :

1. Préconditions d'exécution
2. Effets attendus
3. Observables et règles d'interprétation : ces observables sont de deux natures différentes :
 - a. Observables liées à l'interaction entre l'apprenant et le système
 - b. Observables associées à un ensemble d'hypothèses menées sur l'activité mentale de l'apprenant

4.4.3.1 Préconditions d'exécution de l'activité didactique

La modélisation du fonctionnement de l'agent doit être précédée par une analyse fine de l'activité didactique. La première partie du chapitre 2 montre la nature des processus complexes implémentés par l'apprenant lors du déroulement de l'activité didactique. Dans cette étape, on identifie l'ensemble des processus à mettre en œuvre par l'apprenant durant son activité mentale. Il s'agit de modéliser l'état de connaissances et l'état cognitif initiaux de l'apprenant.

État connaissance_initial < K, degré de connaissances >

État_cognitif_initial <Compétences_métacognitives, compétences_cognitives, compétences_conceptuelles, compétences_techniques >

État_cognitif_initial (compétences_techniques,K, degré de maîtrise)

État_cognitif_initial (stratégies_cognitives K, degré de maîtrise)

État_cognitif_initial (compétences_conceptuelles, K, degré de maîtrise)

État_cognitif_initial (compétences_métacognitives, K, degré de maîtrise)

On ajoute à ces états mentaux l'état émotionnel de l'apprenant. Il est à noter que cet état est traité pendant le déroulement de l'activité. A la différence des états de connaissances et des états cognitifs, qui doivent être évolués après l'exécution de l'activité didactique, la prise en compte de l'état émotionnel de l'apprenant permet de le motiver et capter son attention pendant le déroulement de l'activité. Les facteurs motivationnels pour chaque apprenant doivent être contrôlés par le fait de faire correspondre la stratégie d'enseignement exploitée avec les préférences de l'élève. Ces facteurs peuvent correspondre aussi à la proposition des aides bien traités et qui soient susceptibles de dépasser son état de frustration.

Ces informations mettent en jeu des éléments de représentation de l'élève en relation avec les compétences de l'apprenant et les statuts des connaissances à transmettre dans l'activité didactique. Il reste à préciser la nature de la relation entre ces éléments et l'action elle-même par les connaissances intentionnelles de la situation en relation avec les connaissances épistémiques (compétences conceptuelles et métacognitives, voir chapitre suivant).

4.4.3.2 Les effets attendus dans l'activité didactique

Une situation didactique est une structure de connaissances, elle est porteuse d'informations spécifiques pour chacun des sous-agents. Par exemple, pour l'agent Auxiliaire d'interface, c'est une structure de connaissances qui lui est transmise pour être transformée en une exécution dans un atelier didactique. L'exécution d'une situation didactique modifiera les propres connaissances de l'apprenant sur les différents objets de connaissances et leurs représentations dans le modèle de l'apprenant (par exemple, les statuts des mots du texte présenté, le nombre de fois de présentation du texte, les stratégies de compréhension selon l'histoire racontée, ...). Elle modifie également son état cognitif, l'utilisation d'une stratégie cognitive préconisée par l'activité didactique permet d'augmenter le niveau de maîtrise de cette dernière.

La distinction entre contenu d'une intention préalable de l'agent et contenu d'une intention en action ne se laisse pas ramener à un simple calcul de la progression degré de maîtrise (l'évolution du statut de connaissance de Moyen vers Haut) lors du déroulement de l'activité didactique. Il faut également prendre en considération le degré de détermination de l'ensemble des intentions de l'apprenant à travers ses interactions avec le système et aussi avec les déterminations données par les observables. Les actions de l'apprenant sont considérées comme une réponse à une intention préalable. Si, par exemple, l'agent propose une aide à l'apprenant et que cette aide soit utilisée par l'apprenant, cela implique l'hypothèse d'une capacité métacognitive de l'apprenant (constituant d'aide activé par l'apprenant). L'état désiré de l'apprenant doit être connu et déterminé en fonction du modèle de l'apprenant.

Etat connaissance_désiré < K, degré de connaissances >

Etat_cognitif_désiré <Compétences_métacognitives, compétences_cognitives, compétences_conceptuelles, compétences_techniques >

Etat_cognitif_désiré (compétences _techniques,K, degré_maitrise)

Etat_cognitif _désiré (stratégies_cognitives K, degré de maîtrise)

Etat_cognitif_désiré (compétences_conceptuelles, K, degré de maîtrise)

Etat_cognitif_désiré (compétences_métacognitives, K, degré de maîtrise)

Les observables associées à un ensemble d'hypothèses menées sur l'activité mentale de l'apprenant sont en relation directe avec les actions de l'agent. En général, ces hypothèses renvoient au débat central sur l'existence d'un réel prédéfini. L'énaction, terme proposé par (Maturana & Varela 1992) vient de l'anglais *to enacte* qui signifie "faire émerger". La métaphore utilisée pour l'explication de l'énaction est celle de l'image d'un chemin se construisant pendant que nous marchons dessus. Le monde est énéacté par le sujet, c'est-à-dire qu'il se construit comme le chemin, dans le temps de l'action. L'exemple qui correspond à cette description concerne un utilisateur qui navigue dans un logiciel pour découvrir ses fonctionnalités: les schèmes d'utilisation sont émergents de l'utilisation que fait l'utilisateur de l'outil.

Les instruments de l'activité didactique suivent ce même processus. Ils prennent leur signification dans l'action intentionnelle de l'apprenant et cette signification n'est pas intrinsèque à l'artefact. Elle est issue de l'engagement de l'apprenant dans l'activité. Pour la situation d'activités instrumentées, l'apprenant s'engage dans l'activité et doit utiliser l'artefact mis à sa disposition. Lors de l'activité instrumentée, le sujet institue l'artefact pour qu'il devienne instrument. Ce dernier peut être identique à l'artefact, c'est-à-dire correspondre aux attentes des concepteurs de l'artefact (si la rationalité instrumentale propre du sujet correspond parfaitement à celle du concepteur), mais il peut être différent (dans le cas d'une utilisation qui ne correspond pas tout à fait aux attentes du concepteur, l'instrument comporterait uniquement une fraction d'artefact avec un schème d'utilisation, pouvant être non prédictible, du sujet (voir chapitre 2)).

La représentation et l'utilisation des différents schèmes d'utilisation prescrits de l'outil ont un double objectif: tout d'abord ils permettent à l'agent de contextualiser les différents éléments d'individualisation selon les actions de l'apprenant, ensuite il seraient très utiles pour l'interprétation de la trace d'interaction de l'apprenant avec le système qui est à la charge de l'Agent de Représentation de l'Elève.

4.5 Intentions et actions de l'agent

Les unités d'objectif caractérisant l'activité didactique nous paraissent constituer la base de l'intentionnalité de l'agent. L'orientation vers un but, interne à l'action elle-même, est une condition nécessaire pour que l'on puisse parler d'échec ou de réussite de l'action. Un exemple simple qui montre ce fait se manifeste dans une situation où, en se servant de ses capacités métacognitives, l'apprenant peut utiliser une aide changeant les unités d'objectif décrivant l'activité didactique, donc cela modifiera les intentions préalables de l'agent. Or cette notion d'échec ou de réussite s'applique aux actions automatiques. Elle renvoie à l'idée que, pendant le déroulement de l'activité, les actions de l'agent effectuées sont contrôlées par le but fixé: elles sont programmées et éventuellement ajustées et corrigées en fonction de l'objectif préalable de l'activité didactique. Dans l'état actuel de l'environnement, on retient l'hypothèse que l'individualisation des paramètres d'instanciation d'une SDT ne modifie pas les unités d'objectif décrivant l'activité didactique.

Architecture de l'agent d'individualisation de l'activité didactique

Plus précisément, le déclenchement d'une action de l'agent suppose que l'on attribue à l'apprenant un certain nombre d'états de connaissance et d'état cognitif qui rendent approprié le fait d'accomplir cette action. Un exemple qui peut éclairer ce fait se retrouve dans une situation de compréhension du système de l'écrit ; si la session didactique contient une SDT de compréhension de l'écrit, cela veut dire que l'élève est en difficulté dans la segmentation et la reconnaissance de mots. L'agent d'individualisation devrait le mettre en présence de l'analyse du langage: segmentation en mot, segmentation du mot en lettres, mise en correspondance avec l'oral. Ces actions peuvent faire avancer l'état de compréhension du système de l'écrit par l'apprenant et permettent également la progression de certains savoir-faire de l'apprenant ; il s'agit de l'activation des stratégies qui correspondent à la situation d'apprentissage elle-même (par exemple proposer une tâche qui nécessite une discrimination et comparaison, qui est considérée comme l'une des stratégies utilisées pour la reconnaissance d'un mot).

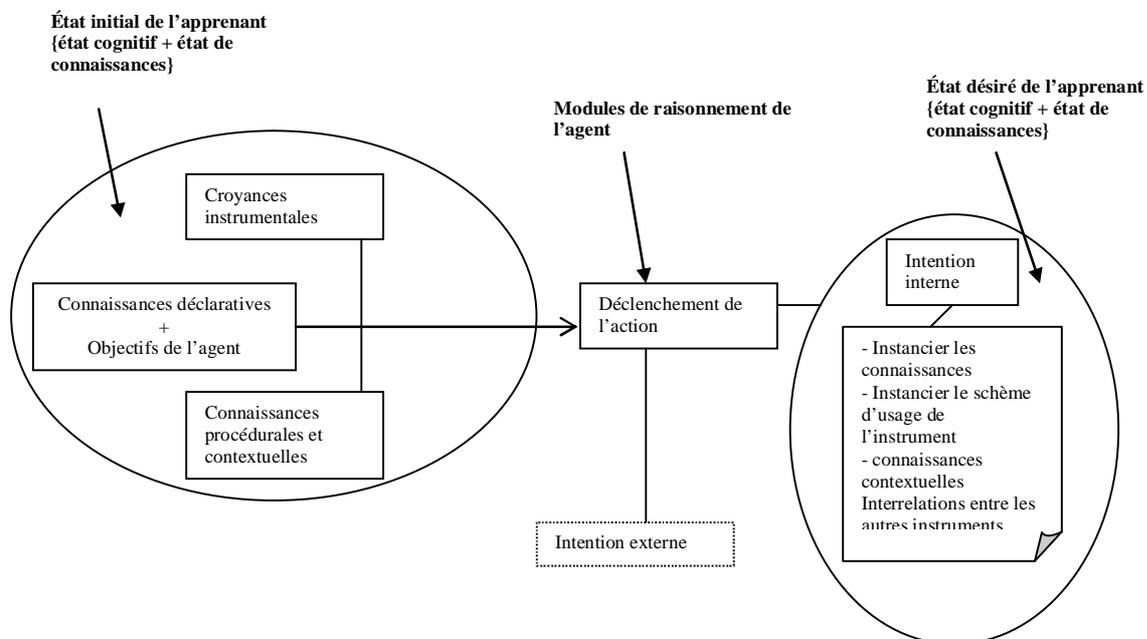


Figure V.4 Déclenchement de l'action de l'agent

4.6 Objectifs de l'agent

La modélisation multi-objectif du raisonnement de l'agent n'est pas récente. (Murray & al 1999) proposent une approche théorique pour la sélection des actions des Tuteurs Intelligents. Il s'agit de viser : - l'état de connaissances de l'apprenant, - la sélection de l'action pédagogique suivante, - l'état affectif de l'apprenant et – la captation de son attention. La décision dépend de la progression des tâches du système par l'approche de préférences multicritères. Dans notre cas d'étude, on considère que les intentions pédagogiques décrivant l'activité didactique permettent à l'agent de trouver les instruments susceptibles de les réaliser.

Les objectifs de l'agent dépendent en partie de ces unités d'objectif qui peuvent être décrites comme suit :

< Progression_sous_tâche, Instrument, modalité>

< Progression_connaissances, état_connaissances_initial, état_connaissances_désiré>

< Evolution_cognitive, état_cognitif_initial, état_cognitif_désiré>

<Evolution_adaptative, motivation_respecter_style_d'apprentissage>

La progression des connaissances de l'apprenant peut porter sur le degré de maîtrise d'une connaissance et ses composantes (par exemple le degré de connaissances d'un mot dépend de son degré de connaissances des syllabes (conscience syllabique) et les associations graphèmes-phonèmes). Chaque progression est attachée à un ensemble de règles permettant de la réaliser. L'évolution cognitive dépend généralement des stratégies cognitives mises en œuvre par l'apprenant, il s'agit d'instancier les mots permettant d'atteindre cette progression selon les intentions préalables de l'agent. La motivation et le style d'apprentissage dépendent généralement de la façon d'instancier les paramètres de l'interface (visuel pour les apprenants visuels ...) et aussi la gestion de l'interface selon les profils de l'apprenant (cacher un certain bouton jusqu'à la fin de la tâche en cours pour les apprenants impulsifs...). On donnera des exemples concrets dans l'activité de 'reconnaissance de mots' et l'activité de 'présentation de texte' dans le chapitre suivant.

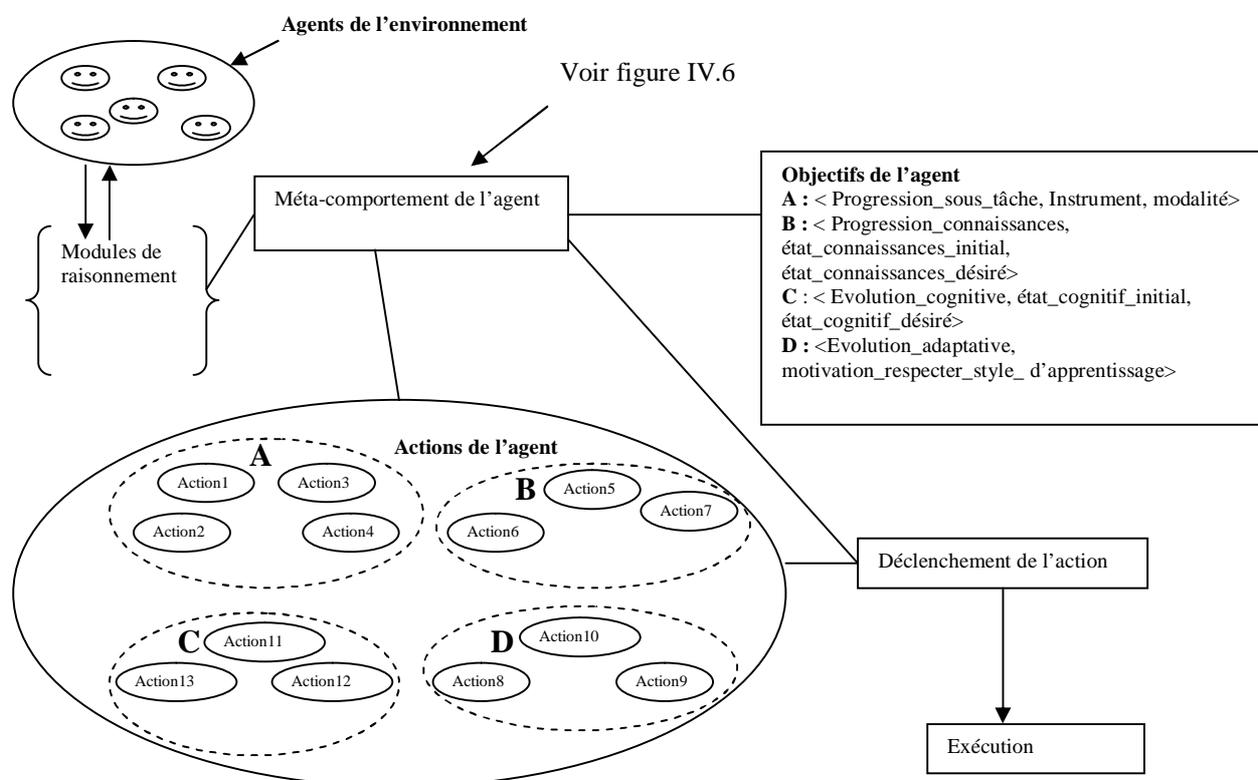


Figure IV.5 Objectifs et actions de l'agent d'individualisation de l'activité didactique

Architecture de l'agent d'individualisation de l'activité didactique

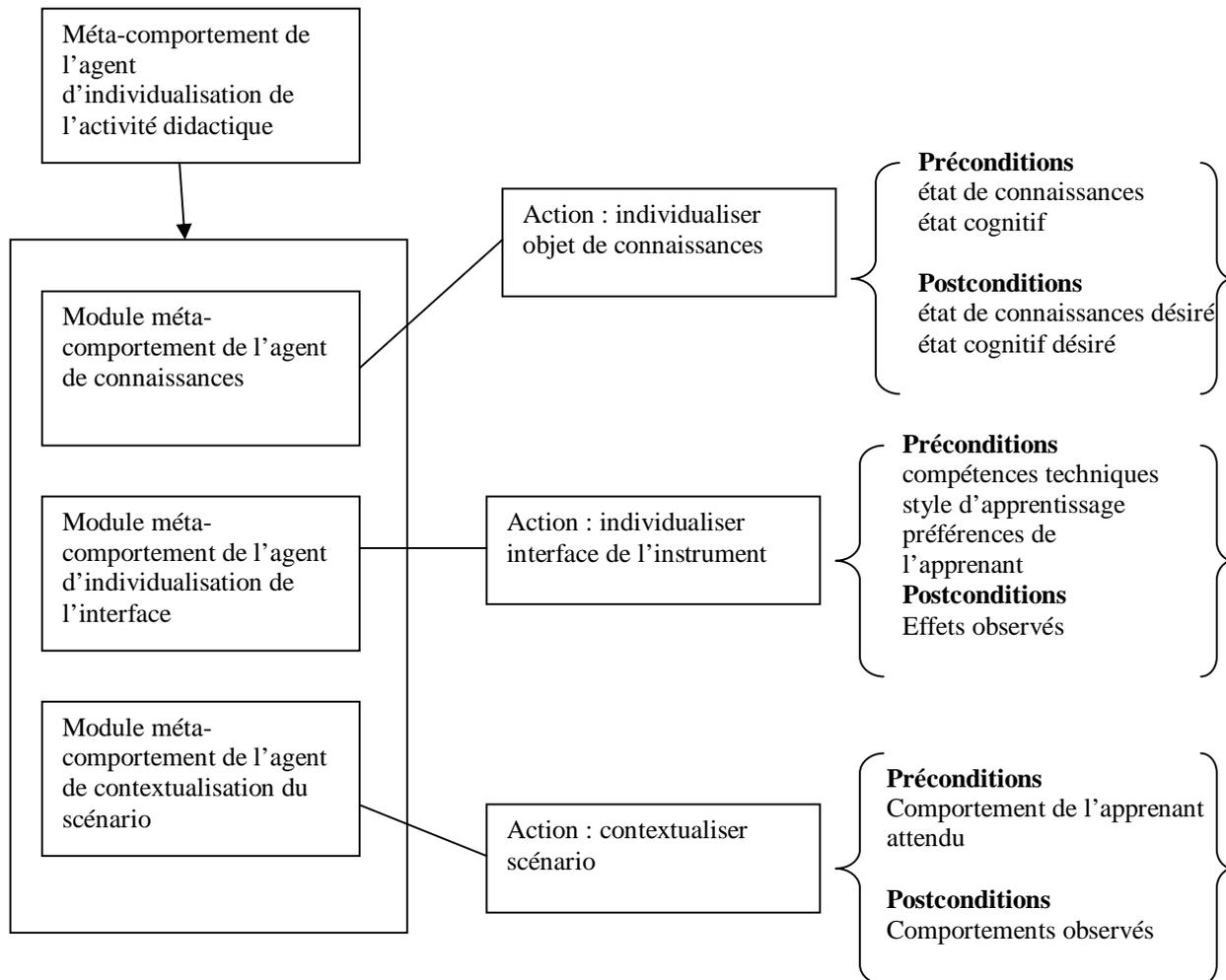


Figure IV.6 Méta-comportement de l'agent d'individualisation de l'activité didactique

Action : individualiser objet de connaissances
<p>ACTION Choisir objet de connaissances \in Base de croyance_objet_de_connaissances</p> <p>Préconditions Etat_de_connaissances_initial(Object_connaissances, composantes_objet) Etat_cognitif_initial (Object_connaissances , composantes_Object_connaissances)</p> <p>Postconditions Résultat (objet_connaissances_obtenu (Objet)) \wedge (règle de progression de connaissances et évolution cognitive) // Adéquation de l'objet de connaissances choisi avec les règles de progression de connaissances et évolution cognitives</p>

Action : individualiser l'interface de l'instrument

ACTION Individualiser paramètre interface_forme \in Base de croyance_paramètre_interface_forme

Préconditions

Compétences_techniques(Instance,Degré_maitrise) // familiarisation avec l'instance de l'instrument technique choisi.

Préférences_apprenant (Instance, Mode) // voir si l'instance a été déjà considérée dans une session précédente comme préféré ' Exemple : compagnon préféré'

Style_apprentissage(Instance,Style) // par exemple : vérifier si l'interface de l'instrument renforce la mémorisation visuelle pour les apprenants visuels

Postconditions

Observer comportement pour appliquer d'autres actions 'contextualisation des aides'

Action : individualiser scénario artefact

ACTION Choisir scénario \in Base de croyance_scénario

Préconditions

artefact(moment_intervention,UT) // UT : Unité de temps qui correspond au compteur du temps. Le moment d'intervention peut également correspondre à un enchaînement prédéfini. Par exemple 'activation de l'artefact après l'achèvement de la tâche précédente, pour les apprenants ayant un comportement impulsif'

Postconditions

actions_apprenant_attendue = action_apprenant_executée // Vérification de l'adéquation de la séquence actions_apprenant avec le déroulement prévu (par exemple vérifier que la réponse choisie sera validée par un clique bouton validation, sinon lancer l'aide fonctionnelle d'interaction)

4.7 Etapes de scénarisation de l'activité didactique

L'agent d'individualisation de l'activité didactique est structuré en une hiérarchie de l'ensemble des sous-agents qui collaborent en utilisant les différents modèles spécifiés par l'équipe de conception. L'agent auxiliaire d'interface se charge de l'adaptation de l'interface de l'activité didactique en utilisant les propriétés de l'ensemble d'instruments techniques d'interface. L'agent de contextualisation dispose toutes les connaissances contextuelles, il intervient pour l'activation des instruments dont leur mode d'intervention laissé à l'initiative du système.

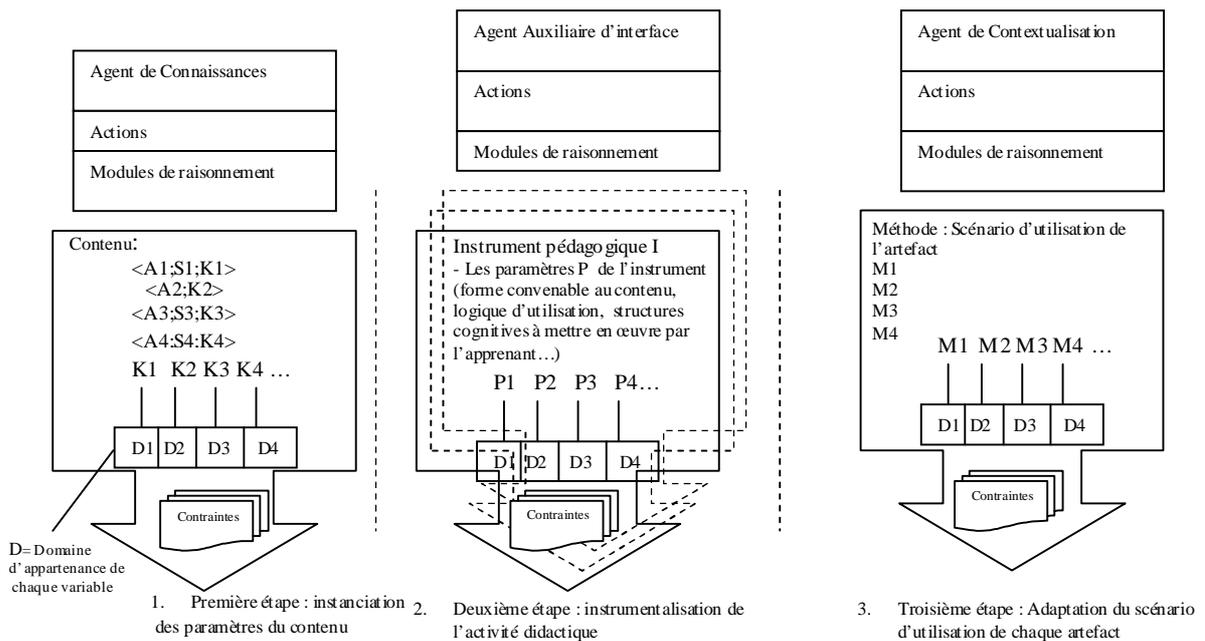


Figure IV.7 : Etapes de scénarisation de l'activité didactique

Les agents de connaissances sont attachés à la base des objets de connaissances utilisés dans le système. On détaillera dans le chapitre suivant le fonctionnement de l'agent en se basant sur les deux activités : 'présentation du texte' et 'reconnaissance de mot en texte'. L'individualisation de l'activité didactique passe par trois étapes (Aouag 2005b): -construction de la matière primaire pédagogique, -individualisation de l'interface (Instrumentalisation) et -adaptation du scénario de chaque instrument

4.7.1 Construction de la matière primaire pédagogique

Cette étape concerne l'instanciation des connaissances figurées dans les couples et les triplets des propriétés de l'objet pédagogique en s'appuyant sur le modèle de l'apprenant. L'individualisation d'une situation didactique de reconnaissance de mot dans un texte, sera particularisée par des éléments tels que : le texte choisi, le nombre de mots à reconnaître, la nature de ces mots, les connaissances présentes dans le texte ..., en fonction de leur compatibilité avec l'objectif et les connaissances de l'apprenant. Si l'on veut, par exemple, instancier le triplet <vérifier ; connu ; mot-dit-connu> ; on doit instancier la variable 'Mot-dit-connu' en se basant sur les mots appartenant au texte choisi et ayant le statut dit-connu dans le modèle de l'apprenant. Donc l'agent doit formuler un ensemble de requêtes

pour pouvoir instancier ces éléments. Il s'agit d'instancier tout d'abord le texte à utiliser comme contexte de reconnaissance du mot. Les requêtes formulées pour le choix du texte concernent un ensemble de textes répondant à certaines caractéristiques ayant une relation avec les statuts présents dans le modèle de l'apprenant. Ils dépendent du degré de familiarisation avec le texte : le degré de connaissance du texte selon le nombre de fois où il a été présenté, selon le travail effectué sur les phrases et les mots du texte (voir chapitre 5).

En effet une situation didactique type est généralement une action complexe qui correspond à une configuration d'actions. Pour l'agent d'individualisation de l'activité didactique, ces actions prennent la forme d'un raisonnement pratique basé sur ses intentions préalables et l'ensemble d'actions figurées dans les propriétés de l'objet pédagogique. Ce raisonnement doit également prendre conscience de toute forme de réaction de l'apprenant et des effets de l'activité didactique sur lui. Nous avons montré dans le chapitre précédent les niveaux de variation de l'activité de reconnaissance de mot, le premier niveau de variation de l'activité concerne la détermination des paramètres d'instanciation des connaissances à transmettre.

L'individualisation du contenu nécessite une initialisation d'une vue partielle sur les connaissances de l'apprenant en interrogeant l'agent gestionnaire de la représentation de l'élève. L'intention l'agent peut être représentée comme suit :

```
Intention <Interne, Action_locale, BASE_DE_CROYANCE_CONNAISSANCES,
etat_savoir_initial, etat_savoir_désiré, état_cognitif_initial, état_cognitif_désiré >
```

4.7.2 Individualisation de l'interface (Instrumentalisation)

L'individualisation de l'interface concerne l'adaptation de cette dernière à l'apprenant. On vise une meilleure gestion pédagogique de l'activité didactique en suivant notre conception actuelle de la situation d'apprentissage sur le point d'interfaçage par des instruments pédagogiques. Un instrument technique d'interface est une classe d'instrument pédagogique ayant une partie artefact représentant l'artefact technique d'interface et la partie scénario d'utilisation qui contient les procédures représentant les schèmes d'utilisation prescrits de l'artefact.

L'agent d'individualisation de l'activité didactique se charge d'abord d'individualiser l'ensemble d'instruments pédagogiques, qui sont considérés comme des constituants variants et invariants de l'activité d'apprentissage multimédia, représentés par ses composantes conceptuelles. L'objectif de cette spécification est d'arriver à une meilleure caractérisation de l'activité en prenant en considération le fait que l'agent doit approprier les instruments de cette dernière aux profils d'apprenants en utilisant les paramètres d'instanciation de chaque instrument pédagogique. Ces paramètres se situent dans le troisième niveau de variation de l'activité didactique, ils peuvent être liés à son contenu, son interface ou son scénario d'utilisation (Figure IV.7). Certains artefacts techniques peuvent être considérés comme des constituants d'aide par exemple :

- écran de présentation de l'aide
- relecture de la consigne...

Les différents types d'aides présentées par ces artefacts doivent être caractérisées par une structure de choix possible (Chapitre 2 Partie II). Ces constituants d'aide devront être proposés par l'agent de

Architecture de l'agent d'individualisation de l'activité didactique

contextualisation au moment du déroulement de la situation didactique. Ces composants sont associés à des variables de décision de l'agent qui sont reliées aux attributs de chaque instrument technique d'interface. Ces instruments sont individualisables par l'agent auxiliaire d'interface et l'agent de contextualisation.

Le fait de rendre le constituant d'aide actif lors du déroulement de l'activité didactique n'implique pas son utilisation automatique par l'apprenant mais plutôt une sorte d'intervention de ce dernier laissée à l'initiative de l'apprenant après l'intervention de l'agent de contextualisation.

L'agent choisit parmi la liste des compagnons celui qui est préféré par l'élève (personnage de dessin animé connu, animal...). Le compagnon peut intervenir uniquement d'une façon auditive lors de la résolution de problème. Donc il ne reste pas visible pendant le déroulement de toute l'activité, mais il intervient selon des règles (lors de la lecture de consigne, il intervient pour attirer l'attention de l'élève, voir module de contextualisation chapitre 5).

4.7.3 Individualisation du scénario de déroulement de l'activité didactique

Les différentes façons d'utilisation de l'artefact associé à l'instrument pédagogique représentent la base de croyances de l'agent utilisée pour individualiser le scénario d'utilisation de cet artefact. Chaque façon est représentée par une méthode dans la structure de l'objet pédagogique. Donc l'agent choisit la méthode qui va être exécutée lors de déroulement de l'activité didactique en utilisant ses modules de raisonnement. Notons que les instruments pédagogiques représentent les composantes conceptuelles de l'agent qui doivent être attachées à un ensemble d'actions de l'apprenant et également aux croyances de l'agent par rapport à l'accomplissement de cette action, tout en prenant en considération la variation de l'instrument selon ses différentes formes.

Chaque forme a un rôle dans l'action elle-même. L'exemple qui peut illustrer ce fait est donné par le mode d'intervention de l'instrument Bouton_relecture_consigne. Le fait que l'apprenant commet un certain nombre d'erreurs change le mode d'intervention de ce dernier en l'activant par le système (état= active). Le scénario d'utilisation de l'artefact associé à l'instrument peut avoir des effets différents sur l'activité mentale de l'apprenant. La variation définie sur le scénario d'utilisation de l'artefact champ-de-texte correspondant à une lecture mot par mot, ou bien lecture globale, ou lecture phrase par phrase, est attachée à une activité mentale de l'apprenant ; il s'agit d'une correspondance mot par mot, phrase par phrase, ou bien globale qui illustre une relation conceptuelle entre la progression des tâches du système et la progression de l'état cognitif de l'apprenant (définies dans le modèle cognitif de l'apprenant).

L'agent doit également prendre en considération les différents profils d'apprenants pour pouvoir instancier ces paramètres, par exemple : renforcement de l'audition par le fait de rendre le mode d'intervention auditif des différents constituants de l'activité et le renforcement de la vision pour les apprenants visuels ; les moments d'intervention des instruments doivent être attachés à des conditions données par des connaissances procédurales :

- Dès le début et pendant toute l'activité
- Après la première erreur ...

L'agent peut faire également une individualisation en relation avec les statuts de connaissances présentes dans le modèle de l'apprenant : les phrases que l'élève peut faire relire sont seulement les phrases considérées difficiles pour l'apprenant.

Dans les deux cas, le scénario global de l'activité didactique est considéré comme un groupe de scénarios prédictifs de chaque outil. Ils peuvent correspondre au moment ou au mode d'intervention de chaque instrument. La modélisation du scénario pédagogique est une tâche très difficile. Elle concerne l'interprétation d'une description préalable de déroulement de l'activité didactique donnée par le concepteur de l'activité d'apprentissage (voir figure II.2.9 page 119).

L'agent de contextualisation se charge de la détermination du mode et du moment d'intervention des instruments techniques d'interface. Par exemple la 'Visibilité' du bouton NEXT ne peut être vraie que si l'apprenant est de type réfléchi (voir chapitre 1 section 1). Dans le cas contraire, il doit empêcher l'apprenant de cliquer sur ce bouton en le rendant passif pendant le déroulement de l'activité didactique. Les différents scénarios sont liés à l'état de connaissance de l'apprenant et son style d'apprentissage. L'agent doit anticiper ses réactions selon les types d'apprenants.

4.8 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre une approche dédiée à la gestion de la complexité de l'activité didactique. Il s'agissait de montrer un modèle de représentation de l'agent d'individualisation de l'activité didactique. Ce modèle permet en l'occurrence d'assurer une meilleure gestion pédagogique de l'activité didactique par le fait de définir les objectifs à atteindre dans l'activité didactique, les états mentaux initiaux de l'apprenant et aussi les états désirés. Les moyens utilisés pour atteindre les états désirés sont les instruments constituant l'activité didactique dont la conception constitue une étape de modélisation basée sur la collaboration des différents acteurs de conception. Cette méthode sollicite de procéder par étapes, pour cela nous avons suivi trois étapes pour l'individualisation de l'activité didactique selon ses trois aspects (contenu, interface et scénario de déroulement).

L'architecture de l'agent proposée offre une solution au problème d'individualisation de l'activité didactique et ouvre sur une nouvelle perspective de conception des activités intelligentes prenant en compte le processus d'acquisition de connaissances. L'approche agent-objet pédagogique proposée permet d'utiliser le modèle conceptuel de l'instrument pédagogique pour le représenter dans la structure de l'agent afin d'être utilisé pour l'individualisation de l'activité didactique. Cette technique montre comment prendre en considération le processus d'acquisition de connaissances en se basant sur la théorie instrumentale. L'agent attaché à l'activité didactique se charge de contextualiser les différents éléments instanciés en utilisant des connaissances complexes qui dépendent en partie des constituants de l'activité didactique. Nous évoquerons dans le chapitre suivant la mise en œuvre de l'approche agent-objet pédagogique tout en montrant d'une façon précise son fonctionnement. Il s'agit de se baser sur les deux activités choisies 'reconnaitances de mot dans un texte' et 'présentation de texte'.

Chapitre V :

Mise en œuvre de l'approche Agent-Objet pédagogique dans le système AMICAL

Introduction

La mise en œuvre du processus d'individualisation de l'apprentissage dans le système informatique est attachée à une variété de problèmes en relation avec les trois niveaux d'individualisation. Cela amène à travailler sur la modélisation des connaissances et du raisonnement mis en jeu pour la conception d'agents rationnels intervenant sur ces trois niveaux d'individualisation : - individualisation de l'objectif de la prochaine session d'apprentissage, - individualisation de la séquence de situations didactiques types (plan d'enseignement) pour cet objectif, et enfin -individualisation de l'activité didactique elle-même, pour arriver à la présentation de situations didactiques instanciées à l'élève.

Nous évoquons dans ce chapitre le besoin d'une conception stratégique fondée sur le principe de la planification par décomposition ; il s'agit de séparer les deux niveaux d'individualisation (niveau de la séquence d'enseignement et niveau de chaque activité). L'idée de la planification par décomposition se fonde sur le principe de 'Divide and Conquer' (diviser les tâches puis les réassembler à travers une interface qui doit les relier). Nous montrerons dans ce chapitre tout d'abord comment calculer la séquence didactique pour entamer ensuite l'application de notre approche agent-objet pédagogique dans le système AMICAL.

Le calcul du plan nécessite la spécification de la bibliothèque des SDTs (Situations Didactiques Types), la séquence didactique, la représentation de l'objectif d'apprentissage, et aussi une organisation convenable de la didactique dans le système. Quant au calcul de la séquence, il faut se baser sur les techniques de planification pour le choix de la stratégie, du calcul du plan, qui soit efficace et applicable dans le contexte de notre travail de recherche. Nous évoquons donc une stratégie de planification didactique à base de recherche heuristique en montrant le fonctionnement du planificateur AMICAL. Il s'agit d'adapter un algorithme de recherche en planification en intelligence artificielle dans la planification didactique par l'extraction d'une solution à partir d'un graphe de planification calculé pour atteindre l'objectif d'apprentissage.

Après avoir calculé le plan, l'agent responsable du calcul de la séquence poste l'objet représentant ce plan dans l'environnement pour qu'il soit utilisé par les agents concernés, c'est à dire les agents qui incorporent dans leur structure les unités d'objectifs constituant une des activités du plan. Les agents concernés se lancent et exécutent les activités instanciées constituant la session didactique selon l'ordre inscrit dans l'objectif d'apprentissage. Cette technique permet de décomposer le problème de calcul de la séquence et assurer une distribution des tâches entre les différents agents de l'environnement. Nous avons évoqué dans le chapitre précédent l'architecture de l'agent d'individualisation de l'activité didactique et plus particulièrement l'approche agent-objet

pédagogique. Nous montrerons dans ce chapitre les relations qu'entretiennent planification et individualisation de l'activité didactique et insisterons sur le processus de mise en œuvre de l'approche agent-objet-pédagogique qui concerne le troisième niveau d'individualisation.

Ce chapitre est organisé en deux parties : la première partie traite de l'organisation des connaissances et de la didactique dans le système AMICAL, nous exposons également le modèle de l'apprenant et un exemple d'une session didactique AMICAL. La deuxième partie présente la mise en œuvre de l'approche agent-objet-pédagogique dans le système AMICAL, en se basant sur les exemples de l'activité de reconnaissances de mot dans un texte et celle de présentation du texte.

Partie 1 : Organisation des connaissances et de la didactique dans le système AMICAL

5.1.1 Démarche d'enseignement et planification didactique dans le système AMICAL

L'enseignement d'un contenu pédagogique est une activité quotidienne pour les enseignants qui anticipent le contenu (qu'enseigner ?) et les activités (comment enseigner le contenu?) (Dessus 2000). Le chercheur observe la planification de l'enseignant qui planifie en partie son activité et celle de l'élève pour l'appliquer dans le système tuteur intelligent. La conception de l'enseignement dans les systèmes tuteurs intelligents nécessite d'une part des recherches théoriques sur les stratégies d'enseignement pour assurer un contrôle didactique intelligent, d'autre part cela requiert une conception stratégique fondée sur les techniques d'Intelligence Artificielle. A la différence d'un enseignement en classe qui se base généralement sur une seule séquence pour toute la classe, le système a la possibilité de proposer des séquences individualisées. Le processus de calcul de la séquence dépend du modèle de l'apprenant et de l'objectif d'apprentissage à atteindre par cette séquence.

La réalisation des objectifs d'apprentissage proposés dépend, en majeure partie, de la gestion de l'enseignement au niveau du système. Comme la progression des connaissances est l'objectif principal de toutes les actions mises en place par l'enseignant, des structures qui vont créer les conditions nécessaires afin d'assurer le bon fonctionnement du système sont à élaborer avec le spécialiste du domaine. Donc il s'agit d'organiser toutes les connaissances selon leurs types et leur nature qui dépend de leur rôle dans l'enseignement. La phase d'organisation de la didactique dépend du processus d'enseignement et des stratégies à utiliser dans l'objectif d'enseignement (phase de construction de l'objectif) :

- les connaissances (conceptuelles, déclaratives, stratégies, ...)
- les connaissances de contenu (textes, mots, lettres, associations G-Ph, ..)
- les comportements (métacognitifs, cognitifs, de résolution de problème, ...)
- les phases nécessaires à l'enseignement (observation, vérification, contrôle, ...)
- les phases nécessaires à l'acquisition (mise en présence, mise en situation problème, répétition-mémorisation, reprise dans différentes situations indiquant une évolution dans la progression de l'acquisition, ...)
- l'équilibre entre le travail sur "même chose" et introduction du "nouveau" (ceci sur la connaissance en général, de type une association G-Ph et le contenu-support de type tel mot, telle association)

L'un des problèmes majeurs qui se pose dans cette étape est celui de la difficulté à envisager le problème, séquence après séquence, pour l'élève concerné. À partir des résultats d'une séquence, en prenant en compte les spécificités d'un élève particulier, deux solutions sont proposées pour le calcul de la prochaine séquence (problème du traitement au niveau de construction de l'objectif) :

- Définir un parcours général de type "on vérifie qu'il connaît X mots, X lettres dont telles voyelles, on travaille sur l'association G-Ph, tout en prenant en considération quelques variations possibles selon l'élève : variations sur les mots, les associations travaillées, etc. C'est le principe des méthodes de lecture proposées en classe, qui tient compte d'un schéma séquentiel d'activités répétées sur chaque lettre et association G-Ph. Cette méthode est très générale et ne peut pas donner d'éléments utiles concernant la granularité de la prise de décision, de plus il est très difficile de spécifier le processus d'individualisation si on se base uniquement sur quelques principes généraux pour tous les apprenants.
- La deuxième méthode utilisée dans le système commence par construire des ensembles (activités, parties de séquences, séquences) autour de points clés de la démarche d'enseignement :
 - observer-recueillir l'information sur l'élève,
 - faire acquérir, qui se décline en phases,
 - vérifier, qui se fait à travers les actions du système et contrôler les connaissances de l'apprenant.

Cela devrait s'appliquer sur toutes les connaissances du domaine concerné. Puis, on ajouterait sur chaque élément (activité, partie de séquence ou séquence) les variables présentes/absentes de comportements métacognitifs, cognitifs. Enfin, les contenus (textes, mots,...) seraient introduits, certes en fonction de l'élève mais aussi de la description du contenu des ressources et de la description de leurs caractéristiques linguistiques en termes d'apprentissage de la lecture (ex: le mot X contient tant de syllabes, telles associations G-Ph, ..). Ceci permettrait de construire l'objectif représenté toujours sous forme de <action ; connaissances> et <action ; statut ; connaissances>.

Notons que notre travail réside dans le fait de trouver la meilleure séquence correspondant à l'objectif construit pendant la phase de construction de l'objectif qui se situe dans le deuxième niveau d'individualisation. Nous montrons dans la section suivante les problèmes attachés à chaque niveau d'individualisation dans le système AMICAL.

5.1.2 Niveaux d'individualisation dans le système AMICAL

Les trois niveaux d'individualisation se distinguent par les types de connaissances à utiliser, la tâche à accomplir et la granularité des entités utilisées dans chaque niveau (les entités macro, méso et micro).

5.1.2.1 Le niveau tactique : il s'agit du calcul de l'objectif de la session didactique qui correspond à un premier type d'entités dans le système, représentées sous forme de couplets <action ; connaissances> et triplets <action ; statut ; connaissances> (entités macroscopiques). La thèse de Sayouri (en cours) est une continuation des travaux de Cleder (Cleder 2002) pour modéliser un agent rationnel qui se charge de l'individualisation d'un objectif d'apprentissage.

Le raisonnement utilisé, dans le cadre de la thèse de Cleder, pour la construction de l'objectif s'appuie sur cinq bases de connaissances: 1) la lecture étudiée en tant que savoir faire, 2) une base de connaissances linguistique qui contient une description de l'objet support du savoir faire lecture, c'est-à-dire la langue française 3) une base de connaissances didactique 4) une base de connaissances pédagogique et enfin 5) la représentation de l'élève.

La construction de l'objectif se fait dynamiquement en deux étapes :

- la construction des unités d'objectif possibles UOP
- la construction de l'objectif à partir de ces UOP.

Dans la première étape, on détermine l'ensemble des UOP à partir de l'état des connaissances de l'apprenant et des connaissances organisatrices du domaine (linguistique, didactique, pédagogique, lecture, connaissances sur l'apprenant). Les connaissances linguistiques sont celles liées à la langue française (la description de l'écrit exemple : Haut –Bas, Gauche- droit... ; entités de la lecture : lettre, mot, phrase...); les connaissances didactiques concernent les règles qui déterminent l'objectif suivant l'état des connaissances de l'apprenant, et qui permettent soit de faire acquérir une nouvelle connaissance à l'apprenant, soit de changer le statut d'une connaissance chez l'apprenant. Les connaissances pédagogiques concernent toutes les connaissances didactiques qui ne sont pas liées au domaine de la lecture. La seconde étape comprend deux phases : le regroupement des UOs et la finalisation. Il s'agit dans une première phase, de regrouper les unités d'objectif possibles de l'ensemble {UOP} selon des principes didactiques et des principes pédagogiques et de leur affecter des priorités pour chacune. Dans la deuxième phase, on construit un ensemble d'unités d'objectif pertinent et cohérent en terme d'apprentissage.

L'individualisation de l'objectif est un processus dynamique qui se fait en utilisant deux types de règles: les règles de sélection des UOP pour les intégrer à l'ensemble constituant l'objectif en cours de construction et des règles pour affecter des priorités aux unités d'objectif.

5.1.2.2 Le niveau stratégique : nous présentons dans ce chapitre une stratégie par recherche heuristique appliquée pour le calcul de la séquence didactique (voir section). Les situations didactiques sont traitées à ce niveau comme des entités méso-scopiques, (voir V.1.1). Les communications (Aouag 2005a, 2006b) reposent sur les différentes particularités de chaque entité dans le système pour arriver à une spécification des approches de conception susceptibles d'être généralisées dans les systèmes d'apprentissage.

5.1.2.3 Le niveau opérationnel ou microscopique : dans ce dernier niveau d'individualisation, les entités traitées sont les éléments d'individualisation qui doivent être représentés et utilisés dans chaque situation didactique instanciée. Nous avons présenté dans le chapitre 2 l'approche de conception concernant le troisième niveau d'individualisation et menant vers ce qu'on appelle la micro-ingénierie pédagogique.

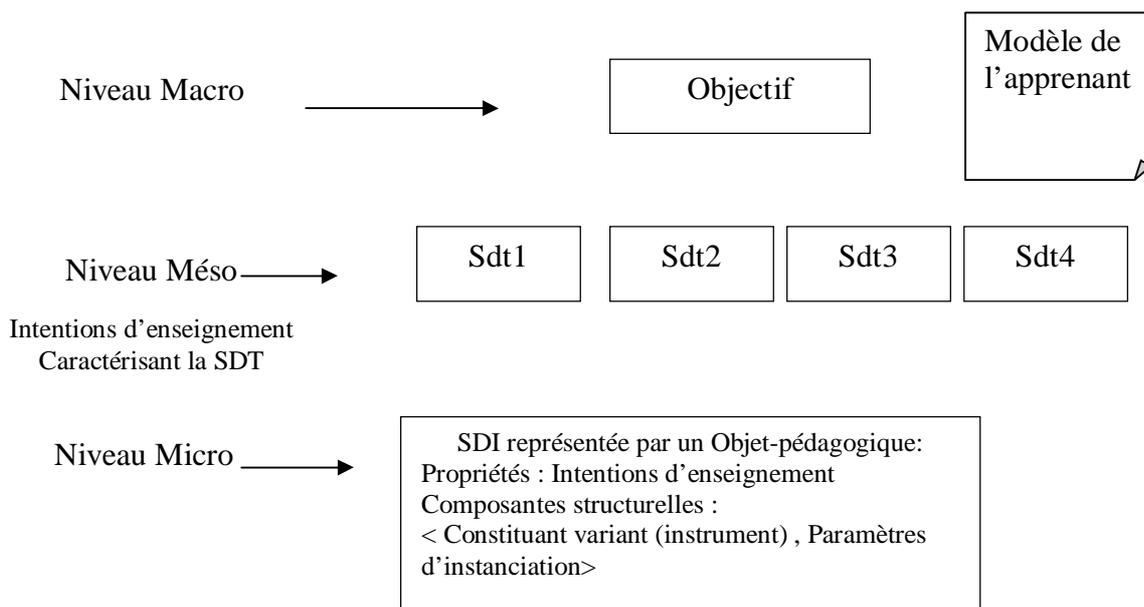


Figure V.1.1 Niveaux d'individualisation

Nous évoquons dans ce chapitre le problème de calcul de séquence à partir d'un objectif d'apprentissage, d'une bibliothèque des SDTs et du modèle de l'apprenant. Nous commençons d'abord par présenter le modèle de l'apprenant modélisé en s'appuyant sur des expériences antérieures faites dans le cadre du projet AMICAL.

5.1.3 Modélisation de l'apprenti lecteur dans le système AMICAL

La cadre de l'apprentissage de la lecture nécessite des réflexions de haut niveau pour la modélisation d'un apprenti lecteur, il s'agit de traiter la complexité de l'apprentissage et la complexité du domaine d'apprentissage en jeu (la lecture comme un savoir faire). En tant que savoir-faire, la lecture ne correspond pas à un domaine préalablement explicité et structuré, mais à une mise en relation de ressources diverses (connaissances et processus), automatisée chez le lecteur expert (Quanquin & Chambreuil 2006).

Le rôle du didacticien dans le projet est de donner ce que Balachef appelle le **corpus d'observables**, parmi lesquels ceux appelés "comportements" de l'élève, et à partir duquel est construit un modèle de connaissances que Artigue (Artigue 1990) appelle '*conception*' (Balachef 1994). Ce modèle est une proposition théorique afin d'arriver à expliciter des connaissances tacites en relation avec le mécanisme d'apprentissage utilisé par l'apprenant. Balachef distingue le niveau de constitution d'un corpus d'observables de celui de son interprétation. Le niveau *comportemental* pour lequel il s'agit de définir les comportements de l'élève en tant qu'organisation des observables, et d'autre part un niveau *épistémique* lequel est attaché aux significations de ces comportements.

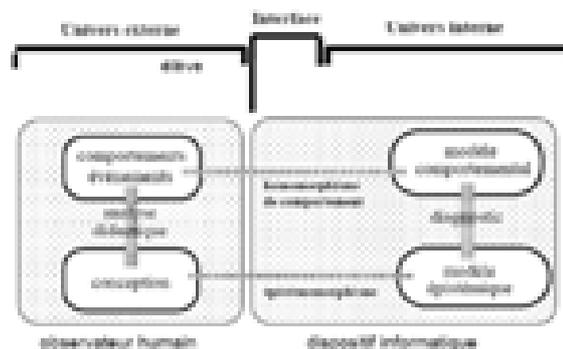


Figure V.1.2 L'agent humain et l'agent artificiel (Balachef 94)

Dans le schéma ci-dessus, l'auteur examine directement la relation entre le modèle épistémique et les connaissances de l'élève. Cette relation constitue un *épistémomorphisme* si elle permet de mettre en évidence que le modèle épistémique construit par la machine doit rendre compte des propriétés structurelles et conceptuelles décrites par la conception (le modèle de conception spécifié par le chercheur) attribuée à l'élève au terme de l'analyse didactique.

Selon les didacticiens, l'enseignement de la lecture doit prendre en compte ses spécificités. La lecture est une mise en relation, chaque élément ne prend son sens que dans cette mise en relation. L'enseignement de la lecture se caractérise par des processus généraux de type : mises en correspondance (association d'éléments entre eux) et mises en perspective (déduction de régularités), ce qui suppose, à partir de nombreuses expositions à des situations de lecture effective, la mise en évidence progressive de régularités.

La lecture met en jeu des connaissances "à apprendre", non en tant que connaissances à posséder en tant que telles, mais des connaissances étroitement associées aux processus qui les utilisent. Elle se caractérise essentiellement par des processus, — identification séquentielle des composants du langage/objets de l'écrit, mises en relation de ces composants et intégrations successives — qui contribuent à la construction d'une représentation, non du texte écrit, mais de la situation d'énonciation évoquée par le texte. Les connaissances en jeu (code, syntaxe entre autres) ne prennent sens que par et dans l'énonciation. Dans la lecture experte, les connaissances (concepts et règles d'association) n'interviennent de manière explicite que lors de la rencontre de difficultés particulières : mot inconnu, structure de phrase complexe ou inattendue.

La complexité du domaine de la lecture rend la tâche de modélisation de connaissances de l'élève de plus en plus complexe. Les travaux de recherches menées dans le cadre du projet AMICAL se basaient généralement sur des sessions didactiques préparées pour toute la classe, pour l'analyse des réponses et la modélisation des connaissances et des stratégies cognitives appliquées par les apprenants. Un travail aussi des experts permet d'identifier les erreurs et savoir d'où elles viennent, c'est-à-dire les

méconnaissances de l'apprenant qui l'ont conduites à telle ou telle réponse. Donc les experts observent lors de l'expérimentation les comportements de l'apprenant et continuent l'analyse en se basant sur les traces de leurs réponses et récemment on utilise des outils permettant de sauvegarder toutes les actions effectuées par l'apprenant d'une façon audio-visuelle, ce qui évite de travailler sur des fichiers traces difficiles à déchiffrer.

La mise en place de mécanismes pour initialiser et mettre à jour le modèle de l'apprenant doit être préconisée par des sessions didactiques bien choisies, c'est-à-dire qui soient susceptibles d'initier différentes stratégies d'apprentissage et également de respecter les préférences de chaque apprenant. L'implantation d'un processus d'interprétation de ce modèle afin d'orienter les procédures de décision sollicite une spécification préalable de toutes les différences qui doivent apparaître dans le modèle de l'apprenant. Nous exposons dans ce qui suit le résultat des expérimentations antérieures faites dans le système AMICAL servant comme une base de travail pour la modélisation de l'apprenant.

5.1.3.1 Expérimentations antérieures

Description :

L'expérimentation 1

Séquence didactique

- Lecture du texte "La Rentrée, Jeanne prépare son cartable"
- Questions de compréhension : Comment s'appelle la petite fille? Que n'a-t-elle pas mis dans son cartable? Que fait Jeanne?
- Cliquer sur les mots reconnus en autonomie
- Dans ces mots, cliquer sur les lettres connues, puis vérification

Texte

C'est la rentrée

Ce matin, Jeanne met dans son cartable une banane, un gâteau, une voiture de police, un caillou tout lisse, un noyau, un mouchoir repassé, plié et une poupée. Parce que cette année, c'est décidé, Jeanne va beaucoup travailler !

Nbre d'Elèves : 23

L'expérimentation 2

Vérification des mots dits connus

Cette expérimentation n'est pas conduite par le système, mais conduite par deux expérimentateurs, en passage individuel oral ; de plus elle intervient tard après l'expérimentation 1. Les résultats sont donc à prendre avec réserve.

Etape 1 : relecture du texte par l'expérimentateur. On lit rapidement le texte à l'enfant pour qu'il se remémore l'histoire.

Etape 2 : vérification des mots dits connus lors de l'expérimentation 1

On explique à l'enfant que nous allons revoir ensemble des mots qu'il avait reconnus la séance précédente. On cite les mots dans un ordre différent de celui du texte et l'enfant doit nous les montrer.

Parmi ces mots, on inclut ceux qui avaient été sélectionnés puis désélectionnés lors de l'expérimentation 1.

Etape 3 : nouvelle demande d'autres mots qui seraient connus

On demande à l'enfant si, depuis la dernière séance, il n'y a pas de nouveaux mots qu'il saurait reconnaître. Il doit les montrer et les lire. Mots présentés en italique dans les résultats.

Remarque : Dans l'expérimentation 2, seule la vérification sur les mots dits reconnus en autonomie (expérimentation 1) est prise en compte car, avec le système, on ne pouvait avoir accès à l'étape 3 (la demande de montrer et nommer d'autres mots reconnus).

Codage des résultats individuels

Q = Questions ; E1= Essai 1, E2 ...; MS= Mots Sélectionnés, NV=Noms, Verbes, ..., MO=Mots Outils (articles, prépositions, ...) ; LS=Lettres Sélectionnées ; LV= Lettres Vérifiées connues ; MVReC = Mot Vérifié ReConnu ; Ms/d = Mot sélectionné puis désélectionné lors de l'auto-reconnaissance, donc non retenu en tant que reconnu lors de la première expérimentation, mais demandé quand même ; MVNonReC = Mot Vérifié Non ReConnu Mdit-VReC = Mot dit Reconnu lors de cette deuxième expérimentation et Vérifié connu par cliquage et énoncé oral.

Exemple : Résultat de Kevine (Kevin)

Résultats Séquence 1 : Essai1, Q1 et Q3, Essai2, Q2 ; 13 mots dits connus dont 8 NV et 5 MO ; 16 lettres dites et vérifiées connues

RE

Traitement et compréhension de texte lu : mémorisation et compréhension OK

Reconnaissance de mots, en autonomie : nombre dont nombre NV et MO et liste des mots

Reconnaissance de lettres, en autonomie : nombre et liste ; vérifiées : nombre et liste

Résultats Séquences:

→nombre de mots sélectionnés en autonomie : 13, nombre de mots vérifiés : 4

doute sur sa capacité d'auto-contrôle (ce que je sais/ce que je ne sais pas)

(capacité à mémoriser le texte, ce qui lui donne la possibilité de le « relire » et de croire reconnaître des mots ?)

→analyse des erreurs :

–matin/mouchoir : initiale commune, mais place dans le texte incohérente

–plié/mouchoir : place dans le texte proche (stratégie sémantico-spatiale ?) mais aucune analogie possible des mots (longueur, graphies)

De plus, mot utilisé deux fois (absence d'auto-contrôle)

–c'est/ce : erreur surprenante car « c'est » appris en classe (réussite autres élèves)

–décidé/banane, de/décidé, dans/tout : incohérent, reprendre connaissance du mot en tant qu'objet de l'écrit et correspondance écrit/oral

→les hypothèses de stratégies éventuelles sont contredites simultanément : désordre et incohérence face à un texte, reprise de connaissances de base sur l'écrit

Objectif cycle 3

Compréhension : nouveau texte de même niveau de difficulté, lu et questions de même type

Phrases : compter les phrases ; montrer la dernière (ou première phrase)

Mots : dans la phrase demandée précédemment, demander de cliquer sur le premier, deuxième, dernier mot.

Lettres : mot, objet de l'écrit composé de lettres (reprendre les mots demandés précédemment et demander de reconnaître les lettres vérifiées connues pour cet élève ; ou exercice de composition de mot en lettres)

Etape 3, expérimentation 2

Aucun mot dit reconnu en autonomie dans la séquence 2

Exemple : Résultat d'Amélie

Résultats Séquence 1 : Essai1, Q1 (avec relecture texte), Essai2, échec Q2, échec Q3 (avec relecture Q et R) ; 5 mots dits connus dont 2 NV et 3 MO ; 7 lettres dites et vérifiées connues

RE

Non mémorisation et non compréhension

Utilisation de l'aide

Reconnaissance de mots, en autonomie : nombre dont nombre NV et MO et liste des mots

Reconnaissance de lettres, en autonomie : nombre et liste ; vérifiées : nombre et liste

Objectif cycle 2

Compréhension : reprise même texte lu, avec aide lecture possible, avec mêmes questions et aide pour répondre

Mots : vérification mots dits connus

Lettres : introduire apprentissage lettres non connues, une à une, associées aux lettres connues

Résultats Séquences 1 et 2

Q: 1 juste E1 (Q1 avec aide relecture texte), relecture Q et R pour Q3 mais erreur ;

MS : 5, dont NV: 2 et MO: 3 ; LS : 7 dont LV : 7 E1

MVReC : 1, NV : 1 (Jeanne)

MVNonReC : 4 dont NV : 1 (c'est) et MO : 3 (une, un, de)

RE

–mots dits-vérifiés : 1/5

Objectif Cycle 3

Compréhension : nouveau texte plus simple et questions

Mots : demande de reconnaissance de mots en autonomie

Lettres : vérification connaissance des lettres

Etape 3, expérimentation 2

Mdit-VReC : 9 dont NV : 6 (met, cartable, gâteau, voiture, police, va) et MO : 3 (ce, dans, son) ; erreur sur « parce » lu « par », « tout »

Commentaires :

–>curieux oubli des mots cliqués en autonomie, particulièrement les MO

->acquisition sur des mots porteurs de sens, mais qui paraît suivre la mémorisation du début du texte
->ébauche de reconnaissance syllabique ? (parce/par) ou analogie (« par » conduit à « tout » : partout) ; ceci pourrait confirmer une stratégie de reconnaissance de mot par analogie

Analyse quantitative

D'une manière générale l'utilisation des aides a donné les résultats suivants :

-90% de demande d'aide : -avec réussite (manque de confiance en soi), -sans réussite (manque de connaissances, ou/et de compréhension des problèmes posés)

-50% de demande d'aide : -avec réussite (capacité d'auto-conduite de son apprentissage), -sans réussite (difficultés sur les connaissances ou le problème concerné)

-0 à 10% de demande d'aide : -avec réussite (capacité confirmée), -sans réussite (capacité à développer)

5.1.3.2 Difficultés de modélisation des connaissances dans le système

Les difficultés de modélisation de l'élève sont dues au fait que le recueil et l'exploitation des connaissances et compétences de l'élève soulèvent différents problèmes théoriques et pratiques :

- Les actions de l'apprenant qu'on peut observer sont les clics de souris et ne sont pas nécessairement la trace de ce qu'il sait, elles ne peuvent pas permettre d'interpréter l'activité mentale de l'apprenant pour pouvoir avancer les hypothèses sur son état de savoir et son état cognitif. De plus son savoir lui-même est régulièrement en évolution.
- Les stratégies cognitives appliquées par un apprenant ne sont pas fixes et elles peuvent changer.

De plus, les spécialistes de l'apprentissage confirment qu'il n'existe pas de correspondance unique et définitive entre une stratégie cognitive de l'apprenant et une stratégie pédagogique à lui associer (chapitre 1 section I). Il convient dans cette optique de prendre en considération les éléments qui interviennent dans le modèle comportemental pour donner des explications épistémiques de chaque réaction de l'apprenant. La cognition de l'apprenant qui peut jouer un rôle aussi important pour un observateur humain que pour un dispositif informatique, est de nature très complexe et les connaissances liées à cette dernière sont qualifiées de '*tacites*'.

On distingue dans notre projet deux types de connaissances : - les connaissances tacites et - les connaissances explicites. Il s'agit dans un premier temps de citer les types de connaissances qui peuvent intervenir dans l'organisation de la didactique et qui peuvent faire une première différence par rapport aux connaissances préalables, style cognitif, style d'apprentissage, différences sociocognitives, habiletés et facteurs affectifs (voire chapitre 1 section 1).

5.1.3.2.1 Les connaissances tacites

Les connaissances tacites sont les connaissances qui appartiennent au monde des objets mentaux. Elles regroupent les compétences innées ou acquises, le savoir-faire et l'expérience. Les connaissances tacites, communément appelées savoir-faire, sont propres à chaque individu ; elles sont constituées, d'une part, de son expertise technique informelle, et d'autre part, de ses croyances et aspirations personnelles considérées par les auteurs comme une forme particulière des connaissances (Nonaka & al 1995). Les connaissances tacites dans le cadre de l'apprentissage de la lecture sont généralement en relation directe avec les connaissances de savoir faire lecture. Les connaissances théoriques et conceptuelles, dans notre projet, sont considérées comme une tentative de conversion des connaissances tacites vers des connaissances explicites : l'exemple du concept de mot représenté comme une théorie pour l'apprenant.

5.1.3.2.2 Les connaissances explicites

Les connaissances explicites se résument à ce qui est chiffrable, intelligible, directement compréhensible et exprimable par chaque individu dans l'organisation. Les connaissances explicites sont analytiques et objectives (Prax 2000). Elles sont transmissibles dans un langage formel. Les connaissances tacites ont un aspect personnel qui les rend difficiles à formaliser et à communiquer. Les compétences peuvent être modélisées à base des comportements de l'apprenant et les intentions préalables de l'activité didactique. On distingue dans notre conception des compétences de l'apprenant quatre classes : les compétences cognitives, les compétences métacognitives, les compétences conceptuelles et les compétences techniques.

Le problème de statut épistémologique des connaissances associées aux compétences comportementales est un défi qui ouvre sur des perspectives de modélisation des différences individuelles sur la base de cette classification des compétences. À la différence des compétences techniques ou cognitives, la qualification de connaissances conceptuelles caractériseraient un état cognitif de l'apprenant mettant en œuvre une compétence comportementale (connaissance de soi, hésitation, conception du monde...).

Les compétences techniques peuvent paraître valides au regard d'un référentiel externe, leur contribution à la performance individuelle est reconnue comme plus importante que les seuls savoir-faire techniques (Soulier & al 2004). On peut seulement constater que les connaissances antérieures des agents existent et quelles sont plus ou moins bien adaptées au traitement de la situation en cours. Le tableau V.1.1 présente un exemple concret qui montre les relations intrinsèques qu'entretiennent les différents types de compétences dans l'activité de présentation de texte. Nous reviendrons sur cet exemple dans la partie 2 pour montrer comment utiliser ces connaissances par l'agent d'individualisation de l'activité didactique.

Cherchant à individualiser une session didactique à partir d'un objectif d'enseignement connu, on se contente de présenter ici les éléments qu'on a utilisés pour l'individualisation de la session et l'individualisation des activités de présentation de texte et de reconnaissances de mots dans un texte.

Tableau V.1.1 Exemple des compétences dans l'activité de présentation de texte

Compétences cognitives	Compétences métacognitives	Compétences conceptuelles	Compétences techniques
<ul style="list-style-type: none"> - Résolution de problème correspondance écrit-oral Mémorisation d'information, texte - Capacité à mémoriser les informations constituantes - Capacité à repérer et identifier les anaphores - Capacité à repérer et à utiliser des informations constituantes pour reconstruire un texte - Capacité à comprendre la fonction des organisateurs textuels d'un texte - Abstraction des rôles et places des informations constituantes pour construire un texte 	<ul style="list-style-type: none"> Capacité à construire une représentation-type de différents types de texte - Capacité à utiliser l'aide Conduite métacognitive permettant de développer: <ul style="list-style-type: none"> - capacité à utiliser l'approche prospective pour les textes de type récit - capacité à utiliser la démarche rétrospective pour les textes non récits 	<ul style="list-style-type: none"> Construction conceptuelle, sens-texte Autres informations : Type de texte : Repérage des éléments constituants et du plan type de présentation ; Récit : cadre (lieu et temps), personnages, situation problème, résolution) Documentaire : sujet, présentation générale, description, propriétés, utilisation Description : sujet, éléments externes, internes, fonctions Recette, mode d'emploi : constituants, modes d'action, mise en garde, ordre logico-chronologique. 	<ul style="list-style-type: none"> Exploitation de l'interface ; Relation image et sens du texte Logique de lecture Gauche droite haut bas.

La question principale sur laquelle nos recherches se sont centrées est celle du rôle d'un agent : comment un agent qui a le rôle d'individualisation de l'activité didactique peut proposer des scénarios correspondant aux styles d'apprentissage des apprenants ? L'agent peut-il émettre des hypothèses sur l'état affectif de l'apprenant selon ses interactions ? Quelles sont les variantes pouvant susciter la motivation de l'apprenant ? Quels sont les comportements de l'apprenant qui révèlent sa motivation ? Toutes ces questions doivent être traitées par un expert du domaine en proposant d'autres variantes de l'activité didactique pour vérifier les hypothèses émises sur les états affectifs de l'apprenant. Le rôle du concepteur de l'agent est d'utiliser la variété de connaissances modélisées afin de pouvoir contextualiser tous ces éléments. Nous montrerons dans la deuxième partie des exemples concernant l'utilisation de ces connaissances.

5.1.3.3 Modèle de l'apprenant dans le système AMICAL

Face à la complexité du problème de l'apprentissage de la lecture se pose un véritable questionnement de la modélisation de l'apprenti lecteur en début de CP (le cadre de notre travail de recherche). La première réponse consiste à représenter tout d'abord les unités de langage (Lettre, Mot, Phrase, Texte) pour ensuite représenter leurs statuts dans le modèle de l'apprenant. Certes cela est primordial pour répondre à certains types de requêtes des agents d'individualisation, mais reste encore limité. Il faut pouvoir représenter également les attitudes, motivations, style d'apprentissage, la cognition, l'émotion, les types d'erreurs commises dans les sessions précédentes, l'ensemble des SDTs déjà présentées, le degré de maîtrise des stratégies cognitives, les préférences, les profils des élèves, etc.

Tableau V.1.2 : Objet de connaissances et types de savoir dans le modèle de l'apprenant retenus dans les travaux antérieurs du projet AMICAL (voir détail dans l'Annexe A)

Nom du champ	Définition	Liste de valeurs possibles (si significatif)
Objet	Objet de la langue sur lequel portent les connaissances	Lettre, Mot, Phrase, Texte, Phonème Graphème, syllabe graphique, mot-composé, groupe de mots, paragraphe, syllabe phonique.
Instance	Permet de distinguer les différentes instances.	Indéfinie (si la valeur n'est pas connue) Toute instance (si le statut de l'hypothèse est vrai quelle que soit la valeur) Une ou plusieurs valeurs sinon
Connaissance sur l'objet	Connaissance liée à l'objet dans la base de connaissances linguistiques sur laquelle l'enfant a un type de savoir.	Cf. base de connaissances linguistiques
Type de savoir de l'apprenant	Type de savoir de l'apprenant sur la connaissance liée à l'objet. Il s'agirait d'un triplet : <type de savoir : valeur :nature du savoir>	Savoir-faire : reconnaissance Connaissance : explicite Savoir-faire : construction ...
Type de savoir	.	Connaissance Savoir-faire
Valeur	Champ non obligatoire (dans le cas d'une connaissance)	Construction Reconnaissance ...
Nature du savoir		Implicite Explicite
Statut de l'hypothèse	Valeur de l'hypothèse à laquelle l'agent de représentation de l'élève a abouti après l'analyse des comptes rendus.	Connu Existant
Contexte de l'hypothèse	Liste des contextes (situations didactiques) dans lesquels cette hypothèse a pu être déterminée.	Vide (pour la RES) Liste de contextes

Les états de connaissances de l'apprenant peuvent être décrits comme suit:

- L'état de ses connaissances déclaratives (les notions et concepts qu'il connaît),
- L'état des connaissances procédurales de l'apprenant (ce qu'il sait faire),
- L'état cognitif (capacité cognitive et métacognitive)
- Ses caractéristiques individuelles (son style cognitif (sa réaction aux différentes stratégies proposées), son style d'apprentissage (impulsif, réfléchi ...), son intérêt pour les différents types de situations d'apprentissage, etc.),
- Son niveau d'évolution et son profil (il est déterminé grâce à la trace de ses actions et de ses résultats au cours du déroulement de la session).

Il est à noter ici que le traitement de certaines connaissances liées aux états mentaux de l'apprenant peut être fait lors du déroulement de l'activité didactique. L'agent de contextualisation peut aider à dépasser l'état_mental_frustré par des aides contextualisées et bien traitées.

Tableau V.1.3 : Profils et compétences de l'apprenant (voir détail dans l'Annexe A)

Nom du champ	Définition	Liste de valeurs possibles (si significatif)
Information sur l'apprenant	Nom, prénom, sexe	
Profil	Type de l'apprenant selon son style d'apprentissage	Impulsif, réflexif, auditif, visuel, auditif et visuel.
Capacités cognitives	Les habiletés cognitives de l'apprenant degré de maîtrise d'une stratégie cognitive	La valeur appartient {Très Haut, Haut, moyen, bas, très bas }
Capacités métacognitives	Connaissance liée à l'utilisation des stratégies cognitives.	Capacité à décider d'utiliser l'aide, capacité à utiliser l'aide ... {Très haut ... très bas }
Préférences	Les préférences de l'apprenant dépendent de la façon de présenter les instruments (auditive, visuelle, contexte) et aussi le contenu lui-même <Objet, préférences, contexte >	Contexte {très familier, familier, moyen, peu familier, très peu familier} Préférences {visuelles, auditives...} <Objet :Compagnon, Type :Valeur>
Compétences techniques	Par exemple degré de maîtrise des interfaces	<SDT, Complexe_Interface, Degré de maîtrise> {très haut, haut, moyen, bas, très bas }
Erreurs commises	il s'agit de mettre les erreurs et leurs types et aussi la remédiation locale	<Erreur, Type, contexte, remédiation> les remédiations non locales sont interprétées par les envois de recommandation de l'AGRE (Agent Gestionnaire de la Représentation de l'Elève).
Compétences conceptuelles	Champ non obligatoire (exemple: dans le cas d'une connaissance de type texte, si texte dans la logique du monde réel –conforme aux règles de la logique créée (monde magique, fonction,...))	<Connaissances pragmatique, implicite> Monde magique connu {selon les textes déjà présentés dans les sessions précédentes et les réponses}
Ses connaissances et leurs statuts	Voir type de savoir tableau V.I.2	Implicite Explicite

5.1.4 Individualisation de la séquence

D'un point de vue théorique, la détermination de la séquence de situations didactiques correspond à la planification d'une séquence d'actions susceptible d'atteindre le but fixé (l'objectif d'apprentissage). L'évolution du processus de modélisation de la planification didactique dépend étroitement de la stratégie adoptée. La planification à base d'agent utilisant l'ensemble de connaissances didactiques et planifiant toutes les actions faisant partie de son plan mental nécessite un couplage entre les fonctionnalités de l'agent et l'ensemble des stratégies pédagogiques à exploiter. Notons qu'une organisation de la didactique dans le système peut mener le modélisateur de l'agent à trouver les meilleures techniques pour assurer un plan individualisé et surtout à pouvoir individualiser chaque situation didactique. Le processus de construction de plan se situe dans le deuxième niveau d'individualisation, il s'agit d'utiliser des entités représentées dans un niveau méso-scopique (voir figures V.1.1, V.1.3).

Imaginons maintenant qu'un algorithme de recherche de plan dans un graphe de planification puisse donner comme résultat la meilleure séquence selon l'heuristique choisie. Sachant que l'individualisation de chaque situation didactique parmi celles constituant le plan est un problème complexe et nécessite de le reprendre à part, il nous semble primordial de suivre une stratégie de simplification par la décomposition des tâches.

Le problème de planification didactique n'est pas récent, de nombreux travaux de recherche sont faits dans le cadre du projet AMICAL pour concevoir et implémenter le planificateur AMICAL. Les propositions de Cherkaoui (Cherkaoui 1996) présentent une première tentative de la planification distribuée. Il s'agissait de réutiliser un algorithme de planification en IA pour la génération, le contrôle de l'exécution et la replanification. Cette première tentative prend en considération quatre niveaux d'abstraction (niveau de l'objectif d'apprentissage, niveau des stratégies d'enseignement, niveau de l'activité et niveau des procédures d'individualisation). Les procédures d'individualisation sont représentées par un ensemble de règles de production provenant de l'expertise du domaine. L'individualisation de l'interface et du scénario de déroulement de chaque activité est implicite dans les règles de production. Cependant, on ne trouve pas une représentation explicite ni de l'interface, ni du scénario de déroulement de l'activité didactique, ce qui rend la procédure d'individualisation de plus en plus complexe à implémenter.

Nous nous basons dans le cadre de notre recherche sur la planification par décomposition (Aouag 2005c); il s'agit de séparer les deux niveaux d'individualisation (niveau de la séquence d'enseignement et niveau de chaque activité). Notre travail se fonde sur une représentation de l'activité et de ses éléments d'individualisation qui peuvent appartenir aux différents modèles spécifiés par l'équipe de conception (modèle didactique, modèle d'interface, modèle de contenu et modèle cognitif). Ceci donne une vision plus élargie et permet de voir le problème de deux niveaux séparés : la séquence des SDTs et chaque SDT. La technique qu'on a adoptée réside dans le fait d'attacher un agent à chaque activité. Cet agent est chargé de l'instanciation des paramètres d'individualisation de chaque activité didactique (voir plus de détails pour l'individualisation de l'activité dans la partie 2 de ce chapitre).

On se contente dans ce chapitre de montrer la technique de construction de la séquence des SDTs qu'on a utilisée, la figure V.1.3 synthétise le problème de la planification didactique. Il s'agit d'utiliser l'objectif calculé dans la première phase de planification et l'ensemble des connaissances didactiques, linguistiques et pédagogiques pour la construction de la séquence. Pour l'individualisation d'une session didactique correspondant à un objectif d'apprentissage calculé dans une phase antérieure, le système procède à la sélection dynamique d'une suite des Situations Didactiques Types (SDTs) qui sont considérées comme les briques de base que l'on utilise pour la construction d'un plan d'enseignement.

Pour qu'une SDT puisse être retenue, il faut qu'elle remplisse toutes les conditions d'adéquation par rapport à l'état des connaissances de l'apprenant et la compatibilité des contraintes d'individualisation d'une situation didactique avec les contraintes déjà présentes dans la séquence de situations didactiques retenue (**préférence de l'apprenant, état cognitif, l'état de connaissance, rythme de son apprentissage**). Donc il s'agit d'adopter une démarche d'enseignement pouvant prendre en considération les différents types d'apprenant selon les principes de différences individuelles (Chapitre I section I). On doit tout d'abord représenter les types de connaissances liées à son style d'apprentissage.

L'agent de modélisation de l'apprenant utilise l'historique ou ce qu'on appelle la trace des interactions de l'apprenant pour mettre à jour son modèle et pouvoir répondre aux différentes requêtes des agents du système. Les types de connaissances à prendre en considération dépendent étroitement de la

modélisation des différences individuelles et des connaissances à transmettre dans chaque activité didactique. Les degrés de maîtrise des stratégies cognitives sont représentés par des variables appartenant à un champ {très haut, haut, moyen, bas, très bas} selon le déroulement de la situation didactique (voir tableau V.1.3). une SDT est considérée selon nous comme une action système. Une classe de SDTs représente un ensemble de SDTs, ou une catégorie d'actions système, ayant un rôle commun, ce qui peut être très utile pour faciliter la tâche de recherche des SDTs constituant le plan d'enseignement. Pour que cela soit possible, il faudrait qu'une tâche didactique soit associée à une configuration de facteurs et d'opérateurs pédagogiques commune à toutes les configurations, selon la démarche d'enseignement adoptée.

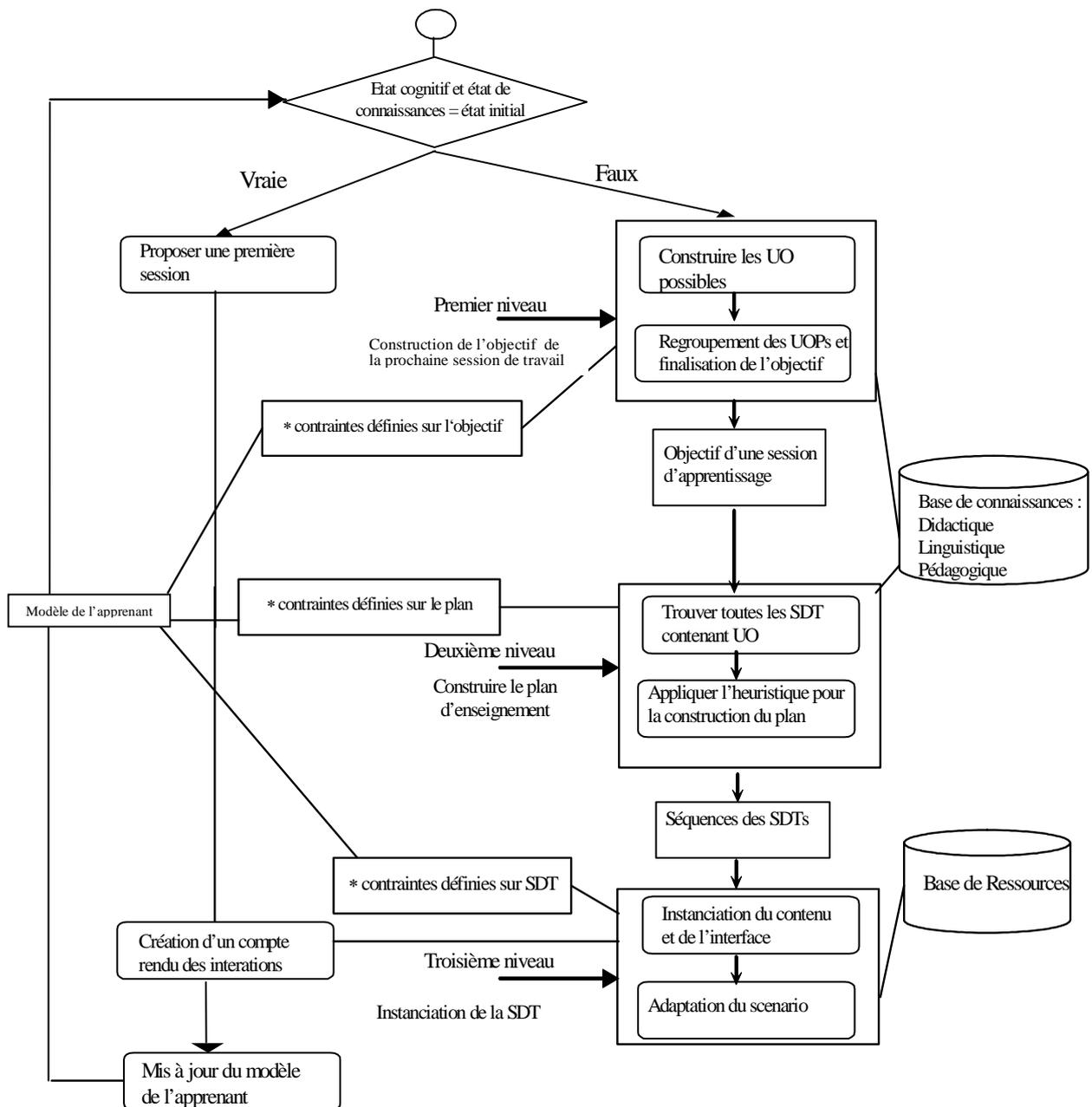


Figure V.1.3 Conception du processus de planification selon le formalisme du Diagramme d'activité UML

5.1.4.1 Catégories d'actions système

En gardant la démarche d'enseignement proposée par Cherkaoui (Observation, Acquisition, Vérification et Contrôle), on a classifié les situations didactiques selon leurs rôles en quatre classes :

Mettre en situation : c'est la catégorie des situations didactiques qui mettent l'enfant dans une situation de présentation d'un objet d'apprentissage (texte, phrase...). Cette catégorie de situations didactiques est liée à la démarche d'enseignement utilisant l'observation au début du travail avec un élève, début CP : recueillir des informations sur l'élève, à partir d'une représentation générale standard d'un élève en fin de grande section de maternelle (GM). Il s'agit donc de la détermination de configurations de connaissances susceptibles de modifier la phase d'observation en phase d'acquisition.

Activer stratégie : ce sont les situations didactiques qui font travailler une stratégie par l'enfant, elles correspondent à la démarche d'enseignement qui se base principalement sur l'acquisition d'une nouvelle stratégie : – mise en présence ; – mise en situation problème ; – répétition-mémorisation ; – reprise dans différentes situations indiquant une évolution dans la progression de l'acquisition (contextes différents)

Évaluer connaissances : la plupart des situations didactiques permettant d'évaluer l'enfant sont concernées par la détermination de l'état de savoir faire sur la lecture. Ce type de situations didactiques est orienté système, il a pour rôle de :

- permettre de confirmer/infirmes les affirmations de l'élève sur des connaissances qu'il déclare connues (en situation d'autonomie)
- confirmer/infirmes une information à la demande de la RE (Représentation de l'Élève)

Contrôle de connaissances : ces situations concernent la consolidation de connaissances ; il s'agit de vérifier le statut des connaissances représenté dans le modèle de l'apprenant concernant un objet de lecture. Les actions système du contrôle sont généralement orientées apprenant, il s'agit d'une demande explicite à l'élève et, pour l'élève, de la confirmation de connaissances considérées comme acquises (par rapport à ce qu'il a appris et ce qu'il sait, incitation à la conduite métacognitive d'apprentissage, favorisant une sorte d'"auto"contrôle, facteur de motivation)

5.1.4.2 Les relations entre actions système

On peut définir quatre types de relations :

Relation de précédence, on l'utilise pour :

- Ordonner la séquence
- Calculer les actions système applicables sur un état

Relation de dépendance :

- Améliorer la qualité de la fonction heuristique
- Éviter la répétition

Relation de complémentarité, on l'utilise pour :

- Calculer des plans partiels (les bouts de plans), pour réduire le temps de calcul pour arriver à une meilleure séquence

5.1.4.3 Problème de caractérisation de la Bibliothèque de Situations Didactiques Types

Les bases d'informations (bases de données, bases de connaissances) sont des systèmes utilisés pour représenter les croyances et connaissances que l'on peut avoir sur le monde réel ou tout au moins, sur une partie du monde réel. De manière informelle et classique, on dit qu'une base est incomplète lorsqu'il existe des questions auxquelles on ne peut répondre ni par oui ni par non, en exploitant l'information contenue dans la base (Bosc & al 2002). En ce qui concerne la caractérisation de la bibliothèque des SDTs, on a adopté des conventions pour limiter, voire éliminer, l'incomplétude. La première de ces conventions est la CWA (Closed World Assumption) ou « Hypothèse du Monde Fermé ». Son effet principal est de donner implicitement la valeur de vérité FAUX à toute information qui n'est pas dérivable de la base (c'est-à-dire à toute information dont on ne peut pas dire à partir de la base qu'elle est vraie) pourvu que cela ne rentre pas en contradiction avec les informations de la base. En conséquence, on saura répondre positivement ou négativement à toute question relative à l'existence d'une SDT correspondant aux critères spécifiés.

Le problème de caractérisation de la bibliothèque des SDTs peut ouvrir sur certains champs de recherche scientifique récents (data mining, langage du premier ordre, « théorie des modèles » ou l'état est représenté par une interprétation de Herbrand... etc). Cela dépasse le cadre de nos recherches, pour cela nous avons essayé de faire le plus simple possible pour nous concentrer sur les traitements au niveau du calcul du plan.

On distingue dans le système AMICAL, les Situations Didactiques Types et les Situations Didactiques Instanciées, une situation didactique type est considérée comme la plus petite action du système face à l'apprenant pour atteindre un objectif bien défini, cette action élémentaire est une configuration de couples <Action, Connaissance> ou de triplets <Action, Statut, Connaissance >. L'individualisation de la séquence nécessite de prendre en considération le maximum d'informations qualitatives sur l'apprenant ; dans notre cas, le système calcule des plans en se basant sur une bibliothèque de situations didactiques types et non pas sur des plans complets prédéfinis (voir planification à base de bibliothèque de plans (chapitre 1 section II)). Ici le système procède à la sélection dynamique d'une suite de situations didactiques types qui sont considérées comme les briques de base que l'on utilise pour la construction d'un plan. Pour qu'une situation puisse être retenue, il faut qu'elle remplisse toutes les conditions d'adéquation par rapport à l'état de connaissances de l'apprenant et la compatibilité des contraintes. Nous présentons dans ce qui suit l'algorithme de calcul du plan en utilisant les principes de planification par recherche heuristique dans les graphes de planification.

5.1.4.4 L'algorithme de calcul du plan d'enseignement

La recherche heuristique représente une technique alternative de résolution de problèmes en intelligence artificielle, largement utilisée pour les problèmes qui sont caractérisés par une explosion

combinatoire d'états. Pour les algorithmes classiques de recherche dans les espaces d'états, un nœud dans le graphe de recherche représente un état et un arc depuis ce nœud représente l'application d'une action à cet état. Afin d'assurer la complétude, toutes les actions applicables à cet état doivent être considérées. L'ordre dans lequel ces actions sont considérées pour développer les états dépend de la stratégie choisie : profondeur d'abord, largeur d'abord, meilleur d'abord suivant la valeur d'une heuristique.

Nous introduisons une stratégie de calcul inspirée de l'algorithme de recherche meilleure d'abord. Dans notre cas, on considère les situations d'apprentissage comme des actions du système, la prise de décision est liée à l'extraction des informations pertinentes pour le calcul de l'heuristique afin d'utiliser les situations d'apprentissage constituant le plan d'enseignement. Le problème essentiel pour la planification par recherche heuristique est alors la sélection du meilleur nœud possible à développer. Les difficultés commencent quand les valeurs heuristiques des meilleurs nœuds sont proches les unes des autres, on considère le modèle d'individualisation comme un ensemble de contraintes lié à chaque état. Imaginons maintenant qu'on a un objectif d'apprentissage représenté sous forme matriciel et qu'on cherche, pour chaque état évalué E, à trouver l'action système permettant d'enlever une ligne de cette matrice jusqu'à arriver à trouver la séquence d'actions système permettant d'atteindre cet objectif (la matrice vide).

Entrées :

- Objectif représenté comme une configuration de (<Action,[Statut],Connaissances>)
- Bibliothèque SDTs
- Contraintes d'individualisation

Sortie :

- Séquence de SDTs correspond à l'objectif

Le calcul heuristique dépend du choix de la situation pertinente parmi celles contenant le couplet ou le triplet présent dans l'objectif d'apprentissage ; les valeurs heuristiques dépendent des contraintes d'individualisation données par un agent de modélisation de l'apprenant. Supposant qu'on cherche dans la bibliothèque des SDTs une situation didactique contenant le triplet <A1,S1,K1>, plusieurs réponses sont possibles. Cependant à chaque fois qu'on utilise une SDT, elle doit correspondre aux contraintes d'individualisation spécifiées et utilisées pour le choix des SDTs. Le principe POP réside dans le fait d'effectuer une recherche en profondeur dans l'espace des plans partiels avec des retours arrière sur les choix non déterministes. Cette recherche est guidée par des heuristiques de sélection des buts pendants et de leurs résolveurs. Les heuristiques de *moindre engagement* s'attachent à choisir un résolveur introduisant le moins de contraintes possibles, et à sélectionner un défaut admettant le moins de résolveurs possibles.

5.1.4.4.1 Définitions

- **L'état initial** ou le point de départ dans le processus de recherche (Objectif,∅) ; Plan = ∅ au début
- **L'ensemble d'opérateurs** qui permettent les transitions d'un état à l'autre (dans notre cas ce sont les actions système: l'ensemble de situations didactiques types susceptible d'être utilisé

pour atteindre l'objectif) (Situation didactique Type contenant des couples ou triplets présents dans l'objectif)

- **L'état solution** – le but de la recherche {(Objectif vide), SSDT} (si toutes les UOs se sont enlevées c-à-d l'objectif est vide alors le plan est accepté)
- **L'espace d'états** peut être décrit par l'état initial et l'ensemble des opérateurs. Une suite d'états produits par l'application valide des opérateurs forme un **chemin** dans l'espace d'états. Il peut être observé qu'un chemin est décrit aussi par l'état initial et la séquence des opérateurs. Le processus de recherche se finalise sur l'identification d'un chemin qui part de l'état initial et arrive dans l'état solution. Ce chemin représente la SSDT.

Il peut arriver que plusieurs chemins se terminent avec l'état solution. Il est utile dans ce cas d'avoir un critère de performance afin de décider quel est le meilleur chemin. Une telle fonction s'appelle **fonction coût-chemin**. Le coût de chemin est calculé à partir des contraintes d'individualisation.

Une **solution** est un chemin menant à l'état solution. Plus concrètement, une solution serait une suite de situations didactiques types qui, étant appliquées successivement, en partant de l'état initial, conduit à l'état solution (Objectif vide, Plan construit)

5.1.4.4.2 Planification à base de recherche heuristique

As : les actions système = {Les situations didactiques types susceptibles d'être utilisées pour atteindre l'objectif, elles contiennent des couples ou triplets présents dans l'objectif}

Un problème de planification est un quadruplet (As,B,I,CI) ; tels que

- As : Action système
- B : les unités d'objectif
- I : l'ensemble des fluents dénotant l'état initial
- CI : les contraintes d'individualisation

Transitions possibles :

L'application d'une action système sur un état peut donner un nombre limité d'états possibles

Tant que (Objectif n'est pas vide)

$E_n = \text{Successeur}(E_{n-1}) = (E_{n-1} \hat{\wedge} As_1)$; on lit application de l'action système As sur l'état E_n

{ E_n :

Objectif ← *Objectif* – couple ou triplet présents dans l'activité

Choisir meilleur nœud ($E_n, \{E_{n-1}\}, h(X)$)

Plan = *Plan* + *SDT choisie* ;

;; *En fait* E_n : représente l'ensemble d'états successeurs de E_{n-1} .

Fin Tant que

La technique utilisée se base sur l'affectation des valeurs heuristiques selon les contraintes d'individualisation.

5.1.4.4.3 Calcul de l'heuristique

Chaque Groupe de situations didactiques apte à enlever une UO représente un opérateur. L'instanciation d'un opérateur dépend du choix de l'action système (situation didactique).

Les opérations sont représentées sous la forme du prédicat Enlève(Objectif,UO,SDT,CI). Si on a N unités d'objectif alors N opérations seront définies sur cet objectif et on aura N ensembles de situations didactiques. Il est à noter ici qu'une situation didactique peut appartenir à deux ensembles en même temps. On peut formuler la fonction heuristique comme suit:

$$H(SDT) = C(SDT) * \text{card}((SDT) \cap \text{Objectif}) / (\text{card}(SDT))$$

$\text{card}((SDT) \cap \text{Objectif})$ correspond à la cardinalité de cet ensemble c'est à dire au nombre d'unités d'objectif de SDT figurées dans l'objectif ;

$\text{Card}(SDT)$ correspond au nombre d'unités d'objectif appartenant à SDT.

5.1.4.4 Formalisation des contraintes d'individualisation

Nous nous intéressons dans cette partie à la spécification de la couche-contraintes, il s'agit de formaliser ce qu'on appelle contraintes d'individualisation. Une variété de connaissances entre en jeu, sur les différents types de connaissances de l'apprenant, sur la situation didactique et sur la relation entre situations didactiques. Une contrainte est une relation logique (une propriété qui doit être vérifiée) entre différentes inconnues, appelées variables, chacune prenant ses valeurs dans un ensemble donné, appelé domaine. Cette relation peut être définie en extension ou en intension :

Pour définir une contrainte en extension, on énumère les tuples de valeurs appartenant à la relation.

Par exemple, si les domaines des variables x et y contiennent les valeurs 0, 1 et 2, alors on peut définir la contrainte "x est plus petit que y" en extension par "(x=0 et y=1) ou (x=0 et y=2) ou (x=1 et y=2)", ou encore par "(x,y) élément-de {(0,1),(0,2),(1,2)}"

Pour définir une contrainte en intension, on utilise des propriétés mathématiques connues.

Par exemple : "x < y" ou encore "A et B => non(C)"

Contraintes d'individualisation de la séquence (en intention)

On attribue des valeurs numériques à la fonction C(SDT) {Contrainte(SDT)}.

- S'il y a une contrainte qui élimine la SDT

$$C(SDT) = 0 \text{ sinon}$$

$$C(SDT) = \text{val}(C1) + 2 * \text{val}(C2) + 3 * \text{val}(C3) + 4 * \text{val}(C4) + 5 * \text{val}(C5)$$

C1 : la SDT contient au minimum une unité d'objectif $\text{card}(SDT \cap \text{Objectif}) \neq \emptyset$

C2 : la SDT appartient à une catégorie de situations didactiques types demandée (par exemple la catégorie d'évaluation)

C3 : la SDT contient au minimum une stratégie non maîtrisée dans le modèle de l'apprenant (Stratégie \in SDT telle que $\text{stratégie.degré_maîtrise} < \text{Moyen}$)

C4 : il y a une relation de précédence entre SDT et SDTi-1

C5 : il y a une relation de complémentarité entre SDT et SDTi-1

Pour calculer les heuristiques, on applique la règle suivante :

(Non(Ci) Et val(Ci)=0) OU (Ci Et val(Ci)=1)

5.1.4.5 Application de l'algorithme de recherche du meilleur d'abord (Best-First Search)

Dans cette technique de recherche on étend toujours le nœud qui a la meilleure valeur $h(s)$. Cet algorithme peut être obtenu par la particularisation de l'algorithme général de recherche heuristique en utilisant pour la structure S une file ordonnée. Le choix de la fonction heuristique s'avère très important pour l'efficacité de la recherche effectuée par l'algorithme. L'utilité des fonctions heuristiques réside dans la limitation du nombre d'états à développer ou autrement dit, dans la diminution de branchements effectués pendant la recherche, ce qui conduit à une économie de temps et d'espace mémoire. Pour évaluer la qualité d'une fonction heuristique on peut calculer le *facteur de branchement effectif* qui est une valeur a posteriori du processus de recherche.

L'algorithme combine les avantages des principaux algorithmes non-informés (Cours Agents Intelligents):

- En profondeur : il cherche toujours un seul chemin, le plus prometteur selon la fonction heuristique utilisée;
- En largeur : à chaque pas il prend en considération tous les successeurs d'un nœud pour déterminer l'ensemble $H(n)$

5.1.4.5.1 L'algorithme Meilleur d'abord avec anticipation proposée

```

Soit  $\Pi = \langle As, I, B, CI \rangle$  /* Problème de planification
Soit ABP /* Action sdes Buts préférés : Elle correspondent aux actions du choix des nœuds satisfaisants le maximum des contraintes */
Soit open =  $\emptyset$  /* liste open : nœud à développer */
Soit close =  $\emptyset$  /* liste close : nœuds déjà développés */

Fonction planifier ()
Calculer_nœud (I,  $\langle \rangle$ ) ;
Tant que open  $\neq \emptyset$  faire
Soit  $\langle E, P, action, h \rangle = pop\_meilleure\_nœud ()$  /* Dépiler meilleur nœud , 'une boucle'
Pour  $a \in actions$  faire
Calculer_nœud ( $E \uparrow a$  ,  $p \oplus \langle a \rangle$ ) /* Recalculer à chaque fois le nœud suivant ; sinon dépiler un autre
Finpour
Fintantque
Fin

Fonction calcule_nœud (E,P) /* E : état, P : plan, */
Si  $E \notin close$  alors , il est pas déjà choisi
Si  $B \subseteq E$  alors écrire_plan_et_finir (P) finsi
close  $\leftarrow close \cup \{E\}$  ;
calculer_heuristique(E,P) ;
Open  $\leftarrow open \cup \{\langle E, P \rangle\}$  ;
    Soit  $\langle E', P' \rangle = calcule\_bout\_plan(E, P)$  ; /* P' est un bout de plan obtenu par complémentarité entre SDTs ; C'est la
        fonction complementarite(SDT) qui retourne une liste SDTs ayant une relation
        de complémentarité avec la SDT. Sinon elle retourne NULL
Si Long (P')  $\geq 2$  alors ; long (P') correspond à la longueur du bout de plan P' ou la cardinalité de l'ensemble
    P'(c'est-à-dire le bout de plan représenté sous la forme d'une liste de SDTs ayant une relation de
    complémentarité ). S'il y a une relation de complémentarité (SDT1,SDT2...) alors Long (P')  $\geq 2$ 

Calculer_nœud (E',  $P \oplus P'$ )
Finsi
Sinon
Open  $\leftarrow open \cup \{\langle E, P \rangle\}$  ;
Finsi
Finsi
Finsi
Fin
    
```

5.1.4.5.2 Graphe de planification

L'espace d'états du problème est représenté comme un graphe orienté créé en partant du nœud représentant l'état initial et en appliquant les opérateurs qui modélisent l'ensemble d'actions du système (SDT) avec la fonction d'heuristique $h(\text{SDT})$. Il faut souligner qu'il n'est pas nécessaire de mémoriser ce graphe. Il peut être construit lors de la recherche de la solution.

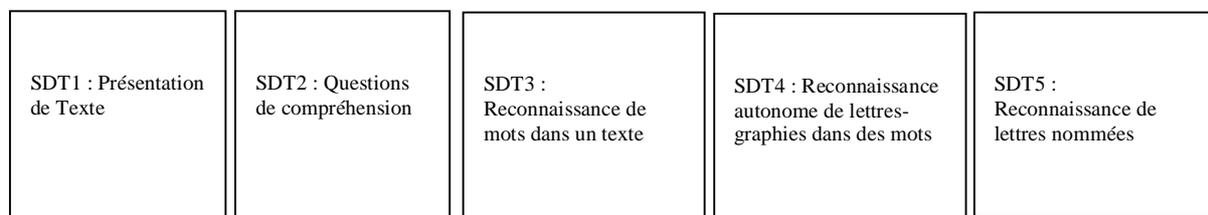
5.1.4.5.3 Exemple d'un objectif d'apprentissage et d'une séquence

Pour faciliter l'implémentation, l'objectif est représenté sous la forme d'une liste d'éléments, représentés eux aussi sous formes de listes, représentant les unités d'objectif. Les situations didactiques types ont la même représentation que l'objectif.

Objectif :

```
Objectif([[ 'mettre-en-présence', 'nouveau', 'texte : lecture-texte' ],
  [ 'vérifier : construit', nul, 'texte : représentation-conceptuelle-données-
    textuelles' ],
  [ 'mettre-en-présence', nul, 'TH-correspondance-écrit-oral :
    correspondance(chaîne-écrite, chaîne-orale)' ],
  [ 'mettre-en-présence', nul, 'TH-espace-écrit : relation-spatiale(composant,
    linéaire, G-D/H-B)' ],
  [ 'mettre-en-présence', 'dit-reconnu', 'instance : mot : mot-écrit' ],
  [ 'mettre-en-présence', nul, 'stratégie-localisation-sémantico-spatiale' ],
  [ 'observer : reconnu', nul, 'instance : lettre : graphie' ],
  [ 'vérifier : connu', nul, 'instance : lettre : nom-lettre' ],
  [ 'mettre-en-présence', nul, 'TH-mot-écrit : structure-lettre-mot(composé-de :
    entité-élémentaire:lettres)' ] ]).
```

Séquence des SDTs



Représentation des SDTs

```
SDT1
[
  ['mettre-en-présence',_, 'texte'],
  ['mettre-en-présence', 'nouveau', 'texte : lecture-texte']
]

SDT2
[
  ['vérifier : construit',nul, 'texte : représentation-conceptuelle-données-textuelles']
  ['mettre-en-présence', nul,'TH-correspondance-écrit-oral : correspondance(chaîne-écrite,
  chaîne-orale)'],
  ['mettre-en-présence', nul, 'TH-espace-écrit : relation-spatiale(composant, linéaire,
  G-D/H-B)']
]

SDT3
[
  ['mettre-en-présence', _, 'texte'],
  ['mettre-en-présence', 'dit-reconnu','instance : mot : mot-écrit'],
  ['mettre-en-présence', nul, 'stratégie-localisation-sémantico-spatiale'],
  ['inciter à utiliser',nul, 'stratégie comparaison'],
  ['mettre-en-présence,nul, 'permanence mot objet écrit'],
  ['renforcer mémorisation visuelle',nul,'mot écrit']
]

SDT4
[
  ['observer : reconnu' ,nul, 'instance : lettre : graphie'],
  ['mettre-en-présence' , nul, 'TH-mot-écrit : structure-lettre-mot(composé-de :
  entité-élémentaire : lettres)']
]

SDT5
[
  ['vérifier : connu' , nul, 'instance : lettre : nom-lettre'],
  ['mettre-en-présence', nul, 'TH-mot-écrit : structure-lettre-mot(composé-de : entité-
  élémentaire:lettres)']
]
```

Remarque : La séquence est représentée sous forme d'une liste d'éléments représentant les SDTs.

Partie 2: Mise en œuvre de l'approche agent-objet pédagogique dans AMICAL

Nous retenons de la session présentée précédemment les deux exemples d'activités de reconnaissance de mot dans un texte et de présentation de texte, pour des raisons relatives à leurs natures différentes afin de mettre en œuvre l'approche agent-objet pédagogique dans le système. Il s'agit de présenter le fonctionnement de l'agent, intégré dans l'objet pédagogique, en se basant sur ces deux activités. Le but de cette partie est de montrer comment un agent peut imiter un enseignant face à des situations d'apprentissage de deux différentes natures ; la première situation concerne la présentation d'un texte qui va constituer la base de travail pour tout le reste des activités didactiques constituant la séquence didactique. Sachant que les enfants sont en début de CP, le texte est considéré comme un facilitateur pédagogique : toutes les questions de compréhension et de mémorisation doivent se baser sur le texte présenté. La deuxième situation d'apprentissage met l'apprenant devant un problème de reconnaissance de mots ce qui fait appel à différentes stratégies cognitives préconisées par les intentions d'enseignement. Donc après avoir déterminé les intentions d'enseignement caractérisant les activités de la session, nous entamons dans cette partie le fonctionnement des agents d'individualisation correspondant au modèle de représentation évoqué dans le chapitre précédent.

Nous avons annoncé que l'élément clé du modèle de représentation de l'agent est celui du concept de l'instrument pédagogique, lequel doit être enrichi par les différents éléments d'adaptation pour rendre l'activité flexible et pouvant s'adapter aux différents profils d'apprenants. L'enjeu est de représenter l'ensemble des constituants variants, représentant les instruments pédagogiques, comme des structures de connaissances complexes sur lesquelles reposent les réactions de l'agent pour l'individualisation de l'activité didactique. Nous avons également montré dans le chapitre 4 que l'agent individualise l'activité didactique en suivant trois étapes: individualisation du contenu, de l'interface et du scénario de déroulement. Nous commençons par l'individualisation du contenu de chaque activité.

5.2.1 Individualisation du contenu

Dans cette étape l'agent se base sur les intentions d'enseignement, caractérisant l'activité didactique, pour individualiser les connaissances et leurs statuts. Par exemple dans l'activité de présentation de texte, l'intention d'enseignement concernant les connaissances à faire acquérir peut contenir une description du statut de texte à présenter ou laisser sa détermination dans le troisième niveau d'individualisation. Nous traitons le cas où le statut de texte serait déterminé dans le troisième niveau (['mettre-en-présence', **Statut**, 'texte : lecture-texte']).

5.2.1.1 Exemple de l'activité de 'présentation de texte'

Lors de l'exécution de l'étape de construction de la matière primaire pédagogique, l'agent lance un module de raisonnement pour l'individualisation du contenu (Agent de connaissance). Il s'agit d'utiliser les intentions d'enseignement, qui sont représentées également dans les structures des variants de l'activité didactique, pour la détermination des caractéristiques des connaissances présentes dans ces intentions d'enseignement. Dans le cas de l'activité de présentation de texte, l'agent doit

déterminer les caractéristiques du texte à présenter dans l'instrument champ du texte (voir représentation ci-dessous), en se basant sur le modèle de l'apprenant et les connaissances communiquées par les autres agents de l'environnement.

Représentation du texte :

```
texte(valeur :Texte,
titre_texte:Titre,
statut :Statut,
type_texte : Type_texte,
niveau_vocabulaire: Niveau_Vocabulaire_texte,
degre_difficulte_texte: Degre_difficulte,
degre_connaissance : DegreeConnaissances,
nb_fois : Nb_fois,
contexte :Contexte,
liste_mots :Liste_mots,
liste_phrases :Liste_phrases)
```

Après avoir déterminé les caractéristiques du texte l'agent passe à l'individualisation de l'interface en utilisant les instruments incorporant dans leur structure les intentions d'enseignement, caractérisant l'activité didactique, et la description détaillée des connaissances. Par exemple l'instrument champ du texte incorpore dans sa structure aussi bien l'intention d'enseignement correspondant à la présentation du texte que la description du texte lui même. Nous reprenons l'exemple de cet instrument, présenté dans le chapitre 3, pour rappeler les différents éléments à utiliser dans la deuxième et la troisième étape d'individualisation. Nous montrerons dans les sections suivantes plus de détails concernant l'individualisation de l'interface et du scénario de déroulement de l'activité de reconnaissances de mot.

```
instrument_champ_du_texte (nom : 'instrument champ du texte',
sorte de : 'instrument support de connaissances',
localisation : 'Activité reconnaissance de mot',
mode_intervention : Mode,
moment_intervention : Moment,
fonction_pedagogique : [['mettre en présence', Texte, Statut]],
forme : artefact_champ_du_texte (Instance : Valeur, Couleur, Visibilité, Taille,Specifique)),
scenario_instrument_champ_texte : (mise-en-œuvre : lecture-fichier-son-individualisé, Specifique),
contenu : texte(valeur :Texte,
titre_texte:Titre,
statut :Statut,
type_texte : Type_texte,
niveau_vocabulaire: Niveau_Vocabulaire_texte,
degre_difficulte_texte: Degre_difficulte,
degre_connaissance : DegreeConnaissances,
nb_fois : Nb_fois,
contexte :Contexte,
liste_mots :Liste_mots,
liste_phrases :Liste_phrases)
)
```

L'individualisation de l'activité didactique nécessite la formulation d'un ensemble de requêtes de l'agent pour recevoir les informations sur les connaissances de l'apprenant et la base de ressources. Nous nous contentons de présenter ces requêtes en langage naturel pour la simplicité. Une représentation simplifiée de ces requêtes selon le standard FIPA ACL est fournie dans la figure V.2.1 (voir annexe B, pour les performatifs de communication). Nous donnerons dans les sections suivantes la structure détaillée d'un message selon ce standard. Les requêtes de l'agent utilisées pour l'instanciation de la connaissance 'Texte' peuvent être formulées comme suit :

Pour chaque Text $T \in$ <Modèle de l'apprenant> ; Retourner le texte et le nombre de fois N où le texte a été présenté

Pour chaque Text T faire : Trouver (Liste des Phrases du Texte sur lesquels l'apprenant a déjà travaillé)

Texte T déjà vu ; Retourner liste des mots dits connus // les mots dits connus sont les mots sélectionnés par l'apprenant dans une situation de reconnaissance de mot en autonomie

Texte T déjà vu ; Retourner liste des mots ayant au moins le statut 'connu' // les mots connu(s) sont des mots reconnus dans une situation didactique de résolution d'un problème de reconnaissance de mot

Trouver les contextes de reconnaissance du mot X (Liste des mots, Contextes)

Statut du mot synthétique sans liaison avec le texte

Obtenir Niveau de vocabulaire du texte,

Obtenir Degré_difficulté du texte,

Obtenir dernier texte présenté à l'apprenant

Nous avons vu dans le chapitre précédent que l'instanciation des paramètres de l'activité didactique nécessite tout d'abord de préciser les objectifs de l'agent et les préconditions d'exécution de la situation didactique. Les préconditions d'exécution de la SD sont représentées par l'état initial de l'apprenant, l'état désiré et les trois types de connaissances, déclaratives, procédurales et contextuelles. Sachant que l'agent se charge de l'individualisation de toute une classe de SDT, les préconditions d'exécution de l'activité didactique contiennent l'ensemble des connaissances et stratégies cognitives présentes dans toutes les SDTs appartenant à la même classe. S'il s'agit par exemple de l'activité de reconnaissance de mot dans un texte la formulation des préconditions d'exécution de cette activité nécessite de prendre en considération toutes les stratégies, de reconnaissance de mots, pouvant appartenir à toutes les SDTs de la classe des SDT de reconnaissance de mot.

Les préconditions d'exécution de l'activité sont les conditions initiales sur les états initiaux (l'état de connaissance et l'état cognitif) de l'apprenant qui doivent être satisfaites pour calculer les états désirés. L'état initial de l'apprenant correspond aux statuts des connaissances chez l'apprenant. Ces statuts peuvent concerner tant le degré de maîtrise d'une connaissance et ses composantes que le degré de maîtrise d'une stratégie dans le modèle de l'apprenant. Les états désirés sont en relation directe avec les effets attendus sur l'apprenant (l'évolution des statuts de connaissances, des stratégies, des compétences techniques ... voir chapitre 4). Les postconditions sont les contraintes définies sur les objets individualisés.

Commençant par l'activité de présentation d'un texte à l'apprenant, on peut décrire les éléments en relation avec l'instanciation des paramètres de l'activité comme suit :

Objectifs de l'agent

< Progression_connaissances, état_connaissances_initial, état_connaissances_désiré>

< Evolution_cognitive, état_cognitif_initial, état_cognitif_désiré>

<Evolution_adaptative, motivation_respecter_style_d'apprentissage>

< Progression_sous_tâche, Instrument, modalité>

5.2.1.1.1 Précondition d'exécution de l'activité

État initial ID_apprenant

Etat connaissance (texte, degré de connaissances)

Degré de connaissances_texte :

état-de-savoir(objet-text,Type-objet, degré-difficulté , Nbre-fois =0)

état-de-savoir ((listes- sous-objets (phrase, mot, syllabes, Lettre), Nbre-fois-objet, Statuts)

état _de_savoir (objet-lien ((chaîne-écrite-chaîne orale,mot écrit-mot oral),Statuts), Nbre-fois-objet))

état_cognitif_initial(compétences_techniques,compétences_cognitives,compétences_métacognitives, compétences_conceptuelles).

État désiré

Etat_de_savoir(objet-text,Type-objet, degré-difficulté,Nbre_fois+1)

état-de-savoir (listes- sous-objets (phrase, mot,lettres),Nbre-fois-objet+1, Statuts_évolués)

état_de_savoir(objet-lien ((chaîne-écrite-chaîne orale, mot écrit-mot orale), Statuts_évolués), Nbre-fois-objet+1)

état_cognitif_désiré(compétences_techniques,compétences_cognitives,compétences_métacognitives, compétences_conceptuelles).

Les compétences modélisées dans l'activité de présentation de texte (voir tableau V.1.1) sont partagées par l'ensemble des sous-agents constituant la hiérarchie de l'agent d'individualisation de l'activité didactique (voir forme de représentation dans la section 5.2.2.1).

5.2.1.1.2 Actions de l'agent

L'agent utilise une vue partielle, correspondant à une partie du modèle de l'apprenant contenant les informations dont il a besoin pour l'individualisation de l'activité didactique, pour initialiser sa base de croyances concernant le texte. En générale le statut du texte demandé figure dans la description des unités d'objectif caractérisant l'activité didactique ; s'il s'agit d'un texte NOUVEAU, la base de croyance contient tous les nouveaux textes qui n'ont pas encore été présentés à l'apprenant_ID et appartenant à la base de ressources système. L'agent utilise sa base de croyance pour déclencher ses actions qui lui permettent d'instancier une connaissance figurée dans les unités d'objectifs.

Nous avons montré dans le chapitre 4 que les actions de l'agent sont regroupées en quatre classes selon les objectifs de l'agent (voir figure IV.5 p.179).

Actions correspondant à la Progression de connaissances ;

Actions correspondant à l'objectif évolution cognitive:

Actions correspondant à l'évolution adaptative ;

Actions correspondant à la progression des sous-tâches.

5.2.1.1.2.1 Actions de l'agent correspondant à la progression de connaissances

La progression de connaissances de l'apprenant en relation avec le texte peut porter sur les sous-objets constituant le texte comme objet écrit (phrase-mot-lettre) et aussi le texte lu concernant les liens (chaîne_écrite-chaîne-orale, mot-écrit-mot-oral, Graphème-Phonème, syllabe_écrite-syllabe orale). Le choix du texte est un problème mal défini (priorités et critères de choix (Quanquin 2000)), il s'agit de prendre en considération tous ces éléments et leurs représentations dans le modèle de l'apprenant. Pour la simplification, on considère que le texte peut avoir un degré de difficulté par rapport au public 'enfant en CP' indépendant de l'apprenant lui-même. Cette information peut être fournie par l'Agent Expert de la Didactique. Le texte est caractérisé par le niveau de vocabulaire qui dépend de l'apprenant. Cette information est fournie par l'AGRE.

Selon l'expert du domaine, le calcul de la charge mentale du texte se fait en fonction du degré de difficulté du texte, le niveau du vocabulaire, la longueur du texte, la longueur et la complexité des phrases, la simplicité de la structure, et aussi la répétition ; ces paramètres peuvent être définis en fonction du modèle de l'apprenant. Toutes ces informations sont fournies par les agents de l'environnement. L'agent formule un ensemble de requêtes pour obtenir ces informations et calculer la charge mentale du texte.

- Obtenir degré_difficulté du texte (très Bas, Bas, Moyen, Haut, très Haut) et attribuer des valeurs numériques [1..5]
- Obtenir le niveau de vocabulaire du texte selon l'apprenant (très peu familier, peu familier, moyen, familier, très familier) et attribuer des valeurs numériques [1..5].

Formule de Calcul de la charge mentale du texte pour l'apprenant ID:

- Charge mentale dans le texte = (Niveau de vocabulaire) * degré_de_difficulté * (nombre de mots sans répétition+ nombre de lettres (statut-inconnu) + nombre de syllabes(statut-inconnu)) / (nombre de mots de statut connu)*(nombre de phrases (statut-vu)).

La charge mentale est l'un des éléments utilisés par l'agent d'individualisation pour déclencher ses actions. Un exemple d'action de progressions de connaissances est décrit comme suit

Codage des symboles: \wedge : Et ; \vee : Ou ; \neg : Négation

ACTION : Choisir texte (Texte) \in BASE_DE_CROYANCE_TEXT

Préconditions:

Pr=(charge_mentale (Texte) – charge_mentale (dernier texte présenté)) \geq 0.

Postconditions:

Resultat Liste (Texte,Pr) \wedge Pr=Min // Cela permet une évolution progressive.

Cet exemple montre comment prendre en considération le processus d'acquisition de connaissances dans le système. Le calcul de la charge mental(e) permet de différencier entre une valeur numérique correspondant à la familiarisation de l'apprenant avec le texte et un calcul qui se fait en fonction de

différents éléments obtenus à partir des informations communiquées par les agents de l'environnement. Nous donnons dans ce qui suit des exemples d'actions favorisant l'évolution cognitive.

5.2.1.1.2.2 Actions de l'agent correspondant à l'objectif évolution cognitive

-ACTION: Choisir un texte \in BASE_DE_CROYANCE_TEXT:

Préconditions:

$\text{état_connaissance_initial}(\text{état_savoir_Texte}(\text{statut}(\text{Apprenant_ID}, X)) \wedge$
 $\text{vocabulaire_texte}(\text{Statut}(\text{Apprenant_ID}, Y)) \wedge$
 $\{ \langle X=\text{Très haut} \wedge Y=\text{Très peu familier} \rangle \vee \langle X=\text{haut} \wedge Y=\text{peu familier} \rangle \vee$
 $\langle X=\text{Moyen} \wedge Y=\text{Moyen} \rangle \}$

Postconditions

$\text{Résultat}(\text{Liste_texte}) \wedge (\text{charge_mentale}(\text{Texte}) - \text{charge_mentale}(\text{dernier_texte}$
 $\text{présenté}) > 0)$

-ACTION: Choisir un texte \in BASE_DE_CROYANCE_TEXT favorisant des stratégies d'aide à la compréhension

Précondition:

$\text{état_connaissance_initial}(\text{état_savoir_Texte}(\text{statut}(\text{Apprenant_ID}, X)) \wedge$
 $\text{vocabulaire_texte}(\text{Statut}(\text{Apprenant_ID}, Y))) \wedge$
 $\{ \langle X=\text{bas}, Y=\text{familier} \rangle \vee \langle X=\text{très bas}, Y=\text{très familier} \rangle \}$

Postcondition

$\text{Résultat}(\text{Liste}(\text{Texte})) \wedge (\text{charge_mentale}(\text{Texte}) - \text{charge_mentale}(\text{dernier}$
 $\text{texte_présenté}) \geq 0)$

Ces actions permettent d'évoluer la cognition de l'apprenant selon les statuts de connaissances présents dans son modèle. Donc si le texte permet une progression des connaissances de l'apprenant il faut qu'il satisfasse les conditions d'adéquation par rapport à l'évolution de sa cognition. On peut également faire le choix du texte selon les thèmes préférés. Ce qui mène à spécifier d'autres classes d'actions correspondant à l'évolution adaptative(s).

5.2.1.1.2.3 Actions de l'agent correspondant à l'évolution adaptative

Selon l'expert de domaine de la lecture, le travail avec l'enfant est centré sur la compréhension de ce qu'est l'écrit et le traitement phonologique nécessaire à l'identification des mots qui est indispensable au premier pas pour la lecture, donc la compréhension. Notons aussi que pendant la période de début d'apprentissage (CP), le texte lui-même n'est pas considéré comme un objet de connaissance mais plutôt un facilitateur pédagogique porteur d'autres objets de connaissances, pour cela seule la démarche prospective sera traitée (choisir les textes narratifs pour susciter la motivation de l'apprenant). Les actions de l'agent correspondant à l'évolution adaptative peuvent concerner le fait de:

- Choisir un thème de texte favorisé par l'apprenant.
- Choisir le thème de texte qui correspond à l'occasion en cours (période de Noël ...)

D'autres classes d'actions de l'agent sont en relation avec la progression des sous-tâches. Ces actions requièrent une spécification préalable des sous tâches de l'activité didactique par les didacticiens du projet.

5.2.1.1.2.4 Actions de l'agent correspondant à la progression des sous-tâches

Une progression de sous-tâches correspond à l'utilisation des instruments de l'activité, (Lecture mot-par-mot, phrase-par-phrase, lecture globale). Il est à noter qu'il est possible que cette décision soit prise dans les deux niveaux d'individualisation précédents, c'est-à-dire les unités d'objectif caractérisant l'activité didactique qui contiennent déjà une description de la lecture. Dans le cas contraire, cet objectif se traite par l'agent chargé de détermination des scénarios d'utilisation des instruments de l'activité didactique, en fonction de l'état cognitif de l'apprenant et du statut du texte dans le modèle de l'apprenant. La lecture est globale si un nombre de texte NBR a déjà été présenté à l'apprenant ou bien si le texte est déjà connu.

5.2.1.1.3 Module de méta-comportement de l'agent

Le module de méta-comportement de l'agent contient les connaissances procédurales permettant le déclenchement des actions modélisées précédemment. Les intentions d'exécution de l'action sont représentées comme suit :

Intention <Interne, Action_locale, BASE_DE_CROYANCE_TEXT, etat_savoir_initial, etat_savoir_désiré, état_cognitif_initial, état_cognitif_désiré >

Action_locale<ACTION_Choisir_texte, BASE_DE_CROYANCE_TEXT ,Préconditions, Postconditions>

Action_Choisir_texte :

Si le texte précédent présente un épisode d'une histoire **alors**

- Choisir texte contenant l'épisode suivant de l'histoire ; SINON

Appliquer l'évolution adaptative sur Base_de croyance_texte

-Réinitialiser la Base_de_croyance_texte

Si ((Nbre textes précédents(Thème)/Nbre-total-texte-présentés) =Nbr)

-Réinitialiser base_de croyance_texte (nouveau thème). { Cette règle est utilisée pour assurer une variété des thèmes présentés }

Déclencher action –progression de connaissances

S'il y a Nbr_TEXT >1 **alors**

- Réinitialiser BASE_DE_CROYANCE=Liste_Texte

- Appliquer action évolution cognitive,

Si résultat (évolution cognitive)= liste texte **alors**

-Si resultat = vide **alors** -appliquer un choix aléatoire sur Liste_texte précédente.

-Si résultat > 1 **alors** -appliquer un choix aléatoire sur liste_texte obtenue.

5.2.1.2 Exemple de l'activité 'Reconnaissance de mot dans un texte'

5.2.1.2.1 Précondition d'exécution de l'activité:

État initial ID_apprenant

état connaissance (texte, degré de connaissances)

Degré de connaissances_texte:

état-de-savoir(objet-text,Type-objet, degré-difficulté , at least Nbre-fois =1)

état-de-savoir ((liste- sous-objets (phrase, mot, lettres), Nbre-fois-objet,Statuts)

état-de-savoir (objet-lien (chaine-écrite-chaine orale, mot écrit-mot oral, syllabe-écrite_syllabe-orale), Nbre-fois-objet, Statuts)

état-cognitif(compétences-cognitives, objet-stratégie, statut=maîtrisé)

état-cognitif (compétences-cognitives, stratégie, contexte, statut)

état_cognitif (compétences_meta_cognitives, compétences_cognitives, compétences_conceptuelles, compétences_techniques)

Exemple :

état_cognitif (compétences _techniques, 'Aptitude à retrouver une information connue en utilisant l'interface', degré_de_maîtrise)

état_cognitif (stratégies_reconnaissance_mot, stratégie_sémantico-spatiale, degré_de_maîtrise)

état_cognitif(compétences_conceptuelles, 'Aptitude à discriminer (processus de discrimination)', degré_de_maîtrise)

état_cognitif(compétences_métacognitives, 'Aptitude à utiliser l'aide'), degré_de_maîtrise)

État désiré :

état-de-savoir_désiré(objet-text,Type-objet, degré-difficulté , Nbre-fois+1, statut_évolué)

état-de-savoir _désiré ((liste- sous-objets (phrase, mot, lettres), Nbre-fois-objet+1, statuts_évolués)

état-de-savoir _désiré (objet-lien (chaine-écrite-chaine orale, mot écrit-mot oral, syllabe-écrite_syllabe-orale), Nbre-fois-objet+1, statuts_évolués)

état-cognitif_désiré (compétence-cognitive, objet-stratégie, statut=degré-maîtrise-évolué)

Exemple :

état_cognitif_désiré (compétences_cognitives, 'analyse de contenu', instrument_champ du texte, modalité_transmettre_style)

état_cognitif_désiré (compétences _techniques, 'Aptitude à retrouver une information connue en utilisant l'interface', degré_de_maîtrise _evolué)

état_cognitif_désiré (stratégies_reconnaissance_mot, stratégie_sémantico-spatiale, degré_de_maîtrise _evolué)

état-cognitif_désiré (objet-stratégie, 'Résolution de problème mise en œuvre', statut=maîtrisé)

état_cognitif(compétences_conceptuelles, 'Aptitude à discriminer (processus de discrimination)', degré_de_maîtrise _evolué)

état_cognitif(compétences_méta_cognitives, 'Aptitude à utiliser l'aide'), degré_de_maîtrise _evolué)

Degré de maîtrise évolue dans le champ (très bas, bas, moyen, haut, très haut)

Tableau V.2.1 Types de compétences dans l'activité 'Reconnaissance de mot en texte'

Compétences cognitives	Compétences métacognitives	Compétences conceptuelles	Compétences techniques
Capacité à identifier les phonèmes dans les mots, Capacité d'analyse du contenu d'un texte Capacité à situer la position du phonème dans le mot Capacité à segmenter le mot en phonèmes Capacité à synthétiser les phonèmes en mot Résolution de problème de reconnaissance de mot Utilisation des stratégies –stratégie sémantico-spatiale –mémorisation visuelle due à une exposition fréquente –stratégie de repérage graphique global –stratégie de repérage graphique partiel Stratégies alphabétiques : –stratégie de repérage de phonème à l'initiale –stratégie de repérage de syllabe à l'initiale –stratégie de comparaison-analogie entre des mots	La mise en œuvre et l'utilisation des stratégies Capacité à utiliser l'aide	Capacité de discrimination phonologie Niveau de conscience phonologique Capacité métalinguistique -repérage et mémorisation des informations constitutantes	Exploitation de l'interface ; Compréhension de consigne Aptitude à retrouver une information connue en utilisant l'interface

Ces compétences sont représentées sous la forme suivante :

```

type_competence( instance : nom de compétence,
type-connaissances : [explicite, implicite],
type_capacité: [phonologique, alphabétique, nul],
statut : [savoir-utiliser, non-utiliser],
contexte-hypothèse : exemple : 'SDT3-SF2 : session :2, date essai : 2 : validation : essai : 1/sélection: 1
//essai 2: sélection: 1',
nombre_fois:NB,
degré_de_maitrise: [très bas , bas , moyen, haut, très haut],
complexite:[très bas , bas , moyen, haut, très haut]).

```

Requêtes de l'agent

Trouver dans le modèle de l'apprenant degré de connaissance Texte

Vue partielle sur les mots dits connus

Trouver les triplets (syllabe (faisant partie de la structure syllabique du mot), contexte, statut)

Trouver les triplets (Lettre (appartient structure du mot), contexte, statut)

Trouver toutes les erreurs faites par l'apprenant pour la reconnaissance des mots de statut 'dit_connu'
(Mot, Contexte, Type d'erreur)

Après avoir formulé les requêtes de l'agent, le concepteur doit les reformuler selon le formalisme FIPA-ACL. Il faut tout d'abord représenter toutes les connaissances de l'agent pour faire ensuite une représentation prolog des ces requêtes. Nous donnerons dans ce qui suit un tableau représentant la structure d'un message FIPA-ACL et un exemple de formulation d'un message selon ce formalisme.

Tableau V.2.2 Structure d’un message FIPA-ACL

Paramètre	Description
to	contient le nom du destinataire du message.
from	c'est le nom d'agent qui a envoyé le message.
Comments	utilisé pour insérer un commentaire dans une enveloppe de message.
acl-representation	c'est le nom de la représentation de la syntaxe du message envoyé.
Payload-length	contient la longueur du message en bytes.
Payload-encoding	contient le langage d'encodage du message
date	contient la date et l'heure de création de l'enveloppe.
intended-receiver	c'est le nom de l'agent auquel le message doit être délivré.
received	c'est un tampon représentent la réception du message par un ACC.
transport-behaviour	contient les requis de transport du message.

Exemple de formulation des messages à l’aide de la plateforme Jade:

```
( REQUEST
: sender AISD
: name AISD@amical
: addresses ( sequence 'http:\172..20.2.25 :7778/acc' )
: receiver AGRE
: name AGRE@amical
: comments Demande la liste des mots appartenant au texte ‘Titre= Quel bazar chez Zoé !’ et ayant le
statut ‘dit connu’ dans le modèle de l’apprenant
: addresses (http:\172..20.2.25:52913/acc )
: content (
texte(valeur :'Texte 5', titre_texte:' Quel bazar chez Zoé !',statut :_, type_texte :_, niveau_vocabulaire:_,
degre_difficulte_texte:_, degre_connaissance :_, nb_fois :_, contexte :_, liste_mots :Liste_mots, liste_phrases :_),
findall(Mot^(mot( instance : Mot, mot-ecrit : _, 'complexité phonologique' : _, 'complexité orthographique' : _, 'complexité
de régularité' : _, statut : 'dit-connu',nb_fois:Nbr_fois, contexte_hypothese : _), member(Mot,Liste_mots), Nbr_fois
>0),Resultat_requete).
: language prolog
: ontology ontologie_modele_de_apprenant )
```

Légende de la figure V.2.1 :

- AGRE:** Agent Gestionnaire de la Représentation de l'élève.
- AGISD:**AGent d'Individualisation de la Situation Didactique.
- AEL:** Agent Expert Linguiste.
- AED:**Agent Expert en Didactique.
- ACC:** Agent Communication Chanal.

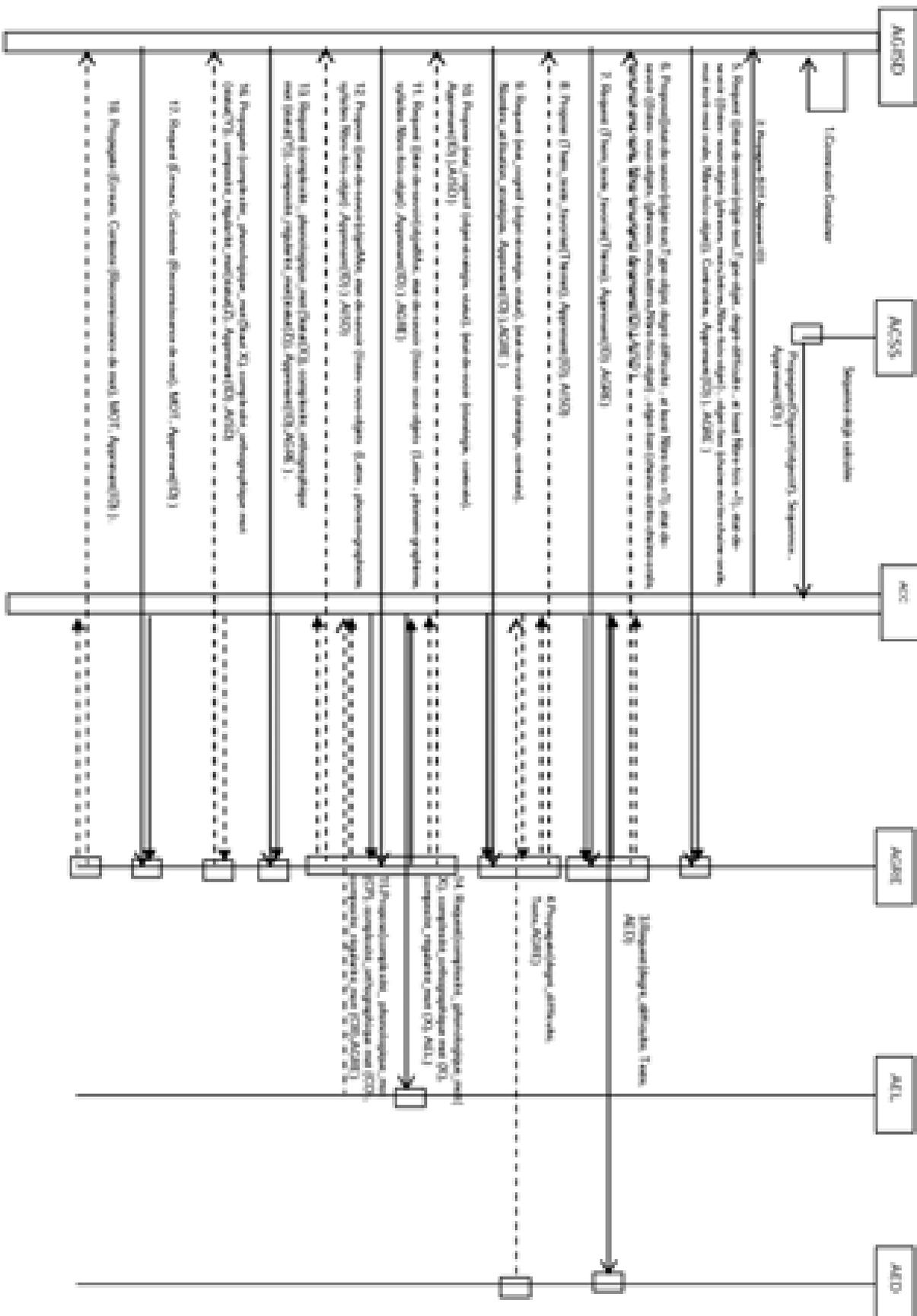


Figure V.2.1 Scénario d’interaction avec les agents de l’environnement (Phase d’individualisation de contenu)

5.2.1.2.2 Problème d'utilisation des connaissances

Nous avons évoqué précédemment le problème d'utilisation des connaissances à travers la diversité des éléments qui peuvent intervenir dans les différents niveaux de connaissances (connaissances lettre, graphèmes/phonème, syllabe). Ces connaissances peuvent être qualifiées comme des connaissances conscientes de l'agent 'tout ce que l'apprenant peut utiliser comme informations pour déclencher le processus correspondance 'écrit-oral' et aussi le processus de compréhension 'l'utilisation des connaissances du monde ...'. De nombreux travaux s'orientent aujourd'hui vers la réalisation d'agent conscient, par exemple Dubois (Dubois 2007) dans sa thèse, de l'université de Montréal, a fait ressortir l'utilité de la conscience dans le développement d'agents informatiques. Rappelons que notre objectif n'est pas d'explorer tous les domaines de recherche en relation avec la réalisation de l'agent, mais plutôt montrer l'émergence de l'activité de conception et la complexité des connaissances à utiliser dans le système.

On présente ici le problème d'utilisation d'un type particulier de connaissances en relation avec l'identification de mot afin d'arriver à élaborer un modèle concret de raisonnement de l'agent correspondant à la base d'expertise présentée ci-dessus et la théorisation du processus d'individualisation de l'activité didactique évoquée dans le chapitre 2.

Il est à noter que la modélisation du raisonnement de l'agent est étroitement liée au domaine de l'apprentissage. Les aspects génériques de l'approche proposée concernent le fait de classifier les actions de l'agent selon les quatre objectifs décrits ci-dessus. Ceci permet de rendre compte du processus d'acquisition de connaissances et assure une meilleure gestion de l'activité didactique. En outre, le modèle de représentation de l'agent se base sur la spécification théorique des instruments pédagogiques qui sont utilisés comme des moyens pour accomplir ses actions. Nous évoquons dans ce qui suit le problème d'utilisation d'éléments de différentes natures pour mettre en œuvre le processus d'individualisation de l'apprentissage.

- **Problème de traitement phonologique et syllabique du mot**

Comme nous venons de le confirmer, la mise en œuvre du processus d'individualisation de l'apprentissage nécessite des connaissances approfondie(s) du domaine. Le problème réside dans le fait que les experts de l'apprentissage et les spécialistes de domaine de l'apprentissage (le linguiste dans le cadre de notre projet) analysent les activités selon leurs approches, qui sont totalement différentes de celle d'un informaticien. La solution est d'analyser leurs descriptions des activités pour extraire les connaissances utiles et passer à l'utilisation des connaissances.

A partir de différentes analyses faites par les autres acteurs de conception nous avons pu introduire de nouveaux éléments pour faciliter la modélisation du raisonnement de l'agent. Nous avons donc introduit le concept de Degré de connaissance Mot qui correspond aux trois niveaux:

- connaissance syllabe
- connaissance lettre
- connaissance graphème/phonème

Nous avons également remarqué que le choix du mot à reconnaître dépend également des stratégies utilisées, un lien entre la stratégie à mettre en œuvre et le degré de connaissances du mot doit être établi.

À partir des expériences antérieures présentées ci-dessus, les experts du domaine identifient le niveau de complexité des structures des mots selon les erreurs des élèves. Donc, la difficulté de reconnaissance de mot peut avoir une relation avec le niveau de l'apprenant et son travail avec les mots présentés mais aussi avec le degré de complexité phonologique du mot qui doit être calculé par l'agent linguiste au niveau système, la structure syllabique du mot dépend de :

- La structure syllabique simple CV
- La sonorité des phonèmes qui se trouvent aux frontières syllabiques: syllabe bien formée=suite de phonèmes présentant un accroissement puis une diminution de la sonorité des segments qui la constituent, le trait de sonorité définissant chaque phonème (sonores : les voyelles, liquides : intermédiaires, moins sonores : les occlusives)
 - Les éléments adjacents d'une syllabe doivent ne pas être trop proches du point de vue de la sonorité (contrainte de la distance maximale: "bâ-tir") ; la segmentation syllabique est alors facilitée.
 - Les consonnes en fin de syllabe non terminale doivent être de plus haut niveau de sonorité que les attaques qui suivent (loi des frontières de la syllabe: "car-ton /" patron")

Toutes ces connaissances sont représentées dans la structure des variants de l'activité didactique. Un instrument d'affichage des mots demandés 'liste_mot_demandes' inclut dans sa structure tous les éléments d'adaptation modélisés en se basant sur la base d'expertise et l'analyse faite par les experts de domaines.

```

instrument_liste_mots_demandes (nom : 'Liste_mots_demandés',
sorte de : 'instrument de verbalisation de connaissances',
localisation : 'Activité reconnaissance de mot',
mode_intervention : Mode,
moment_intervention: Moment,
fonction pédagogique :[ ['mettre en présence', Mot, Statut ],['mettre en présence', 'permanence_mot_objet_écrit'], ['faire mémoriser par enregistrement visuel', 'mot_écrit']],
forme : artefact_liste_mots(Instance, Valeur, Couleur , Visibilite, Taille, Spécifique),
scenario-aide-instrument-liste_mots: (mise-en-œuvre : scenario_utilisation, Spécifique ) ,
contenu : mot( instance : Valeur_mot,
'complexité phonologique' : Valeur_P,
'complexité orthographique' : Valeur_O,
'complexité de régularité' : Valeur_R,
statut : Statut,
list_syllabes_écrites : List_syllabes_écrites
degré_cons_mot : Degré_cons_mot_écrit,
nb_fois:Nb_fois),
mot_oral :mot_oral(liste_syllabes_orales :List_syllabes_orales,
nb_syllabe :Nb_syllabes,
degré_cons_mot_orale : Degré_cons_mot_oral)
)

```

L'instanciation de ces éléments est en relation directe avec les objectifs de l'agent, les classes d'actions modélisées selon le modèle de l'apprenant et les préconditions d'é(e)xécution de l'activité didactique.

5.2.1.2.3 Actions de l'agent

5.2.1.2.3.1 Action de l'agent concernant la progression de connaissances

Deux types de progression peuvent concerner la reconnaissance des mots

- Progression sur la conscience syllabique
- Progression sur l'association graphème-phonème

5.2.1.2.3.1.1 Progression sur la conscience syllabique

Le choix du mot se fait en fonction des caractéristiques phonologiques et orthographiques du français [structure syllabique des mots], la complexité peut avoir les valeurs [très haut, haut, moyen, bas, très bas] selon les caractéristiques de l'objet mot. L'agent utilise le modèle de l'apprenant pour initialiser sa base de croyances concernant les mots choisis selon les unités d'objectif caractérisant l'activité didactique. S'il s'agit d'un mot de statut dit_connu, sa base de croyance contiendrait tous les mots appartenant au texte et qui ont un statut dit_connu pour l'apprenant_ID. Les actions de l'agent correspondant à la structure syllabique et au choix du mot peuvent être décrites comme suit :

- Choisir un mot $MOT \in BASE_DE_CROYANCE_MOT$

Préconditions:

$(\langle \text{Stratégie} = \text{stratégie de repérage de syllabe à l'initiale} \rangle \vee$
 $\langle \text{Stratégie} = \text{stratégie de comparaison-analogie entre des mots} \rangle \vee$
 $\langle \text{Stratégie} = \text{stratégie de repérage de phonème à l'initiale} \rangle)$
 \wedge
 $\text{état_cognitif_initial}(\text{compétences_cognitives}(\text{stratégie}, \text{statut}(X))) \wedge$
 $\text{complexité_phonologique_mot}(X) \wedge \text{complexité_orthographique_mot}(X).$
 $X \in \{\text{très haut, haut, moyen, très bas, bas}\}$

Postcondition

$(X \leq \text{Moyen}) \wedge (\text{Syllabe} \in MOT) \Rightarrow (\text{structure}(\text{Syllabe}) \neq \text{CVC})$;; cela veut dire éliminer les mots contenant des structures syllabiques CVC, par exemple la présence d'une voyelle nasale (can) retarde la mise en place du traitement syllabique.

- Choisir un mot $MOT \in BASE_DE_CROYANCE_MOT$

Préconditions:

$\neg (\langle \text{Stratégie} = \text{stratégie de repérage de syllabe à l'initiale} \rangle \vee$
 $\langle \text{Stratégie} = \text{stratégie de comparaison-analogie entre des mots} \rangle \vee$
 $\langle \text{Stratégie} = \text{stratégie de repérage de phonème à l'initiale} \rangle)$
 $\text{état_cognitif_initial}(\text{compétences_cognitives}(\text{stratégie}, \text{statut}(X))) \wedge$
 $\text{complexité_phonologique_mot}(X) \wedge \text{complexité_orthographique_mot}(X).$
 $X \in \{\text{très haut, haut, moyen, très bas, bas}\}$

5.2.1.2.3.1.2 Progression sur l'association graphème-phonème

La progression sur l'association graphème-phonème se fait en fonction de la régularité, la longueur et de la fréquence des mots déjà vus [très haut(reconnu plusieurs fois), haut(reconnu), moyen(vu, dit connu), bas (vu non reconnu au moins une fois), très bas(vu non reconnu plus d'une fois)] selon le niveau de l'apprenant (mot_vu, nombre de fois présenté).

Action de l'agent

ACTION : Choisir un mot MOT \in BASE_DE_CROYANCE_MOT

Cette action de l'agent s'applique dans le cas où le modèle de l'apprenant contient les erreurs de type substitution de traits phonologiques ou erreur visuelle. Par exemple:

-ajout de lettres ; expériences sur pseudomots ("barmido" lu "baramido", "botumi" lu "bonotumi")

-suppression de lettres ("barmido" lu "bamido")

-permutation ("bromati" lu "bomarti")

Préconditions:

\exists Erreur \in Modèle de l'apprenant {
 <Erreur= substitution de traits phonologiques pour reconnaissance de mot > \vee
 <Erreur= erreur visuelle de reconnaissance de mot> }
 \wedge
 (<Stratégie = sémantico-spatiale > \vee
 < Stratégie = mémorisation visuelle > \vee
 < Stratégie =stratégie de repérage graphique global> \vee
 <Stratégie =stratégie de repérage graphique partiel>)
 \wedge
 état_cognitif_initial (compétences cognitives (stratégie, statut (X))) \wedge
 complexité_phonologique_mot(X) \wedge complexité_orthographique_mot (X) \wedge
 complexité_régularité_mot(X) .
 X \in { très haut, haut, moyen,très bas, bas }
 // La régularité du mot est calculée par l'agent Linguiste AL
 // La complexité phonologique et orthographique est calculée par l'AGRE en
 collaboration avec AL.

-ACTION Choisir un mot MOT \in BASE_DE_CROYANCE_MOT

Préconditions:

(<Stratégie = sémantico-spatiale > \vee
 < Stratégie = mémorisation visuelle > \vee
 < Stratégie =stratégie de repérage graphique global> \vee
 <Stratégie =stratégie de repérage graphique partiel> \vee
 < Stratégie =stratégie de repérage de phonème à l'initiale>
 < Stratégie =stratégie de repérage de syllabe à l'initiale>
)
 \wedge

état_cognitif_initial (compétences cognitives (stratégie, statut (X))) \wedge
complexité_phonologique_mot(X) \wedge complexité_orthographique_mot(X) \wedge
complexité_régularité_mot(X) .
X \in {très haut, haut, moyen, très bas, bas }

5.2.1.2.3.2 Action de l'agent correspondant à l'évolution cognitive

En reprenant les erreurs de l'apprenant dans les sessions précédentes, si la stratégie est 'non utilisée', l'agent doit inciter à utiliser les stratégies en favorisant le contexte.

(Choisir syllabe degré de connaissance \geq HAUT, pour les stratégies de repérage de syllabe à l'initiale et la même chose pour les autres). Les préconditions et des postconditions d'exécution de l'action peuvent être formulées comme suit :

ACTION : Choisir un mot MOT \in BASE_DE_CROYANCE_MOT

Préconditions:

< Stratégie =stratégie de repérage de syllabe à l'initiale>

\wedge

Statut (Stratégie) = non utilisée

\wedge

état_cognitif_initial (compétences_cognitives_syllabe(S_initial-mot, statut X) \wedge

complexité_phonologique_mot(Y) \wedge complexité_orthographique_mot (Z)

X \geq HAUT \wedge Y < BAS \wedge Z \leq BAS

Postcondition

Resultat=liste_mot(MOT) \wedge Syllabe_initiale(liste_MOT) \wedge max_Nbr(liste_mot)

// Cela veut dire: choisir la liste des mots qui contient le maximum des mots commençant par la même syllabe

// Syllabe_initiale(liste_MOT) retourne la liste des mots qui commencent par la même syllabe ;

La complexité du mot est également choisie selon le degré de maîtrise de la stratégie utilisée dans la SD (si la stratégie est très bien maîtrisée, on choisit parmi la liste des mots ceux qui ont les complexités phonologiques et orthographiques les plus élevées). Si la stratégie est de statut utilisé, l'agent propose à l'apprenant des mots plus complexes à reconnaître :

ACTION : Choisir un mot MOT \in BASE_DE_CROYANCE_MOT

Préconditions:

Statut (Stratégie) = utilisée

\wedge

Nombre_utilisation stratégie \geq 1

\wedge état_cognitif_initial (compétences_cognitives_mot(statut X)) \wedge

complexité_phonologique_mot(Statut Y) \wedge complexité_orthographique_mot (Statut Z)

\wedge

$$\{ (\text{Nombre_utilisation strat\u00e9gie} = 1 \wedge Y \geq \text{Moyen} \wedge Z \geq \text{Moyen}) \vee$$

$$(\text{Nombre_utilisation strat\u00e9gie} > 1 \wedge Y \geq \text{HAUT} \wedge Z \geq \text{HAUT})$$

$$\}$$
Postconditions:

Si liste(mots) est vide alors choisir al\u00e9atoirement un nombre de mot=NBR tel que statut (mot)=dit_connu

5.2.1.2.3.3 \u00c9volution adaptative

La motivation est assur\u00e9e par l'agent auxiliaire d'interface voir – individualisation de l'interface

5.2.1.2.3.4 Progression des sous-t\u00e2ches

La progression des sous-t\u00e2ches correspond \u00e0 la description de d\u00e9roulement de l'activit\u00e9 didactique (reconnaissance mot en texte, en liste ... voir tableau IV.1), donc la d\u00e9cision se prend dans les deux niveaux d'individualisation pr\u00e9c\u00e9dents, c'est-\u00e0-dire les unit\u00e9s d'objectifs caract\u00e9risant l'activit\u00e9 didactique qui contiennent d\u00e9j\u00e0 une description des t\u00e2ches didactiques. Il est possible que l'instanciation des param\u00e8tres d'interface et le sc\u00e9nario d'utilisation des instruments de l'activit\u00e9 didactique rendent la t\u00e2che plus complexe \u00e0 r\u00e9aliser. Donc l'agent, charg\u00e9 de d\u00e9termination des sc\u00e9narios d'utilisation des instruments de l'activit\u00e9 didactique, prend des d\u00e9cisions par rapport au d\u00e9roulement de l'activit\u00e9 didactique permettant une progression des sous-t\u00e2ches selon l'\u00e9tat cognitif et l'\u00e9tat de connaissance de l'apprenant.

5.2.1.2.4 Module de m\u00e9ta-comportement de l'agent pour le choix des mots

Intention <Interne, Action_locale, BASE_DE_CROYANCE_MOT, etat_savoir_initial, etat_savoir_d\u00e9sir\u00e9, \u00e9tat_cognitif_initial,\u00e9tat_cognitif_d\u00e9sir\u00e9 >

Action_locale<ACTION_Choisir_mot, BASE_DE_CROYANCE_MOT ,Pr\u00e9conditions, Post_conditions>

Action_Choisir_mot :

\u2192 S'il existe dans le mod\u00e8le de l'apprenant des erreurs de types (substitution de traits phonologiques ou erreur de type visuel) OU (strat\u00e9gie utilis\u00e9e dans l'activit\u00e9 rel\u00e8ve uniquement de l'aspect graphique du mot) alors

Appliquer progression association graph\u00e8me-phon\u00e8me (voir partie progression de connaissance), Retourner mots ;

SINON

\u2192 S'il existe dans le mod\u00e8le de l'apprenant une erreur de type ('erreur lecture-\u00e9criture de structures syllabiques complexes') OU (strat\u00e9gies utilis\u00e9es rel\u00e8vent de la prise en compte du mot avec la correspondance avec sa trace orale) alors

Appliquer progression de conscience syllabique (voir partie progression de conscience syllabique), Retourner mots

SINON

\u2192 Si liste Mots est vide ET Texte non d\u00e9fini dans les unit\u00e9s d'objectif alors

Choisir un autre texte. Envoi requête à l'agent de connaissances texte avec les contraintes suivantes :

Si stratégie utilisée **alors** envoi Contrainte (charge mentale(Texte) > charge mentale(texte_choisi-avant))

Si stratégie non utilisée **alors** envoi Contrainte (charge mentale(Texte) < charge mentale(texte_choisi-avant))

SINON

→ Appliquer l'action de l'agent concernant l'évolution cognitive. {Elle doit retourner toujours une liste non vide}

Remarque: Le nombre de mots à reconnaître peut varier selon la liste des mots trouvés. On considère que le nombre de mots trouvés ne doit pas dépasser 6 mots pour éviter la surcharge cognitive. Si le nombre de mots trouvés dépasse 6 on choisit d'une façon aléatoire 6 mots de la liste des mots trouvés. Il peut également dépendre du nombre de sessions déjà présentées à l'apprenant (d'autres règles didactiques peuvent déterminer la limite de ce nombre).

5.2.2 Individualisation de l'interface

L'agent auxiliaire d'interface se charge de l'appropriation des instruments techniques d'interface aux profils d'apprenants en utilisant les paramètres d'instanciation de chaque instrument pédagogique. Nous avons montré que l'instrument pédagogique est représenté par une structure de connaissances complexe contenant des paramètres des trois aspects de l'activité (contenu, interface, scénario). Les paramètres de l'interface concernent l'artefact technique d'interface (sa forme, son mode d'intervention et ses spécificités). Nous commençons par présenter les intentions et actions relatifs à l'individualisation de l'interface de l'activité didactique par l'agent responsable.

Intentions et actions de l'agent d'individualisation de l'interface

L'agent d'individualisation de l'interface utilise les connaissances à partir du modèle de l'apprenant (voir tableau V.1.2) :

- Connaissance sur profil
- Connaissance sur capacité cognitive
- Connaissances sur capacité métacognitive
- Connaissances sur compétences techniques
- Connaissances sur préférences de l'apprenant
- Connaissances sur compétences conceptuelles

Les intentions de l'agent sont en relation avec l'ensemble des instruments qui appartiennent à la base de croyance instrumentale de l'agent. Ces intentions ont la forme suivante :

Intention <Interne, Action_locale, BASE_DE_CROYANCE_Instruments, etat_savoir_initial apprenant, etat_savoir_désiré, état_cognitif_initial, état_cognitif_désiré>

La base de croyance contient les instances des artefacts techniques d'interface pouvant être utilisées pour l'interfaçage de l'activité didactique (écran de présentation, champ du texte, ...) et leurs paramètres d'individualisation. L'agent instancie l'ensemble des instruments selon les caractéristiques de l'apprenant et ses préférences. Notons ici que l'instanciation de certains artefacts techniques d'interface peut se faire soit avant l'exécution de l'activité soit lors de l'exécution en donnant à l'apprenant la possibilité de choix (exemple : choisir compagnon de personnage préféré).

Nous avons montré dans le chapitre 3 les différentes variations définies sur les constituants de l'activité. En effet ces variations représentent la base de croyance de l'agent par rapport à l'instanciation de chaque variable de décision dont il dispose. Nous reprenons l'exemple d'aide pour montrer un exemple d'action de l'agent définie sur la variable de décision **instance de l'aide**.

Exemple de représentation de l'instrument d'aide

```
instrument_aide(nom : 'instrument aide relecture de consigne',
sorte_de : 'instrument de guidage',
localisation : 'Activité reconnaissance de mot',
mode_intervention : Mode,
moment_intervention : Moment,
fonction_pedagogique : 'Guidage de l'apprenant',
forme : compagnons(instance : Valeur, Couleur, Visibilité, Taille),
scenario_aide_didactique:(Type_aide, mise_en_œuvre : lecture-fichier-son-individualise, Spécifique),
contenu : commentaire_consigne(valeur : Commentaire_consigne,
emplacement : Chemin,
nb_fois : Nb_Fois,
contexte : Contexte)
)
```

Mode [auditif , visuel]

Moment [' rappel en début de l'activité', 'après N essais', 'dès la première erreur']

Instance [bouton d'aide accompagné par un compagnon(animal, personnage virtuel, personnage_dessin_animé)]

Visibilité [vraie, faux]

Couleur [couleurs]

Taille[Petit, Moyen, Grand]

lecture_fichier_son_individualisé(Commentaire_consigne)

Type_aide(ARP,AFI)

Spécifique [cacher compagnon, animation compagnon]

Ayant voulu nous concentrer sur la modélisation du raisonnement de l'agent, le problème de description des méta-données est traité de manière à ce que ceci nous facilite la tâche d'implémentation. Par exemple les fichiers sons sont enregistrés dans des arborescences contenant les trois premiers mots (ajouter d'autres mots dans le cas d'ambiguïté de deux messages qui commencent par les mêmes trois premiers mots). Par exemple « Voici le texte que l'on vient de lire» est enregistré dans le chemin voici/texte/vient.

Nous présentons dans ce qui suit un exemple d'action de l'agent concernant le choix d'une instance d'artefact d'aide.

ACTION Individualiser paramètre interface_Instance € Base de croyance_paramètre_interface_Instance

Préconditions

(Compétences_techniques(Instance, Degré_maitrise) \wedge Degré_maitrise >Moyen)

∨

Préférences_apprenant (Instance,Mode)

∨

Style_apprentissage(Instance,Style) \wedge compagnon(Instance,Mode,Style)

Postcondition

Si apprenant passif (manque d'interaction avec le compagnon) Alors appliquer actions 'contextualisation des aides'

L'agent calcule l'état désiré de l'apprenant en fonction de l'ensemble d'instruments pédagogiques représentant les moyens utilisés dans le système pour atteindre ses objectifs :

Exemple :

Objectif à atteindre

évolution_cognitive(état_cognitif_initial, état_cognitif_désiré)

état_cognitif_désiré(compétences_méta_cognitives, Instrument_compagnon, 'aptitude à utiliser des capacités métacognitives', statut=maîtrisé (valeur)) // maîtrisé, c'est-à-dire au minimum valeur = moyen.

5.2.3 Contextualisation du scénario de l'activité didactique

Deux types d'actions de l'agent peuvent être distingués dans cette étape: des actions permettant de choisir le scénario des artefacts techniques d'interface et des rétroactions selon les comportements de l'apprenant lors de l'exécution de l'activité didactique. Le deuxième type d'action est traité dans le module de méta-comportement de l'agent.

Action : individualiser scénario artefact 'aide'

ACTION Choisir scénario € Base de croyance_scénario

Préconditions

artefact(moment_intervention,UT) // moment_intervention = 'rappel en début de l'activité'

∧

UT= valeur // UT : correspond à une valeur de temps [par exemple entre 1min et 1min30s]

Postcondition

actions_apprenant_attendue = action_apprenant_executée (s'il s'agit d'un comportement passif de l'apprenant re-exécuter l'action en lisant une autre consigne transmettant le même message, ' voir variation lecture consigne chapitre 3')

Module de contextualisation pour l'activité de reconnaissance de mot en texte

Si (\exists Erreur \in Modèle de l'apprenant {
 <Erreur= substitution de traits phonologiques pour reconnaissance de mot > \vee
 <Erreur= erreur visuelle de reconnaissance de mot>} \wedge état cognitif (compétence_méta_cognitive(X)
 \wedge X > Moyen **alors**

Proposer aides visuelles, auditives selon style d'apprenant.

Si (\exists Erreur \in Modèle de l'apprenant {
 <Erreur= substitution de traits phonologiques pour reconnaissance de mot > \vee
 <Erreur= erreur visuelle de reconnaissance de mot>} \wedge état cognitif (compétence_méta_cognitive(X)
 \wedge X \leq Moyen **alors**

Imposer aides visuelles, auditives {selon style d'apprenant}

Si (artefact_bouton_validation , etat= passif , temps=U-Temps) **alors**

Relecture_consigne(artefact_consigne(etat.modif=actif))

Si (artefact_bouton_validation , etat= actif ,réponse=fausse, temps=U-Temps) **alors**

Activer Aide

Si bouton_suivant(visibilité=true, activé_initiative_élève)

Action_locale(calcul_objectif_atteint)

Action_externe (envoyer_objectif_atteint)

Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre l'organisation des connaissances et de la didactique dans le système AMICAL. Nous avons montré que les agents d'individualisation sont attachés aux SDTs, constituant le plan, qui sont représentés comme des listes d'intentions d'enseignement. Le fonctionnement des agents d'individualisation est modélisé en s'appuyant sur les deux activités choisies 'Reconnaissances de mot dans un texte' et 'Présentation de texte'. Après avoir récupéré les intentions d'enseignement, l'agent commence par instancier les connaissances à faire acquérir. Il calcule ensuite l'ensemble d'artefacts techniques utilisés pour l'interfaçage de l'activité didactique. L'individualisation du scénario se fait selon le profil de l'apprenant et ses actions effectuées lors du déroulement de l'activité didactique.

Nous avons présenté une description détaillée du processus d'individualisation du contenu pour mettre en évidence la relation entre l'acquisition de connaissances et le fonctionnement de l'agent. La méthode de travail proposée tient compte non seulement de l'aspect technique mais aussi de l'aspect pédagogique des modèles de conception. Il s'agit de classifier les actions de l'agent selon ses quatre objectifs qui peuvent concerner en plus de la progression des connaissances, l'évolution de la cognition de l'apprenant. Nous avons également rappelé l'importance de la représentation indépendante des différentes composantes de l'interface de l'activité didactique selon le principe de paradigme objet. Les composantes structurelles de l'objet pédagogique, intégrant l'agent

d'individualisation, sont donc individualisées par les modules de raisonnement de l'agent conçu selon l'approche Agent-Objet pédagogique.

L'architecture Agent-Objet pédagogique proposée reste ouverte sur l'adjonction de nouveaux modules de raisonnement de l'agent d'individualisation prenant en compte la gestion des émotions de l'apprenant. Nous avons montré que la prise en compte de l'émotion vise l'architecture de système Tuteur Emotionnel Intelligent. Le concept de *Tutoriels Emotionnellement Intelligent System (STEI)* se base sur le fait de munir le système des capacités de l'intelligence émotionnelle et de « comprendre » le processus émotionnel d'un individu. Cela revient à la spécification de techniques pouvant déclencher différents événements pour influencer l'état émotionnel de l'apprenant et le faire changer. L'intérêt de notre approche réside dans son ouverture sur l'intégration de nouveaux modules de raisonnement pouvant améliorer le système en assurant une combinaison de différents aspects de la conception.

Nous avons également remarqué que le choix du mot à reconnaître dépend également des stratégies utilisées, un lien entre la stratégie à mettre en œuvre et le degré de connaissances du mot doit être établi.

À partir des expériences antérieures présentées ci-dessus, les experts du domaine identifient le niveau de complexité des structures des mots selon les erreurs des élèves. Donc, la difficulté de reconnaissance de mot peut avoir une relation avec le niveau de l'apprenant et son travail avec les mots présentés mais aussi avec le degré de complexité phonologique du mot qui doit être calculé par l'agent linguiste au niveau système, la structure syllabique du mot dépend de :

- La structure syllabique simple CV
- La sonorité des phonèmes qui se trouvent aux frontières syllabiques: syllabe bien formée=suite de phonèmes présentant un accroissement puis une diminution de la sonorité des segments qui la constituent, le trait de sonorité définissant chaque phonème (sonores : les voyelles, liquides : intermédiaires, moins sonores : les occlusives)
- Les éléments adjacents d'une syllabe doivent ne pas être trop proches du point de vue de la sonorité (contrainte de la distance maximale: "bâ-tir") ; la segmentation syllabique est alors facilitée.
- Les consonnes en fin de syllabe non terminale doivent être de plus haut niveau de sonorité que les attaques qui suivent (loi des frontières de la syllabe: "car-ton /" pa-tron")

Toutes ces connaissances sont représentées dans la structure des variants de l'activité didactique. Un instrument d'affichage des mots demandés 'liste_mot_demandes' inclut dans sa structure tous les éléments d'adaptation modélisés en se basant sur la base d'expertise et l'analyse faite par les experts de domaines.

instrument_liste_mots_demandes (nom : 'Liste_mots_demandés',
 sorte de : 'instrument de verbalisation de connaissances',
 localisation : 'Activité reconnaissance de mot',
 mode_intervention : **Mode**,
 moment_intervention: **Moment**,
 fonction pédagogique : [['mettre en présence', **Statut**, **Mot**], ['mettre en présence', 'permanence_mot_objet_écrit'], ['faire mémoriser par enregistrement visuel', 'mot_écrit']],
 forme : artefact_liste_mots(**Instance**, **Valeur**, **Couleur**, **Visibilite**, **Taille**, **Spécifique**),
 scenario-aide-instrument-liste_mots: (mise-en-œuvre : scenario_utilisation, **Spécifique**),
 contenu : **mot**(instance : **Mot**,
 'complexité phonologique' : **Valeur_P**,
 'complexité orthographique' : **Valeur_O**,
 'complexité de régularité' : **Valeur_R**,
 statut : **Statut**,
list_syllabes_écrites : **List_syllabes_écrites**
 degre_cons_mot : **Degré_cons_mot_écrit**,
 nb_fois:**Nb_fois**),
 mot_oral : mot_oral(liste_syllabes_oraales :**List_syllabes_oraales**,
 nb_syllabe :**Nb_syllabes**,
 degre_cons_mot_orale : **Degré_cons_mot_oral**)
).

L'instanciation de ces éléments est en relation directe avec les objectifs de l'agent, les classes d'actions modélisées selon le modèle de l'apprenant et les préconditions d'é(x)écution de l'activité didactique.

5.2.1.2.3 Actions de l'agent

5.2.1.2.3.1 Action de l'agent concernant la progression de connaissances

Deux types de progression peuvent concerner la reconnaissance des mots

- Progression sur la conscience syllabique
- Progression sur l'association graphème-phonème

5.2.1.2.3.1.1 Progression sur la conscience syllabique

Le choix du mot se fait en fonction des caractéristiques phonologiques et orthographiques du français [structure syllabique des mots], la complexité peut avoir les valeurs [très haut, haut, moyen, bas, très bas] selon les caractéristiques de l'objet mot. L'agent utilise le modèle de l'apprenant pour initialiser sa base de croyances concernant les mots choisis selon les unités d'objectif caractérisant l'activité didactique. S'il s'agit d'un mot de statut dit_connu, sa base de croyance contiendrait tous les mots appartenant au texte et qui ont un statut dit_connu pour l'apprenant_ID. Les actions de l'agent correspondant à la structure syllabique et au choix du mot peuvent être décrites comme suit :

- Choisir un mot $MOT \in BASE_DE_CROYANCE_MOT$

Préconditions:

$(\langle \text{Stratégie} = \text{stratégie de repérage de syllabe à l'initiale} \rangle \vee$
 $\langle \text{Stratégie} = \text{stratégie de comparaison-analogie entre des mots} \rangle \vee$
 $\langle \text{Stratégie} = \text{stratégie de repérage de phonème à l'initiale} \rangle)$
 \wedge

$\text{état_cognitif_initial}(\text{compétences_cognitives}(\text{stratégie}, \text{statut}(X))) \wedge$
 $\text{complexité_phonologique_mot}(X) \wedge \text{complexité_orthographique_mot}(X).$
 $X \in \{\text{très haut, haut, moyen, très bas, bas}\}$

Postcondition

$(X \leq \text{Moyen}) \wedge (\text{Syllabe} \in MOT) \Rightarrow (\text{structure}(\text{Syllabe}) \neq \text{CVC})$;; cela veut dire éliminer les mots contenant des structures syllabiques CVC, par exemple la présence d'une voyelle nasale (can) retarde la mise en place du traitement syllabique.

- Choisir un mot $MOT \in BASE_DE_CROYANCE_MOT$

Préconditions:

$\neg (\langle \text{Stratégie} = \text{stratégie de repérage de syllabe à l'initiale} \rangle \vee$
 $\langle \text{Stratégie} = \text{stratégie de comparaison-analogie entre des mots} \rangle \vee$
 $\langle \text{Stratégie} = \text{stratégie de repérage de phonème à l'initiale} \rangle)$
 $\text{état_cognitif_initial}(\text{compétences_cognitives}(\text{stratégie}, \text{statut}(X))) \wedge$
 $\text{complexité_phonologique_mot}(X) \wedge \text{complexité_orthographique_mot}(X).$
 $X \in \{\text{très haut, haut, moyen, très bas, bas}\}$

Partie 2: Mise en œuvre de l'approche agent-objet pédagogique dans AMICAL

Nous retenons de la session présentée précédemment les deux exemples d'activités de reconnaissance de mot dans un texte et de présentation de texte, pour des raisons relatives à leurs natures différentes afin de mettre en œuvre l'approche agent-objet pédagogique dans le système. Il s'agit de présenter le fonctionnement de l'agent, intégré dans l'objet pédagogique, en se basant sur ces deux activités. Le but de cette partie est de montrer comment un agent peut imiter un enseignant face à des situations d'apprentissage de deux différentes natures ; la première situation concerne la présentation d'un texte qui va constituer la base de travail pour tout le reste des activités didactiques constituant la séquence didactique. Sachant que les enfants sont en début de CP, le texte est considéré comme un facilitateur pédagogique : toutes les questions de compréhension et de mémorisation doivent se baser sur le texte présenté. La deuxième situation d'apprentissage met l'apprenant devant un problème de reconnaissance de mots ce qui fait appel à différentes stratégies cognitives préconisées par les intentions d'enseignement. Donc après avoir déterminé les intentions d'enseignement caractérisant les activités de la session, nous entamons dans cette partie le fonctionnement des agents d'individualisation correspondant au modèle de représentation évoqué dans le chapitre précédent.

Nous avons annoncé que l'élément clé du modèle de représentation de l'agent est celui du concept de l'instrument pédagogique, lequel doit être enrichi par les différents éléments d'adaptation pour rendre l'activité flexible et pouvant s'adapter aux différents profils d'apprenants. L'enjeu est de représenter l'ensemble des constituants variants, représentant les instruments pédagogiques, comme des structures de connaissances complexes sur lesquelles reposent les réactions de l'agent pour l'individualisation de l'activité didactique. Nous avons également montré dans le chapitre 4 que l'agent individualise l'activité didactique en suivant trois étapes: individualisation du contenu, de l'interface et du scénario de déroulement. Nous commençons par l'individualisation du contenu de chaque activité.

5.2.1 Individualisation du contenu

Dans cette étape l'agent se base sur les intentions d'enseignement, caractérisant l'activité didactique, pour individualiser les connaissances et leurs statuts. Par exemple dans l'activité de présentation de texte, l'intention d'enseignement concernant les connaissances à faire acquérir peut contenir une description du statut de texte à présenter ou laisser sa détermination dans le troisième niveau d'individualisation. Nous traitons le cas où le statut de texte serait déterminé dans le troisième niveau (['mettre-en-présence', **Statut**, 'texte : lecture-texte']).

5.2.1.1 Exemple de l'activité de 'présentation de texte'

Lors de l'exécution de l'étape de construction de la matière primaire pédagogique, l'agent lance un module de raisonnement pour l'individualisation du contenu (Agent de connaissance). Il s'agit d'utiliser les intentions d'enseignement, qui sont représentées également dans les structures des variants de l'activité didactique, pour la détermination des caractéristiques des connaissances présentes dans ces intentions d'enseignement. Dans le cas de l'activité de présentation de texte, l'agent doit déterminer les caractéristiques du texte à présenter dans l'instrument champ du texte (voir

représentation ci-dessous), en se basant sur le modèle de l'apprenant et les connaissances communiquées par les autres agents de l'environnement.

Représentation du texte :

texte(valeur :**Texte**,
titre_texte:**Titre**,
statut :**Statut**,
type_texte : **Type_texte**,
niveau_vocabulaire: **Niveau_Vocabulaire_texte**,
degre_difficulte_texte: **Degre_difficulte**,
degre_connaissance : **DegreeConnaissances**,
nb_fois : **Nb_fois**,
contexte :**Contexte**,
liste_mots :**Liste_mots**,
liste_phrases :**Liste_phrases**).

Après avoir déterminé les caractéristiques du texte l'agent passe à l'individualisation de l'interface en utilisant les instruments incorporant dans leur structure les intentions d'enseignement, caractérisant l'activité didactique, et la description détaillée des connaissances. Par exemple l'instrument champ du texte incorpore dans sa structure aussi bien l'intention d'enseignement correspondant à la présentation du texte que la description du texte lui même. Nous reprenons l'exemple de cet instrument, présenté dans le chapitre 3, pour rappeler les différents éléments à utiliser dans la deuxième et la troisième étape d'individualisation. Nous montrerons dans les sections suivantes plus de détails concernant l'individualisation de l'interface et du scénario de déroulement de l'activité de reconnaissances de mot.

instrument_champ_du_texte (nom : 'instrument champ du texte',
sorte de : 'instrument support de connaissances',
localisation : 'Activité reconnaissance de mot',
mode_intervention : **Mode**,
moment_intervention : **Moment**,
fonction_pedagogique : [['mettre en présence', **Statut**, **Texte**]],
forme : artefact_champ_du_texte (**Instance** : **Valeur**, **Couleur**, **Visibilité**, **Taille**,**Specifique**)),
scenario_instrument_champ_texte : (mise-en-œuvre : lecture-fichier-son-individualisé, **Specifique**),
contenu : texte(valeur :**Texte**,
titre_texte:**Titre**,
statut :**Statut**,
type_texte : **Type_texte**,
niveau_vocabulaire: **Niveau_Vocabulaire_texte**,
degre_difficulte_texte: **Degre_difficulte**,
degre_connaissance : **DegreeConnaissances**,
nb_fois : **Nb_fois**,
contexte :**Contexte**,
liste_mots :**Liste_mots**,
liste_phrases :**Liste_phrases**)
).

L'individualisation de l'activité didactique nécessite la formulation d'un ensemble de requêtes de l'agent pour recevoir les informations sur les connaissances de l'apprenant et la base de ressources. Nous nous contentons de présenter ces requêtes en langage naturel pour la simplicité. Une représentation simplifiée de ces requêtes selon le standard FIPA ACL est fournie dans la figure V.2.1 (voir annexe B, pour les performatifs de communication). Nous donnerons dans les sections suivantes la structure détaillée d'un message selon ce standard. Les requêtes de l'agent utilisées pour l'instanciation de la connaissance 'Texte' peuvent être formulées comme suit :

Conclusion générale

Nous avons abordé au cours de ce rapport de thèse un problème de nature très complexe faisant appel à des compétences pluridisciplinaires. Les recherches bibliographiques dans ce rapport de thèse ont montré l'importance de réunir les différents points de vue sur les environnements d'apprentissage. Ainsi, les différents chercheurs collaborant pour la conception d'artefacts complexes doivent être en mesure de décloisonner concepts, modèles et méthodes. A ce titre, la gestion d'un système tuteur intelligent doit se baser sur le traitement de l'information et la gestion intelligente des documents numériques. Dans le même ordre d'idées, gestion des connaissances et conception des modèles sollicitent une finesse accrue dans l'analyse. Cette analyse fine requiert la formalisation des modèles décrivant les constituants de l'activité didactique.

Nous nous sommes basés sur une nouvelle approche de conception s'appuyant principalement sur le concept de l'instrument, représentant les constituants de l'activité de l'apprenant, pour montrer comment utiliser des concepts issus d'autres disciplines. Le processus de conception de l'instrument se caractérise par la création de modèles hétérogènes (contenu, didactique, cognitif et interface) pour les connecter et individualiser l'activité didactique. Nous avons donc analysé les différentes dimensions de variation de l'activité didactique en relation avec les quatre modèles proposés, ce qui nous a permis de vérifier l'hypothèse se basant sur le fait que le processus d'individualisation de l'activité didactique s'appuie en partie sur ces modèles. Cette méthode de conception montre comment opérationnaliser la théorie instrumentale dans le système informatique. Notre travail de thèse s'est concentré sur ce point pour la conception d'une infrastructure résultant du couplage théorie-méthode, selon le principe de design pédagogique.

Nous avons également tenté de prendre du recul par rapport à une nouvelle forme de pratique de recherche pour contribuer au renouvellement de la conception dans les EIAH. Il s'agissait de se baser sur la théorie instrumentale pour construire une composante EIAH, dont la conception nécessite la mobilisation de compétences pluridisciplinaires. La structure de l'équipe de conception pose des problèmes de communication pour la coopération entre chercheurs ayant des approches différentes, mais voulant collaborer ; pour cela, il faut expliciter et argumenter, pour chaque partenaire, l'aspect pratique de chaque composante spécifiée et les liens de cette dernière avec tous les constituants du système. L'objectif à long terme, visé dans le cadre de ces recherches, reste à commencer par mettre à plat les modèles définis sur les constituants de l'activité didactique. La multiplicité des facteurs pédagogiques qui entrent en jeu montre que beaucoup d'efforts sont demandés pour arriver à trouver les relations qu'entretiennent stratégies d'apprentissage et stratégies d'enseignement dans une perspective d'individualisation de l'apprentissage.

Toute l'activité de conception, que ce soit à travers les acteurs, les contraintes ou les spécifications du cahier des charges, réclame la description des techniques permettant l'intégration des NTIC. Nous avons vu que la conception d'un objet pédagogique intégrant l'agent d'individualisation de l'activité didactique, selon l'approche Agent-Objet pédagogique, permet d'assurer une meilleure gestion de la

Conclusion générale

tâche d'individualisation de l'activité didactique. Cette conception se basant sur la méthode de recherche de développement de concept pédagogique a montré comment agir pour répondre à un problème complexe en couplant les modèles rationnels et technologiques. Notre contribution a concerné le modèle de représentation de l'agent d'individualisation de l'activité didactique, incorporant dans sa structure les instruments pédagogiques, qui tient compte de la complexité de connaissances à utiliser dans le système.

Nous nous sommes basés sur un exemple de calcul de séquence pour évoquer une nouvelle conception stratégique basée sur les technologies de l'IA afin d'individualiser le plan d'enseignement. L'enjeu était de séparer les deux niveaux d'individualisation pour les réassembler à travers une interface qui doit les relier. En s'appuyant sur l'exemple de la session didactique proposée, nous avons présenté le processus de la mise en œuvre de l'approche agent-objet pédagogique dans le système AMICAL. Cette approche a conduit nos recherches vers :

- le renouvellement de la conception dans les systèmes d'apprentissage,
- la proposition d'une nouvelle forme de représentation de l'activité d'apprentissage selon le paradigme objet pour bénéficier des avantages de ce paradigme,
- la proposition d'une solution fiable pour l'individualisation de l'apprentissage dans les Systèmes Tuteurs Intelligents.

L'architecture d'individualisation proposée a concerné le domaine de l'apprentissage de la lecture. Actuellement, il ne fait plus de doute que ce domaine nécessite encore des recherches non seulement en linguistique ou en didactique, mais aussi en neurophysiologie. On peut s'interroger sur les raisons qui motivent les choix pédagogiques tout en faisant appel aux différents points de vue. Le domaine de l'apprentissage de la lecture est donc loin d'être abordable dans tous ses aspects pour le moment. Toutefois cela n'empêchait pas nos recherches de se fonder sur les théories scientifiques contemporaines, en particulier sur la théorie de l'activité et l'approche instrumentale, pour montrer une méthode de travail couplant modèle et artefact. Ces théories prouvant leur efficacité dans l'explication de certains phénomènes cognitifs complexes, réclament toujours une meilleure gestion pédagogique permettant l'explication de l'action pédagogique et ses effets attendus.

1. Bilan de recherche

Nos interventions sur le troisième niveau d'individualisation ont concerné la représentation de l'activité didactique et son agent d'individualisation. Sachant qu'il existe trois principales classes d'objets pédagogiques : les unités d'apprentissage ; les activités pédagogiques et les ressources pédagogiques. Notre cas d'étude était centré sur les activités pédagogiques qui définissent les modalités précises d'acquisition, de validation, de communication d'une ou plusieurs connaissances. La solution proposée dans cette thèse offre des techniques pouvant conduire à la modélisation du raisonnement de l'agent d'individualisation de l'activité didactique dans les systèmes tuteurs intelligents. En d'autre terme, cette solution montre comment un agent utilise l'ensemble des instruments pédagogiques pour atteindre ses objectifs en s'adaptant à des situations d'apprentissage diverses.

Nous avons présenté le modèle d'objet pédagogique intégrant l'agent d'individualisation qui utilise les modules de raisonnement pour individualiser le contenu, l'interface et le scénario de déroulement de l'activité didactique ; l'agentification du processus d'individualisation nous a conduit à définir trois sous agents collaborant pour accomplir la tâche d'individualisation de l'activité didactique qui sont : l'agent Auxiliaire d'interface, l'agent de contextualisation et les agents de connaissances. Nous avons vérifié que les trois phases d'individualisation sont indépendantes et constituent les trois phases de scénarisation des activités didactiques dans les tuteurs intelligents.

Le modèle de représentation de l'agent proposé dans le cadre de nos recherches répond tout à fait aux objectifs fixés au départ; une meilleure gestion de la complexité du processus d'individualisation réside dans le fait d'introduire l'architecture Agent-Objet pédagogique ; il s'agit d'attacher un agent à toute activité en réunissant connaissances et modèles pouvant mener à des nouvelles méthodes de conception des agents et des objets pédagogiques.

Nous avons proposé également dans le cadre du travail de thèse une contribution à l'individualisation du plan d'enseignement qui se situe dans le deuxième niveau d'individualisation. L'idée principale était d'adapter un algorithme de recherche en planification en intelligence artificielle dans la planification didactique. Il s'agissait d'évoquer une nouvelle conception stratégique fondée sur les algorithmes de planification à base de recherche heuristique. Le calcul de plan nous a amené à la spécification de la bibliothèque des SDTs (Situations Didactiques Types), la représentation de l'objectif d'apprentissage et aussi une organisation convenable de la didactique dans le système. Notre recherche s'est focalisée sur l'extraction d'une solution à partir d'un graphe de planification calculé pour atteindre l'objectif d'apprentissage.

1.1 Une contribution à un renouvellement de l'ingénierie pédagogique

Nos travaux de recherche s'inscrivent, dans une vision nouvelle de l'ingénierie pédagogique. Cette vision se focalise sur une première approche théorique donnant les principaux concepts à utiliser dans le système. Compte tenu de la multiplicité des travaux de conception menés dans le cadre de recherche en EIAH, nous avons été amené à suivre une méthode de travail pouvant assurer un couplage entre aspects rationnel et technologique. Après avoir défini le problème pédagogique abordé, qui est celui de l'individualisation de l'apprentissage, notre solution s'est basée sur la conception d'une composante EIAH dite instrument pédagogique, prenant pour base théorique l'approche instrumentale.

L'objectif principal de ce processus est l'identification d'éléments théoriques et pratiques intervenant pour l'appropriation de l'artefact par le sujet. Nous avons vu que plus l'artefact est structurellement et fonctionnellement rigide, plus cette phase d'appropriation est difficile pour le sujet. La démarche suivie par Rabardel nous montre comment aborder efficacement le problème en proposant une approche de tendance théorique et pragmatique. Nous avons montré que l'approche instrumentale ne doit pas rester isolée sur un plan théorique ou pragmatique, et qu'elle peut être s'articuler avec des concepts issus de disciplines différentes s'insérant dans une optique rationnelle et technologique. Cela nous a permis d'aborder le problème dans ces différents aspects en proposant une méthode de conception à partir de la théorie instrumentale.

Conclusion générale

L'approche de conception proposée joue un rôle indispensable pour mettre en place le processus d'individualisation en fondant les modèles de conception sur le principe de design pédagogique. L'enjeu est de spécifier les processus de coordination des acteurs de conception pour concevoir, non seulement la matière primaire pédagogique (contenu) et les matériels pédagogiques, mais aussi sur les scénarios d'apprentissage. Le processus de spécification de ces éléments nécessite de mettre l'apprenant au centre de la recherche tout en définissant ses états de connaissances et cognitifs pour les faire évoluer d'une façon progressive.

La collaboration des didacticiens du projet permet d'explicitier les intentions d'enseignement, qui caractérisent l'activité didactique, pour être utilisés dans le système comme des propriétés de l'objet pédagogique. Par conséquent le travail de conception est le résultat de la collaboration de différents acteurs de conception pour la création de modèles hétérogènes correspondant aux différents aspects de conception de l'activité didactique et de ses composantes. Le but est d'assurer une prise en compte des caractéristiques de l'apprenant, son état cognitif et son état de connaissances.

La méthode de recherche proposée vise l'établissement d'un cadre de référence pour caractériser les différentes connaissances utiles dans le système. Ce cadre de référence présente des modèles hétérogènes (contenu, didactique, cognitif, interface) pouvant servir de base à une approche globale et générique de l'individualisation de l'apprentissage.

1.2 Généricité des modèles

Il est certain que la modélisation de l'activité didactique réclame des approches de conception assurant la généricité des modèles et leurs réutilisations dans des contextes différents. Nous avons montré que l'approche microscopique de la conception des EIAH proposée présente un avantage majeur pour l'adjonction d'un modèle générique de l'activité didactique. Nous avons procédé à une démarche d'abstraction pour la spécification d'une infrastructure pour la gestion du système. L'enjeu est de se baser sur la conception de toute entité modélisée comme une désignation abstraite pour la génération et la gestion des changements du modèle conceptuel propre à l'agent d'individualisation de l'activité d'apprentissage. Cette définition de l'abstraction nous a permis d'exprimer les objets du domaine qui nous paraissent pertinents, en satisfaisant des préconditions et des postconditions permanentes.

Le méta modèle proposé représente un modèle générique des objets pédagogiques. Nous avons adopté l'approche objet pour la représentation de l'activité. Chaque objet est caractérisé par l'ensemble des propriétés, et les instruments représentés par ses composantes structurelles. Ceci montre comment appliquer notre approche de conception dans d'autres domaines d'apprentissage et d'autres systèmes intelligents. Les méthodes représentent les scénarios d'utilisation des artefacts associés aux instruments pédagogiques, elles sont également utilisées dans les modules de raisonnement de l'agent pour instancier les scénarios d'artefacts associés aux instruments pédagogiques.

Le modèle générique présenté répond aux besoins de spécification de l'architecture de l'agent d'individualisation et à la modélisation de son raisonnement pour la scénarisation de l'activité didactique. Cet agent ayant pour rôle de gérer la dynamique des activités d'apprentissage se charge de la gestion de l'activité didactique, de ses composantes et de leurs inter-relations. Cela assure plus de

souplesse par la réutilisation de ces composantes, ce qui rend l'agent d'individualisation capable de s'adapter à des intentions didactiques différentes.

1.3 Agents d'individualisation de l'activité didactique

Nous avons présenté une nouvelle approche dédiée à la gestion de la complexité de la tâche d'individualisation de l'activité didactique. Cette approche réside dans le fait de concevoir l'architecture d'un agent pouvant s'adapter selon les comportements de l'apprenant. L'adaptation évoquée dans notre système s'interprète par le fait de rendre l'agent susceptible d'accomplir ses actions en faisant appel à des instruments pour atteindre ses objectifs. Les instruments pédagogiques utilisés dans le système permettent de savoir quelles connaissances sont utilisées par l'apprenant pour apprendre. Ceci mène vers la modélisation des connaissances que l'on appelle conscientes et ouvre sur de nouvelles architectures d'intelligence des agents.

L'agent est structuré d'une façon lui permettant de rendre compte de la complexité du processus d'apprentissage selon les instances des objets de connaissances. La structuration des composantes conceptuelles de l'agent lui donne la capacité de réorganisation interne en appliquant des réactions fonctionnelles selon l'évolution des degrés de connaissances de l'apprenant. Le raisonnement de l'agent d'individualisation de l'activité didactique dépend d'un calcul interne qui se fait à partir de ses composantes conceptuelles et d'éléments recueillis à partir des réactions de l'apprenant.

Nous nous sommes basés sur deux exemples d'activités de natures différentes: l'activité de 'Présentation de texte' et l'activité de 'Reconnaissance de mot dans un texte', pour montrer le fonctionnement de l'agent. L'objet pédagogique, intégrant l'agent, est constitué de nombreux éléments sur lesquels sont définies des relations de différentes natures. Pour cela, la structure de l'agent a été conçue de manière à ce que celle-ci corresponde bien à ce qu'on attend de son fonctionnement. Il s'agissait de proposer un modèle de représentation de l'agent et des techniques pouvant conduire à la modélisation du raisonnement des agents d'individualisation de l'activité didactique dans les systèmes tuteurs intelligents.

1.4 Réalisations techniques

Nous avons implémenté un prototype d'individualisation d'une session didactique par le biais d'un couplage entre deux paradigmes : le paradigme Objet a été adopté pour le développement d'une application ouverte sur les futurs travaux dans AMICAL ; nous avons implémenté le raisonnement de l'agent en se basant sur le paradigme de la programmation logique qui répond à nos attentes fixées dans la phase de modélisation. Nous nous sommes limité sur les deux activités 'Présentation de texte' et 'Reconnaissance de mot dans un texte' pour montrer le fonctionnement de l'agent d'individualisation de l'activité didactique. Nous avons utilisé la plateforme Jade pour l'implémentation de notre prototype. Ce choix répond à notre manière de modéliser l'agent qui est en phase avec les principes de Jade. Cette plateforme est fortement soutenue par les industriels à cause de son évolutivité et l'intégration du standard FIPA pour la communication entre agents.

2. Perspectives de Recherche

L'individualisation de l'apprentissage est un problème complexe qui nécessite des recherches capables de mener à des modèles concrets concernant les connaissances et les comportements de l'apprenant (attitudes, motivation, émotion, cognition, style d'apprentissage...). Le cœur du problème d'individualisation est défini sur le choix des stratégies d'enseignement à utiliser en fonction des différents observables recueillis dans le système. Les stratégies d'enseignement doivent rendre compte des différences individuelles des apprenants et surtout de leurs styles d'apprentissage. Donc la modélisation des connaissances nécessite une spécification complète des différences individuelles et des observables permettant de les identifier, elle nécessite aussi la spécification des stratégies d'enseignement susceptibles de guider l'apprenant à appliquer les stratégies cognitives selon le contexte. Cependant la recherche sur le style d'apprentissage est toujours en phase exploratoire, ceci est dû au fait de la complexité du mécanisme de l'apprentissage humain.

La prise en compte du style d'apprentissage dans le système nous a conduit à concevoir des artefacts informatiques complexes, selon le principe théorie-modèle-artefact évoqué dans (Tchounikine 2002c, Baker 2000), qui entreprennent les tâches prescrites et permettent de différencier selon les apprenants. Différents types de stimuli 'physiologique' ou 'psychologique' peuvent être pris en compte pour individualiser les instruments pédagogiques selon les profils d'apprenants. Nous avons montré comment utiliser les stimuli physiologique 'auditif et visuel' pour individualiser le mode d'interventions des artefacts 'visuel auditif' selon les styles d'apprentissage des apprenants. Ce modèle peut être amélioré en poussant l'analyse des styles d'apprentissage pour représenter de nouveaux éléments dans l'instrument. Les stimuli psychologiques, à titre d'exemple, peuvent faire l'objet de recherche des acteurs de psychologie de développement afin de trouver des moyens favorisant l'apprentissage en respectant le style d'apprentissage. Notre souhait était de proposer un modèle conceptuel des composants des EIAH ouvert et pouvant incorporer dans sa structure tous les éléments d'adaptation.

La structure de l'instrument proposée dans cette thèse est le résultat de l'approche microscopique d'analyse de l'activité didactique. Cette approche présente deux avantages majeurs, tout d'abord celui de la décomposition du problème de la conception de l'activité didactique, pour ensuite assurer la répartition des tâches entre les différents acteurs de conception. En outre, cette approche ouvre sur un nouveau champ de recherche concernant le couplage de la théorie instrumentale avec la micro-conception pédagogique pour la gestion du processus d'acquisition de connaissances par l'apprenant. Notre modèle de conception peut être utilisé dans le contexte des systèmes d'apprentissage actuels comme IMS, en distinguant le niveau -activité et -composante de l'activité ou instrument.

La définition de ces deux niveaux permet de profiter de l'avantage de la conception de l'activité sous forme d'un ensemble d'instruments pédagogiques. Il s'agit de répondre à l'aspect théorique par la conception des modèles ayant des origines dans le domaine de l'apprentissage. Les connaissances selon notre conceptualisation sont abstraites à partir des actions de l'apprenant qui communique avec les objets techniques porteurs de connaissances. En analysant la philosophie du système IMLS-LD, nous pouvons facilement remarquer l'utilité de la métaphore théâtrale utilisée dans ce système, il s'agit de tenir compte de l'aspect technologie pour faciliter la représentation du scénario de l'activité

didactique. Toutefois cette métaphore n'a pas d'origine dans le domaine de l'apprentissage, donc il n'y a pas d'explication rationnelle, liée à une théorie pédagogique ou au moins une théorie transférable à l'éducation, du modèle utilisé. Cela veut dire que la prise en compte de l'apprentissage des sujets n'est pas explicite. Le modèle assure certes une représentation sophistiquée pouvant répondre à un aspect particulier de la conception 'aspect technique', mais le problème de la prise en compte de l'aspect rationnel ou théorique persiste. De notre point de vue, la définition d'un autre niveau pour la conception des composantes de l'activité d'apprentissage permet de rendre le système plus performant, c'est-à-dire capable de rendre compte du processus d'acquisition de connaissances.

La micro-conception pédagogique montre une technique qui mène vers l'opérationnalisation de la théorie instrumentale dans le système. Il s'agit de représenter les instruments construits par les sujets dans le système informatique. Cela rend compte des schèmes d'utilisation des artefacts qui doivent avoir une représentation explicite montrant comment utiliser les artefacts pour apprendre. Donc beaucoup d'efforts de conception sont demandés pour expliciter les processus mis en œuvre par le l'apprenant lors de son l'apprentissage. La modélisation des processus à mettre en œuvre par les apprenants a été jugée comme une issue pour la compréhension du phénomène de l'apprentissage (Tricot 2003). Il faut arriver à recueillir des corpus psychologiques de recherche pour les analyser selon la méthode de conception proposée.

Notre approche de conception vise la représentation des éléments de nature cognitive explicitant les logiques d'utilisation des artefacts et aussi la représentation des objets symboliques de l'activité de l'apprenant. Les corpus psychologiques recueillis doivent être évalués en fonction des stratégies d'enseignement utilisées dans le système pour connaître le fait d'atteindre ou non des objectifs d'apprentissages. Le but étant d'assurer la stabilité du système pris dans sa globalité, il faut prendre en considération de nouveaux schèmes d'utilisation pour les ajouter dans la représentation des instruments pédagogiques, ce qui rendra le système capable de s'adapter à la diversité des situations.

2.1 Micro-conception pédagogique et ingénierie ontologique

La conception centrée sur les composantes de l'activité fait apparaître le besoin d'une ingénierie ontologique. Le rôle de l'ingénieur ontologique semble primordial dans une conception pédagogique au niveau micro. Nous avons montré l'importance d'une ingénierie ontologique devant l'émergence des connaissances et des modèles de conception. Notre approche de conception se base sur une métaphore implicite des entités microscopiques. Quelle est la nature des outils à utiliser dans la micro technologie pédagogique ? Et Quel est l'apport de l'ingénierie ontologique dans ce contexte de recherche pluridisciplinaire? Ce sont des questions qui permettent de réfléchir à la nature des outils de la micro-conception pédagogique pour explorer les connaissances de l'apprenant. Quand on parle d'outils on ne désigne pas uniquement des logiciels utilisés pour parcourir les connaissances et leurs micro-composantes, mais on vise aussi toute technique pouvant contribuer à la conception microscopique des entités à utiliser dans le système. Il faut également réfléchir aux formalismes de représentation informatique de différents éléments de conception afin d'assurer une meilleure représentation, facilitant la mise en œuvre du processus d'individualisation de l'apprentissage.

2.2 Multi-formalismes de représentation des modèles de conception

Le développement technologique dans les différents domaines est articulé autour de la multimodélisation et l'utilisation des meilleurs formalismes. Ainsi la conception du processus d'individualisation de l'apprentissage doit se baser sur divers formalismes pouvant représenter la diversité des connaissances et des modèles. Sachant que les différents éléments, pouvant intervenir pour l'individualisation de l'apprentissage, appartiennent à des modèles hétérogènes (didactiques, cognitifs, de contenus et d'interfaces), des nouveaux formalismes pour la représentation de ces modèles et des nouvelles techniques à utiliser pour leur connexion sont fortement demandés. Notre conception réclame donc la création de nouveaux formalismes servant à la représentation de ces modèles. Nous avons initié un modèle ARIS pour la représentation des processus de l'apprenant, faisant partie du modèle cognitif, mais ceci nécessite d'être enrichi pour la représentation non seulement des processus mais aussi des actions, des activités et des mécanismes d'apprentissage.

La multi-modélisation de l'activité didactique sollicite l'enrichissement des modèles avec des bases théoriques valides, mais il faut aussi prendre en considération l'aspect pratique. Il est possible que le modèle théorique ne réponde pas à la diversité des situations et aux exigences des praticiens. D'un point de vue de conception informatique, les formalismes utilisés doivent permettre de traiter les cas particuliers, concernant la violation du modèle théorique par des éléments pratiques, pour la prise en compte de tout cela dans les modèles de conception informatique.

2.3 Objet pédagogique intelligent et la rationalisation des scénarios d'apprentissage

L'approche Agent-Objet pédagogique semble très prometteuse en termes de son ouverture sur la nouvelle génération d'objet pédagogique intelligent. Cela contribue à la résolution du problème de l'adaptabilité de l'agent face aux réactions prévisibles et imprévisibles de l'apprenant. Il s'agit d'une première étape pour la rationalisation des scénarios d'apprentissage qui sont représentés par des connaissances procédurales et contextuelles. Il faut donc focaliser les efforts de recherche sur la conception des scénarios prescrits pouvant être contextualisés selon les réactions de l'apprenant. Ce scénario doit prendre en considération tant les actions qui informent sur les états de l'apprenant que l'ensemble de processus qui ont déclenché tel ou tel raisonnement pour réaliser ses actions.

La technique d'individualisation proposée dans cette thèse vise un nouveau type d'architecture dans laquelle on s'interroge non seulement sur les techniques à appliquer, pour que l'agent puisse personnaliser l'objet pédagogique, mais aussi sur tous les processus d'acquisition de connaissances à concevoir selon la théorie utilisée dans le système.

Pour finir nous aimerions confirmer que le projet AMICAL est un cadre de recherche pluridisciplinaire et nécessite beaucoup d'efforts pour la conception, pour cela notre contribution requiert la superposition des autres travaux prenant pour base les fondements théoriques de l'approche d'individualisation proposée, pour approuver l'importance de nos propos.

L'activité didactique dans AMICAL: Connaissances et Modèles

Description de l'activité en terme d'intentions d'enseignement : modèle didactique

Description préalable	Action	Statut	Connaissances
Texte–connu, mots à coté du texte demande des mots dits reconnus	mettre en présence	Connu	Texte
	Mettre en présence	Dit reconnu	Mots
	Mettre en présence	Dit reconnu	Mot objet écrit
Texte –connu, retrouver des mots reconnus dans ce texte, ces mots étant présentés en liste ou mots dans une suite de mots associés par champ sémantique (les animaux, les personnages, ...)	mettre en présence	Connu	Texte
	Mettre en présence	Dit reconnu	Mots
	Mettre en présence	Dit reconnu	Mot objet écrit
	renforcer mémorisation visuelle		Mot
Texte –connu, à partir de mots donnés et montrés, faire trouver des mots qui leur sont associés (adjectifs, verbes), sorte de lecture suivie du texte (ex : Arthur en video-inverse et dire "il fait ceci d'abord (il lit), où est écrit "lit", etc	mettre en présence	Connu	Texte
	Mettre en présence	Dit reconnu	Mots
	Mettre en présence	Dit reconnu	Mot objet écrit
	Mettre en évidence,		mot constituant de la phrase
	Mettre en présence		groupe nominal
	Mettre en présence		groupe sujet-verbe
	Faire utiliser		stratégie de localisation sémantico-spatiale
Texte –nouveau présenté -mots à identifier présents à côté du texte –mots nouveaux	mettre en présence	Non vu	Texte
	Mettre en présence	Non vu	Mots
	Mettre en présence		Stratégie de localisation sémantico-spatiale
	Inciter à utiliser		Stratégie comparaison
	Mettre en présence		Permanence mot objet écrit
	faire mémoriser par comparaison visuelle		Mot objet écrit
Texte –nouveau présenté -mots à identifier présents à côté du texte puis effacés –mots connus	mettre en présence	Non vu	Texte
	Mettre en présence	Dit reconnus	Mots
	Mettre en présence		stratégie de localisation sémantico-spatiale
	Faire utiliser		Permanences mot objet écrit

	renforcer enregistrement visuel		Mot écrit
Texte –connu –identifier mots nouveaux et connus ayant une syllabe connue, commune à l’initiale	mettre en présence	Connu	Texte
	Mettre en présence		Mots dits reconnus
	Vérifier	connu	Syllabe
	Inciter à utiliser		stratégie de repérage syllabe

Dénomination générique de la SDT reconnaissance de mot dans un texte

<Action, statut> ;
 <Action, Statut> ;
 < Connaissances en jeu > ;
 <Statut en jeu >

1-Les connaissances en jeu

Objet mot

- (mot objet écrit)
- (mot constituant du texte)
- (mot limité par 2 espaces)

Stratégies d’identification de mot

- (stratégie comparaison)
- (stratégie de localisation sémantico-spatiale)
- (stratégie de repérage association graphème-phonème)
- (stratégie de repérage syllabe)
- (stratégie de repérage majuscule-nom propre)

2- Les actions sur les connaissances

Mot

- (mettre en présence, mot objet écrit)
- (mettre en présence, mot constituant du texte)
- (mettre en présence, mot limité par 2 espaces) → vrai pour toutes les SDTs
- mots à identifier présents à côté du texte :
- mots à identifier présents à côté du texte puis effacés :
- (faire utiliser, permanence mot objet écrit)
- (faire mémoriser par enregistrement visuel, mot écrit)

3- Le statut des connaissances en jeu (texte, mot, as.graphème-phonème, syllabe)

- texte nouveau présenté : (mettre en présence, texte nouveau présenté)
- texte connu : (mettre en présence, texte statut connu) : texte nouveau présenté, texte mots dits reconnus, texte premier porteur des mots identifiés, texte
- mot nouveau : (mettre en présence, mot nouveau)
- mot connu : (mettre en présence, mot connu)
- association graphème-phonème nouvelle présente sur l’écran : (observer, as. G-P repérée)
- association graphème-phonème connue : (vérifier, as. G-P connue)
- syllabe nouvelle
- syllabe connue

4- Les actions sur les statuts des connaissances

- mots à reconnaître en autonomie : (observer, statut mot dit reconnu)
- mots à reconnaître avec un statut donné : (vérifier, statut mot)

L'activité didactique de reconnaissance de mot dans une liste

C1 : Mot – Retrouver dans un ensemble de mots proches un mot présent encadré sur l'écran (Ex : ami encadré et liste âme, amie, ami, âne ; oiseau encadré et liste oiselet, oiseau, oisif, oison)

(faire appliquer, mot séquence spécifique de lettres)

(faire appliquer, permanence du mot)

C2 : Mot – Retrouver plusieurs occurrences d'un même mot de statut 'vu' dans un ensemble de mots, en désordre ou en liste (aide : donner le nombre d'occurrences), ou le retrouver présent dans 3 listes en colonnes

(faire utiliser comparaison visuelle)

(faire prendre conscience, permanence du mot)

C3 : Mot – Un mot étant écrit, les lettres de ce mot sont placées en un ensemble caché, une lettre est soit écartée, soit ajoutée ; il faut la retrouver dans l'alphabet présent sur l'écran, une fois l'ensemble caché modifié et révélé.

(mettre en présence, alphabet)

(faire prendre conscience, lettre constituant du mot)

(faire prendre conscience, mot séquence spécifique de lettres)

(mettre en présence, mot séquence de lettres avec possibilité de plusieurs occurrences d'une même lettre)

C4 : Mot – Retrouver mot de statut 'connu' dans un ensemble (nuage, liste, chaîne) de mots de statut 'vu', différents en nombre, nature et position des lettres les composant

(faire prendre conscience, mot séquence spécifique de lettres)

C5 Mot – Retrouver l'intrus (mot de statut 'vu') dans un ensemble (nuage, liste, chaîne) d'occurrences d'un mot de statut 'vu'

(faire prendre conscience, mot séquence spécifique de lettres)

C6 : Mot – Retrouver mot de statut connu dans une liste de mots de statut 'vu', ayant le même nombre de lettres et différents en nature et position des lettres

(faire prendre conscience, mot séquence spécifique de lettres en identité et position)

C7 : Mot – Retrouver un mot connu dans un ensemble (nuage, liste, chaîne) de pseudo-mots variant par une seule lettre par rapport au mot recherché (ex : sur un prénom présent dans le texte, Mika, Miga, Mira, Mina)

(faire prendre conscience, mot séquence spécifique de lettres en identité)

(faire différencier graphie-lettre)

C8 : Mot – anagramme : retrouver un mot de statut 'connu' dans un ensemble de mots (ou pseudo-mots) composés des mêmes lettres, seule la position varie (Ex : mare, arme, rame)

((faire prendre conscience, mot séquence spécifique de lettres en position)

C9 : Mot – Copie de mot avec lettres composant le mot présentes éparses à l'écran en script minuscule

(faire prendre conscience, lettre constituant du mot)

(faire mémoriser, lettre graphie script minuscule)

(faire prendre conscience, mot séquence de lettres)

(faire prendre conscience, mot séquence définie et ordonnée de lettres)

(faire utiliser, analyse du mot en composants lettres)

C10 : Mot – Copie de mot avec utilisation du clavier

- (faire prendre conscience, lettre constituant du mot)
 (faire prendre conscience, mot séquence de lettres)
 (faire prendre conscience, mot séquence définie et ordonnée de lettres)
 (faire associer, lettre graphie script minuscule-majuscule)
 (faire utiliser, analyse du mot en composants lettres)
 C11 : Mot – Copie de phrase avec utilisation du clavier (contrôle informatique et correction mot par mot en cours de copie)
 (faire prendre conscience, lettre constituant du mot)
 (faire prendre conscience, mot séquence de lettres)
 (faire prendre conscience, mot séquence définie et ordonnée de lettres)
 (faire associer, lettre graphie script minuscule-majuscule)
 (faire utiliser, analyse du mot en composants lettres)
 (faire prendre conscience, mot objet écrit constituant de la phrase)
 (faire utiliser, mot objet écrit constituant de la phrase limité par 2 espaces)
 (faire prendre conscience, phrase séquence ordonnée de mots)
 C12 Mot – Faire replacer les intervalles supprimés entre les mots d'une phrase constituée de mots 'connus' ; soit phrase normale lue présente puis effacée et mots collés, soit phrase lue et écrite directement sans intervalles entre les mots
 (faire appliquer, mot séquence spécifique de lettres)
 (faire utiliser, synthèse de composants lettres en mot)
 (faire appliquer, mot objet écrit constituant de la phrase limité par 2 espaces)

Les connaissances à faire acquérir (modèle de connaissances)

Unités de la langue	LETTRE	MOT		PHRASE		TEXTE	
Aspects des unités de la langue	objet de l'écrit	objet de l'écrit	unité de sens	objet de l'écrit	unité de sens	objet de l'écrit	unité de sens
Connaissances élémentaires	k- alphabet k- forme-nom k- écritures -différentes k- graphie -proche ...	k-séquence lettres k-ensemble lettres-limité 2-espaces ...	k-relation-signifiant-signifié ...	k-limites-de-phrase k-signes-punctuation ...	k-séquence -ordonnée -de mots k-place-constituant-mot ...	k-linéarité-orientée -HB-GD ...	k-porteur-informations k-informations -structurées ...

Modèle cognitif :

Le Texte comme un facilitateur pédagogique

Travail mentale sur Texte comme un objet écrit (ensemble organisé de signes graphiques)	Correspondance écrit/oral (transcription du code sonore)	Unité de sens
<p>caractéristique : linéarité orientée (G/D, H/B) Capacité à suivre et respecter la linéarité du texte Comportements observables: – dans un processus de relecture ou lecture de texte avec aides lecture phrase et/ou lecture mot, suivre ordre linéaire – dans un processus de suivi et de repérage sur l'écrit d'une lecture orale, ne pas effectuer de retour sur passage lu et marqué comme tel</p>	<p>caractéristique : adéquation exacte entre chaîne écrite / chaîne orale – Capacité à faire correspondre chaîne écrite et chaîne orale Comportement observable : – dans un processus de suivi et de repérage sur l'écrit d'une lecture orale, ne pas effectuer d'écarts importants (au-delà d'un mot) par rapport à la lecture orale</p>	<p>caractéristique : structure et organisation (constituants et relations) Construire une représentation de la structure d'un texte –> textes à séquence unitaire : narrative, descriptive, argumentative,... repérage des éléments constituants : résumé (ex : personnages, lieu, moment pour le récit) cohérence thématique : les organisateurs textuels -connexion (articulations de la progression thématique) : conjonctions, adverbes, groupes prépositionnels, nominaux, segments de phrase -cohésion nominale : les anaphores (pronoms, possessifs, démonstratifs) -cohésion verbale : organisation temporelle (temps des verbes) –> textes à plusieurs séquences (enchâssement ou fusion) : narrative, + discours interactif (direct ou indirect), + description, + argumentation</p>

Type de compétences

Compétences cognitives	Compétences métacognitives	Compétences conceptuelles	Compétences techniques
<p>Capacité à identifier les phonèmes dans les mots, Capacité d'analyse du contenu d'un texte Capacité à situer la position du phonème dans le mot Capacité à segmenter le mot en phonèmes Capacité à synthétiser les phonèmes en mot</p> <p>Résolution de problème de reconnaissance de mot Utilisation des stratégies –stratégie sémantico-spatiale –mémorisation visuelle due à une exposition fréquente –stratégie de repérage graphique global –stratégie de repérage graphique partiel Stratégies alphabétiques : –stratégie de repérage de phonème à l'initiale –stratégie de repérage de syllabe à l'initiale –stratégie de comparaison-analogie entre des mots</p>	<p>La mise en oeuvre et l'utilisation des stratégies</p> <p>Capacité à utiliser l'aide</p>	<p>Capacité de discrimination phonologie Niveau de consciences phonologique Capacité métalinguistique -repérage et mémorisation des informations constituantes</p>	<p>Exploitation de l'interface ; Compréhension de consigne Aptitude à retrouver une information connue en utilisant l'interface</p>

Exemple de la variation dans l'activité didactique Reconnaissance de mot dans une liste

Variation	Variants	Eléments pédagogiques		Adaptabilité
		Compétances visées	Facteur d'objectif	
C1,C2	<ul style="list-style-type: none"> - Mot - Statut - Stratégies - Intention pédagogique - Connaissances mis en jeu - Aides - Attributs des instruments de l'interface - Contexte - Scénario - Tâche - Organisation de l'écran 	<ul style="list-style-type: none"> - Aptitude à retrouver une information dans un texte mémorisé et présent - Aptitude à utiliser des capacités métacognitive - Aptitude à retrouver une information dans des contextes différents - Aptitude à retrouver une information connue et mémorisée - Aptitude à différencier des formulations voisines par le champ sémantique évoqué 	<ul style="list-style-type: none"> - Activation des stratégies de reconnaissances de mot - Aptitude à différencier des formulations voisines par le champ sémantique évoqué - - stratégie par association de deux critères de choix : repérage graphique (majuscule) et repérage graphophonique partiel à l'initiale 	<ul style="list-style-type: none"> - demande d'un mot avec majuscule (prénom ou nom), commençant par la même association phonème-graphème que d'autres mots sans majuscule demandés) - stratégie par indices contextuels (localisation spatio-sémantique) - demande de mots dans l'ordre de succession du texte <u>Actions de l'élève</u> -> lecture -> cliquage sur la réponse juste et validation -> si erreur, on peut lui demander de cliquer sur la phrase qui dit la même chose dans le texte et elle lui est lue ?, ou il peut faire lire les phrases du texte. Il recommence . Si erreur encore , correction avec lecture de la phrase du texte (et video), elle est en couleur, puis lecture et video de la phrase proposition. - stratégie par repérage graphique partiel (majuscule à l'initiale)
C3	<ul style="list-style-type: none"> - Mot - Statut - Stratégies - Intention pédagogique - Connaissances mis en jeu - Aides - Attributs des instruments de l'interface - Contexte - Scénario - Tâche - Organisation de l'écran 	<p>Réutilisation d'un savoir (lettre connu) pour résoudre un problème de différenciation d'éléments écrits plus ou moins proches.</p> <p>Résolution de problème, mise en oeuvre et utilisation simultanée de différentes composantes du langage (analyse de contenu).</p> <p>Auto-contrôle et conduite de démarche (métacognitif).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - reconnaissance de mot à l'initiative de l'élève Paramètre1 : mode d'action élève/système - identification- reconnaissance de mot à l'initiative du système (mot demandé) Paramètre2 : progression dans l'acquisition (initiative système) p1-faire identifier en contexte p2-faire reconnaître dans le même contexte p3-faire reconnaître dans un contexte différent p4-contrôler reconnaître en contexte 	<ul style="list-style-type: none"> -> cliquage sur la réponse juste et validation -> si erreur, on peut lui demander de cliquer sur la phrase qui dit la même chose dans le texte et elle lui est lue ?, ou il peut faire lire les phrases du texte. Il recommence . Si erreur encore , correction avec lecture de la phrase du texte (et video), elle est en couleur, puis lecture et video de la phrase proposition. - stratégie par repérage graphique partiel (majuscule à l'initiale)
C4...C8	<ul style="list-style-type: none"> - Mot - Statut - Stratégies - Intention pédagogique - Connaissances mis en jeu - Aides - Attributs des instruments de l'interface - Contexte - Scénario - Tâche 	<ul style="list-style-type: none"> - Aptitude à discriminer (processus de discrimination) - Aptitude à utiliser des capacités métacognitive - Résolution de problème, mise en oeuvre et utilisation simultanée de différentes stratégies d'apprentissage 	<ul style="list-style-type: none"> Paramètre3 : stratégies d'identification- reconnaissance mises en jeu (initiative système) St1-stratégie par comparaison visuelle (-> présence sur l'écran (hors texte) du mot demandé, le retrouver dans le texte) faire utiliser, analyse du mot en composants lettres 	<ul style="list-style-type: none"> -> demande de mot caractérisé par la présence d'une majuscule à l'initiale (hors début de phrase) : prénom, nom propre) - stratégie par repérage grapho-phonique partiel à l'initiale (-> demande de mots commençant par la

	- Organisation de l'écran			phonème-graphème) -stratégie par repérage syllabique à l'initiale (->demande de mots commençant par la même syllabe)
C9..C12	- Mot - Statut - Stratégies - Intention pédagogique - Connaissances mis en jeu - Aides - Attributs des instruments de l'interface - Contexte - Scénario - Tâche - Organisation de l'écran	Résolution de problème, mise en oeuvre et utilisation simultanée de différentes composantes du langage (prendre conscience, lettre constituant du mot). Auto-contrôle et conduite de démarche (métacognitif		

Illustration des exemples de l'activité 'Reconnaissances de mot en texte' et de l'activité lecture texte

Les unités d'objectif caractérisant l'activité de reconnaissance de mots choisie sont:

(mettre en présence, texte connu)

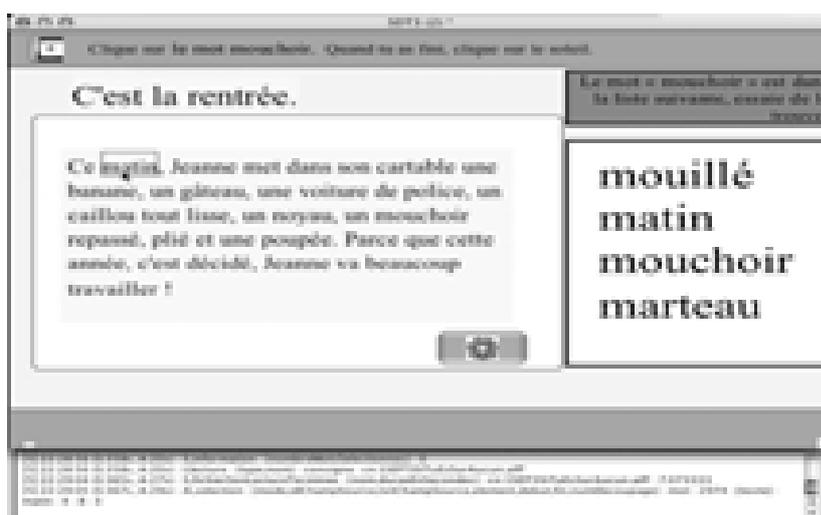
(mettre en présence, mot_dit_connu)

(mettre en présence, stratégie de localisation sémantico-spatiale)

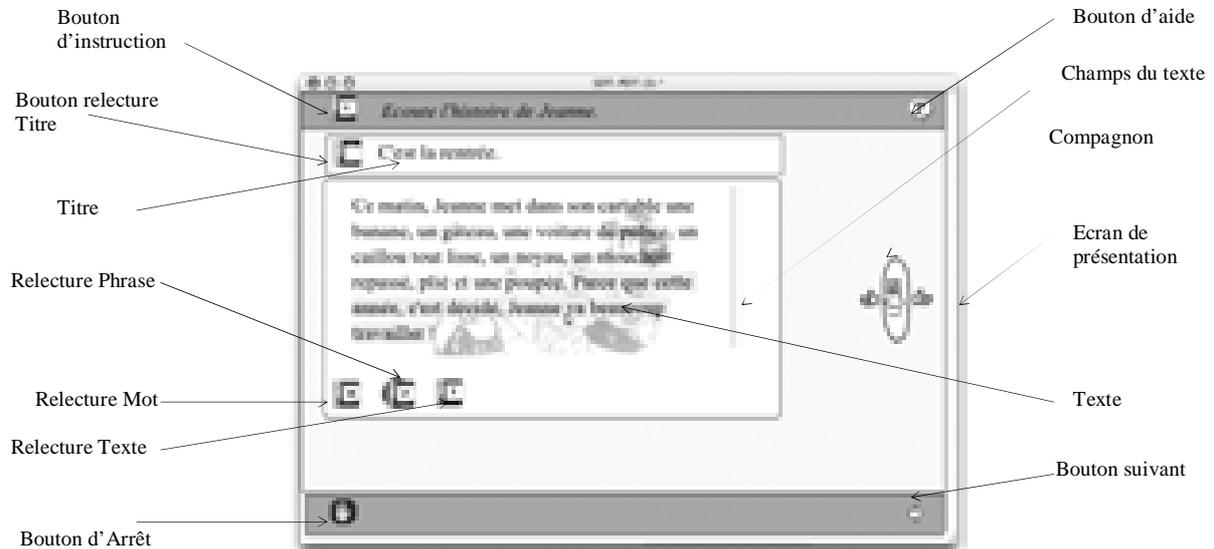
(inciter à utiliser, stratégie comparaison)

(mettre en présence, permanence mot objet écrit)

(renforcer mémorisation visuelle, mot écrit)



Exemple d'interface de l'activité de lecture texte



Modèle d'interface:

Instruments techniques d'interface

Instrument : Carte

Forme : [couleur taille...](Ecran activité, version présentation environnement)

Contenu – nul (propriétés de l'activité)

Fonction pédagogique : mettre l'élève dans une situation d'apprentissage

Scénario –nul (scénario prédictif de l'activité)

Effets attendus (Compte rendu)

Artefact: Bouton de validation

Forme: [couleur taille...]

Contenu –prédéfini

Fonction pédagogique : assurer l'interactivité de l'élève avec l'environnement

Scénario –nul (logique d'utilisation du bouton) ([connaissances contextuelles] <<:

l'utilisation après un certain temps sinon (Proposer Aide)) >>

Instrument : Champs Texte

Forme : [couleur taille...] (Intention pédagogique : X)// les intentions pédagogiques sont représentées selon les différentes méthodes spécifiées dans l'activité elle même

Contenu – (Texte)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles (Mot par mot , ...)

Scénario –nul (→ selon les intentions d'enseignement)

Effets attendus : selon les intentions pédagogiques (**ex** : progression sur l'association mot écrit –mot oral)

Instrument Relecture Texte

Forme : [couleur ,taille, Visibilité ...]

Contenu – (prédéfini)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles

Scénario –nul (connaissances contextuelles: moment et mode d'intervention pour rendre Visibilité=Vraie)

Instrument Relecture Phrase

Forme : [couleur ,taille, Visibilité ...]

Contenu – (prédéfini)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles

Scénario –nul (connaissances contextuelles: moment et mode d'intervention pour rendre Visibilité=Vraie)

Instrument Relecture Mot

Forme : [couleur ,taille, Visibilité ...]

Contenu – (prédéfini)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles

Scénario –nul (connaissances contextuelles: moment et mode d'intervention pour rendre Visibilité=Vraie)

Instrument Relecture Titre

Forme : [couleur ,taille, Visibilité ...]

Contenu – (prédéfini)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles

Scénario –nul (connaissances contextuelles: moment et mode d'intervention pour rendre Visibilité=Vraie)

Instrument Bouton d'aide

Forme : [couleur ,taille, Visibilité ...]

Contenu – (prédéfini)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles

Scénario –nul (connaissances contextuelles: moment et mode d'intervention pour rendre Visibilité= Vraie)

artefact Bouton Suivant

Forme : [couleur ,taille, Visibilité ...]

Contenu – (prédéfini)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles

Scénario –nul (connaissances contextuelles: moment et mode d'intervention pour rendre Visibilité=Vraie) surtout selon les profils d'apprenants

Instrument Compagnon

Forme : [couleur ,taille, Visibilité ...]

Contenu – (prédéfini)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles

Scénario –nul (connaissances contextuelles: moment et mode d'intervention pour rendre

Visibilité= Vraie, surtout selon les profils d'apprenant Visuel, auditif ...)

Artefact Bouton arrêt

Forme : [couleur ,taille, Visibilité ...]

Contenu – (prédéfini)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles

Scénario –nul (connaissances contextuelles: moment et mode d'intervention pour rendre

Visibilité=Vraie, surtout selon les profils d'apprenants impulsif, réflexif ...)

Instrument Consigne

Forme : fichier son

Contenu – (message)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles

Scénario –nul (connaissances contextuelles: moment et mode d'intervention pour relire, adapter le message, surtout selon les profils d'apprenants et son état de connaissance)

Instrument Aide auditive

Forme : fichier son

Contenu – (message)

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles

Scénario – [après première ici , dès le début ...] (connaissances contextuelles: moment et mode d'intervention pour relire, adapter le message, relié avec le bouton d'aide, surtout selon les profils d'apprenants (auditif, visuel...))

Instrument Aide Visuelle

Forme : visuelles

Contenu – élément de l'interface

Fonction pédagogique : selon les différents scénarios possibles

Scénario – [après première essai, dès le début ...]nul (connaissances contextuelles: moment et mode d'intervention pour relire, adapter le message, relié avec le bouton d'aide, surtout selon les profils d'apprenants (auditif, visuel...))

Modèle de l'aide

Nom	Instrument d'aide lecture à l'utilisation de l'interface	String
Sorte de	Outil pour le guidage (aide sur un objet conceptuel)	String
Localisation	Activité 'reconnaissance de mot'	String
Mode d'intervention	Visuelle, auditive ; (aide-objet-didactique : (mise-en-œuvre : lecture-fichier-son) (instance : valeur : consigne,)) Liens	String
Moment d'intervention	prédéfini	Complexe type
Nature de travail de l'enfant	Capacité métacognitive	Complexe type
Effets observés	Comportement observable	Complexe type
Fonction pédagogique	Guidage de l'apprenant	String
Contenu	Contenu du consigne	Complexe type
Forme	Couleur , visibilité, taille	Complexe type
Scénario	Connaissances contextuelles	Méthodes
Effets attendus	Bonne utilisation de l'interface	Complexe type

Nom	Instrument d'aide relecture de consigne	String
Sorte de	Outil pour le guidage (aide sur un objet didactique)	String
Localisation	Activité 'reconnaissance de mot'	String
Mode d'intervention	Visuelle, auditive ; (aide-objet-didactique : (mise-en-œuvre : lecture-fichier-son) (instance : valeur : consigne, question, réponse)) Liens	String
Moment d'intervention	Contextuel	Complexe type
Nature de travail de l'enfant	Capacité méta-cognitive	Complexe type
Effets observés	Comportement observable	Complexe type
Fonction pédagogique	Guidage de l'apprenant	String
Contenu	Contenu du consigne	Complexe type
Forme	Couleur , visibilité, taille	Complexe type
Scénario	Connaissances contextuelles	Méthodes
Effets attendus	Selon les intentions préalables de l'activité didactique	Complexe type
Commentaire	L'aide didactique peut concerner les connaissances à faire acquérir N'importe quelle connaissance à acquérir dans l'activité courante peut faire l'objet d'une aide spécifique Formalisation (aide-connaissance-à-acquérir : (mise-en-œuvre : lecture-fichier-son, vidéo-inverse, couleur, spécifique) (instance : valeur : spécifique))	

	Liens Compte-rendu Remarques <ul style="list-style-type: none"> - “ spécifique ” signifie qu’une activité peut spécifier un moyen de mise en œuvre particulier comme la barre verticale verte (correspondance écrit-oral) - la mise en œuvre peut être une combinaison des différentes valeurs proposées
--	--

Nom	Instrument d’aide relecture de consigne (imposée)	String
Sorte de	Outil pour le guidage (aide sur un objet didactique)	String
Localisation	Activité ‘reconnaissance de mot’	String
Mode d’intervention	Visuelle, auditive ; (aide-imposée (moment : valeur : début-activité, après-essai) (mise-en-œuvre : valeur : déclenchement automatique) Liens	String
Moment d’intervention	Contextuel	Complexe type
Nature de travail de l’enfant	Capacité méta-cognitive	Complexe type
Effets observés	Comportement observable	Complexe type
Fonction pédagogique	Guidage de l’apprenant	String
Contenu	Contenu du consigne	Complexe type
Forme	Couleur , visibilité, taille	Complexe type
Scénario	Connaissances contextuelles	Méthodes
Effets attendus	Selon les intentions préalables de l’activité didactique	Complexe type
Description	Description : toute chaîne orale ou écrite déterminée lors de l’individualisation de la séquence d’activités. Ce qui dans une certaine mesure correspond à l’aide imposée : rappel de la leçon en début d’activité, présentation des éléments de l’interface ... Formalisation (commentaire : (instance : valeur : chaîne orale et/ou écrite)) <u>Exemple de consignes et commentaires :</u> "Qu’as-tu retenu ?". "Réponds aux questions suivantes." "Voici la question et des réponses. » « Ecoute et clique sur la bonne réponse » "Clique sur ce bouton si tu veux faire relire la question » « Clique sur ce bouton si tu veux faire relire les réponses » "Tu n’a pas choisi de réponse" « Vérifions » « C’est la bonne réponse" "Ce n’est pas la bonne réponse"	

Nom	Instrument d’aide relecture de consigne (proposée)	String
Sorte de	Outil pour le guidage (aide sur un objet didactique)	String
Localisation	Activité ‘reconnaissance de mot’	String
Mode d’intervention	Visuelle, auditive ; (aide-proposée	String

	(appliquée-à : valeur : lecture-texte, lecture-phrase, lecture-mot, lecture-consigne, lecture-question, lecture-réponse) (moment : valeur : tous) (déclenchement : valeur : clique-sur-icone) Liens	
Moment d'intervention	Contextuel	Complexe type
Nature de travail de l'enfant	Capacité méta-cognitive	Complexe type
Effets observés	Comportement observable	Complexe type
Fonction pédagogique	Guidage de l'apprenant	String
Contenu	Contenu du consigne	Complexe type
Forme	Couleur , visibilité, taille	Complexe type
Scénario	Connaissances contextuelles	Méthodes
Effets attendus	Selon les intentions préalables de l'activité didactique	Complexe type
Commentaire	surbrillance-objet est la présentation d'un objet (titre, phrase, mot, ...) au moyen de la surbrillance Valeur possible : surbrillance peut être effectuée par Vidéo-Inverse	

Représentation d'un exemple d'une vue partielle sur le modèle de l'apprenant:

Les connaissances peuvent se représenter dans une structure du type :

<Vue partiel>

<profil>

<connaissance sur profil>

<connaissance sur capacités cognitives>

<connaissances sur capacités métacognitives>

<sous connaissances>

<connaissances sur compétences techniques>

<sous connaissances>

<connaissances sur préférences apprenant >

<sous connaissances>

<connaissances sur compétences conceptuelles>

<sous connaissances>

<Objet>

<instance>

<connaissance sur l'objet>

<type du savoir de l'apprenant>

<statut de l'hypothèse>

<contexte de l'hypothèse>

<sous connaissances>

Connaissances sur profil

Nom du champ	Définition	Liste de valeurs possibles (si significatif)
Information sur l'apprenant	Nom, prénom, sexe	
Profil	Type de l'apprenant selon son style d'apprentissage	Impulsif, réflexif, auditif, visuel, auditif et visuel.
Capacités cognitives	Les habilités cognitives de l'apprenant	La valeur appartient {Très Haut, Haut, moyen,

	degré de maîtrise d'une stratégie cognitive	bas, très bas }
Capacités métacognitives	Connaissance liée à l'utilisation des stratégies cognitives.	Capacité à décider d'utiliser l'aide, capacité à utiliser l'aide ... {Très haut ... très bas }
Préférences	Les préférences de l'apprenant dépendent de la façon de présenter les instruments (auditive, visuelle, contexte) et aussi le contenu lui-même <Objet, préférences, contexte >	Contexte {très familier, familier, moyen, peu familier, très peu familier} Préférences {visuelles, auditives...} <Objet :Compagnon, Type :Valeur>
Compétences techniques	Par exemple degré de maîtrise des interfaces	<SDT, Complexe_Interface, Degré de maîtrise> {très haut , haut , moyen , bas, très bas }
Erreurs commises	il s'agit de mettre les erreurs et leurs types et aussi la remédiation locale	<Erreur, Type, contexte, remédiation> les remédiations non locales se sont interprétées par les envois de recommandation de l'AGRE
Compétences conceptuelles	Champ non obligatoire (exemple: dans le cas d'une connaissance de type texte, si texte dans la logique du monde réel –conforme aux règles de la logique créée (monde magique, fonction,...)	<Connaissances pragmatique, implicite> Monde magique connu {selon les textes déjà présentés dans les sessions précédentes et les réponses }
Ses connaissances et leurs statuts	Voir état de savoir tableau I	Implicite Explicite

Connaissances à faire acquérir

Nom du champ	Définition	Liste de valeurs possibles (si significatif)
Objet	Objet de la langue sur lequel portent les connaissances	Lettre, Mot, Phrase, Texte, Phonème Graphème, syllabe graphique, mot-composé, groupe de mots, paragraphe, syllabe phonique.
Instance	Permet de distinguer les différentes instances.	Indéfinie (si la valeur n'est pas connue) Toute instance (si le statut de l'hypothèse est vrai quelle que soit la valeur) Une ou plusieurs valeurs sinon
Connaissance sur l'objet	Connaissance liée à l'objet dans la base de connaissances linguistiques sur laquelle l'enfant a un type de savoir.	Cf. base de connaissances linguistiques
Type de savoir de l'apprenant	Type de savoir de l'apprenant sur la connaissance liée à l'objet. Il s'agirait d'un triplet : <type de savoir : valeur :nature du savoir>	Savoir-faire : reconnaissance Connaissance : explicite Savoir-faire : construction ...
Type de savoir	.	Connaissance Savoir-faire
Valeur	Champ non obligatoire (dans le cas d'une connaissance)	Construction Reconnaissance ...
Nature du savoir		Implicite Explicite
Statut de l'hypothèse	Valeur de l'hypothèse à laquelle l'AGRE a abouti après l'analyse des comptes rendus.	Connu Existant
Contexte de l'hypothèse	Liste des contextes (situations didactiques) dans lesquels cette hypothèse a pu être déterminée.	Vide (pour la RES) Liste de contextes

Exemple d'un Objet Texte «**Quel bazar chez Zoé !**»¹

Dimanche, je les ai tous invités. L'ours est venu avec un oreiller, la girafe avec une serviette de bain, le pingouin avec des patins à glace, la princesse avec son prince charmant et le monstre vert avec ma poupée. Alors j'ai ciré :

¹ Dominique Falda (dans méthode Ribambelle)

« Nous allons faire le bazar ! » Et on s'est bien amusés.
Et puis j'ai dit : « Silence, nous allons regarder un film étrange et bizarre à la télévision. »
Alors on s'est tous assis sur le canapé, sagement, silencieusement...
Et on s'est tous endormis !

Vue Partielle sur les connaissances utilisées dans le modèle de l'apprenant

Etat de connaissance de l'apprenant :

Exemple de Connaissances sur les mots

mot : instance : Dimanche
mot-écrit : savoir-faire-reconnaissance
complexité phonologique : moyen
complexité orthographique : moyen
complexité de régularité : moyen
statut : dit-reconnu
contexte de l'hypothèse : SDT3 : session : 5, date

mot : instance : je
mot-écrit : savoir-faire-reconnaissance
complexité phonologique : très bas
complexité orthographique : très bas
complexité de régularité : très bas
statut : dit-reconnu
contexte de l'hypothèse : SDT3 : session : 5, date

mot : instance : tous
mot-écrit : savoir-faire-reconnaissance
complexité phonologique : bas
complexité orthographique : bas
complexité de régularité : bas
statut : dit-reconnu
contexte de l'hypothèse : SDT3 : session : 5, date

mot : instance : invités
mot-écrit : savoir-faire-reconnaissance
complexité phonologique : moyen
complexité orthographique : moyen
complexité de régularité : moyen
statut : dit-reconnu
contexte de l'hypothèse : SDT3 : session : 5, date

mot : instance : ours
mot-écrit : savoir-faire-reconnaissance
complexité phonologique : haut
complexité orthographique : haut
complexité de régularité : haut
statut : dit-reconnu
contexte de l'hypothèse : SDT3 : session : 5, date

Exemple de connaissances théoriques

TH-espace-écrit : relation spatiale (composant, linéaire, G-D/h-B) : implicite
Statut : acquis
Contexte de l'hypothèse : SDT3 : session : 5, date

Exemple de connaissances lettre

lettre : instance : m
nom-lettre : connaissance-explicite
statut : vérifié-connu
contexte-hypothèse : SDT4-SF2 : session : 3, date
essai : 1
validation : sélection : 1

lettre : instance : u
nom-lettre : connaissance-explicite
statut : vérifié-connu
contexte-hypothèse : SDT4-SF2 : session : 3, date
essai : 1
validation : sélection : 1

lettre : instance : p
nom-lettre : connaissance-explicite
statut : vérifié-connu
contexte-hypothèse : SDT4-SF2 : session : 5, date
essai : 1
validation : sélection : 1

lettre : instance : n
nom-lettre : connaissance-explicite
statut : vérifié-connu
contexte-hypothèse : SDT-SF2 : session : 5, date
essai : 2
validation : essai : 1/sélection: 1 //essai 2: sélection: 1

Exemple de connaissance syllabe

syllabe : instance : pou
nom-syllabe : connaissance-explicite
forme : CVV
statut : vérifié-connu
contexte-hypothèse : SDT5-SF2 : session : 5, date
essai : 1
validation : sélection : 1

syllabe : instance : pé
nom-syllabe : connaissance-explicite
forme CV
statut : vérifié-connu
contexte-hypothèse : SDT5-SF2 : session : 5, date
essai : 1
validation : sélection : 1

syllabe : instance : le

nom-syllabe: connaissance-explicite
forme :CV
statut : vérifié-connu
contexte-hypothèse : SDT5-SF2 : session : 5, date
essai : 1
validation : sélection : 1

syllabe : instance : zar
nom-syllabe : connaissance-explicite
forme: CVC
statut : vérifié-connu
contexte-hypothèse : SDT5-SF2 : session : 5, date
essai : 2
validation : essai : 1/sélection: 1 //essai 2: sélection: 1

Etat cognitif de l'apprenant :

Compétences méta cognitives : instance : capacité à utiliser l'aide
nom- Capacité méta cognitive : connaissance-explicite
statut : savoir utiliser
contexte-hypothèse : SDT3-SF2 : session :2, date
essai : 2
validation : essai : 1/sélection: 1 //essai 2: sélection: 1

Compétences cognitives : instance : Capacité à identifier les phonèmes dans les mots,
nom- Capacité cognitive : connaissance-explicite
statut : savoir utiliser
contexte-hypothèse : SDT3-SF2 : session :3, date
essai : 2
validation : essai : 1/sélection: 1 //essai 2: sélection: 1

Compétences cognitives : instance : Capacité à situer la position du phonème dans le mot
nom- Capacité cognitive : connaissance-explicite
statut : savoir utiliser
contexte-hypothèse : SDT3-SF2 : session :4, date
essai : 2
validation : essai : 1/sélection: 1 //essai 2: sélection: 1

Compétences cognitives : instance : Capacité à segmenter le mot en phonèmes
nom- Capacité cognitive : connaissance-explicite
statut : savoir utiliser
contexte-hypothèse : SDT4-SF2 : session :4, date
essai : 2
validation : essai : 1/sélection: 1 //essai 2: sélection: 1

Compétences cognitives : instance : –stratégie sémantico-spatiale
nom- Capacité cognitive : connaissance-explicite
nombre de fois utilisées
Niveau : haut
statut : savoir utiliser
contexte-hypothèse : SDT4-SF2 : session :2, date
essai : 2
validation : essai : 1/sélection: 1 //essai 2: sélection: 1

Compétences cognitives : instance : – stratégie comparaison
nom- Capacité cognitive : connaissance-implicite
statut : savoir utiliser
nombre de fois utilisées
Niveau : haut
contexte-hypothèse : SDT4-SF2 : session :2, date
essai : 2
validation : essai : 1/sélection: 1 //essai 2: sélection: 1

Compétences conceptuelles : instance : – Capacité de discrimination phonologie
nom- Capacité coceptuelle : connaissance-explicite
statut : savoir utiliser
contexte-hypothèse : SDT3-SF2 : session :2, date

Compétences conceptuelles : instance : – Niveau de consciences phonologique
nom- Capacité conceptuelle : connaissance-implicite
statut : savoir utiliser
Niveau : moyen
contexte-hypothèse : SDT3-SF2 : session :2, date
essai : 2
validation : essai : 1/sélection: 1 //essai 2: sélection: 1

Compétences conceptuelles : instance : – Capacité métalinguistique
nom- Capacité conceptuelle : connaissance-implicite
statut : savoir utiliser
contexte-hypothèse : SDT3-SF2 : session :2, date

Compétences techniques : instance : – capacité de se servir de l'interface
nom- Capacité technique : connaissance-explicite
statut : savoir utiliser
Niveau : Moyen
contexte-hypothèse : SDT3-SF2 : session :2, date
essai : 2
validation : essai : 1/sélection: 1 //essai 2: sélection: 1

Exemple d'un profil d'apprenants

Style d'apprentissage : instance : – **style visuel**
nom- connaissance style d'apprentissage : connaissances
statut de l'hypothèse : en cours
préférence : haut

Style d'apprentissage : instance : – **style auditif**
nom- connaissance style d'apprentissage : connaissances
statut de l'hypothèse : en cours
préférences : bas

Style d'apprentissage : instance : – **style impulsif**
nom- connaissance style d'apprentissage : connaissances
statut de l'hypothèse : en cours
préférences: haut

Style d'apprentissage : instance : – **style réflexif**
nom- connaissance style d'apprentissage : connaissances
statut de l'hypothèse : en cours
préférences: haut

Préférences compagnon : instances :- animal
contexte-hypothèse : SDT3-SF2 : session :2, date

Préférences thèmes : instance : – préférences thème

Valeur : liste de thèmes

Exemple de connaissances sur les comportements

Erreur commise : instance : – substitution de traits phonologiques

nom- Capacité cognitive : connaissance-explicite

nombre de fois :

contexte-hypothèse : SDT3-SF2 : session :2, date

essai : 2

validation : essai : 1/sélection: 1 //essai 2: sélection: 1

Erreur commise: instance : – erreur de type visuel

nom- Capacité cognitive : connaissance-explicite

nombre de fois :

contexte-hypothèse : SDT3-SF2 : session :2, date

essai : 2

validation : essai : 1/sélection: 3 //essai 2: sélection: 1

Outils informatiques mis en œuvre pour l'implémentation d'un prototype d'individualisation d'une session didactique AMICAL

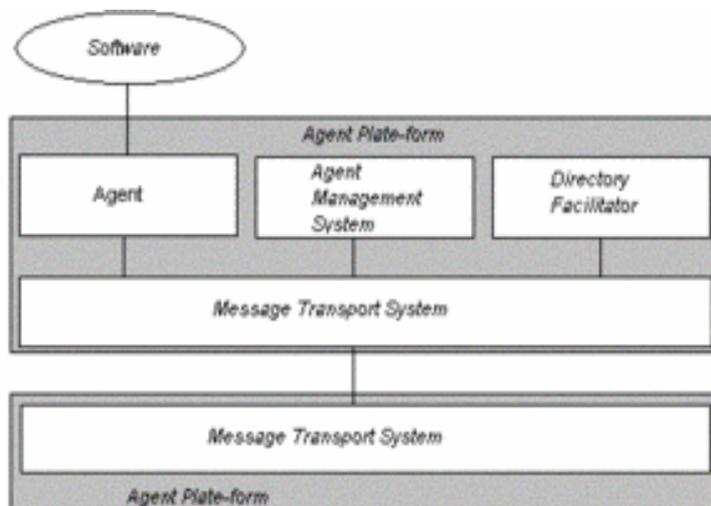
La plateforme Jade¹:

JADE est une plate-forme créée par le laboratoire TILAB², elle permet de construire des systèmes multi agent (SMA). Jade se représente comme un ensemble d'outils nécessaires à la construction et à la mise en service d'agents au sein d'un environnement spécifique. La plate-forme JADE est entièrement implémentée en JAVA, et répond aux spécifications FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents). FIPA est une organisation dont l'objectif est de produire des standards pour l'interopération d'agents logiciels hétérogènes. Ainsi la plate-forme JADE fournit un grand nombre de classes qui implémentent le comportement des agents qu'elle crée. Elle possède trois modules principaux (nécessaire aux normes FIPA).

- DF « Director Facilitator »;
- ACC «Agent Communication Channel »;
- AMS « Agent Management System ».

Ces trois modules sont lancés automatiquement à chaque démarrage de la plate-forme.

La plate-forme Jade possède une architecture très précise permettant la construction d'agents dit « normalisés ». Elle se décompose en plusieurs classes dont voici la structure.



¹ <http://www.fipa.org/specs/fipa00001/>

<http://www.fipa.org/specs/fipa00023/>

<http://www.fipa.org/specs/fipa00037/>

<http://www.fipa.org/specs/fipa00008/>

<http://www.fipa.org/specs/fipa00067/>

<http://www.telecomitalialab.com/>

² <http://jade.tilab.com/>

La plate-forme multi agent peut être distribuée sur une ou plusieurs machines, ce qui permet une très grande portabilité des agents.

FIPA (Fondation for Intelligent Physical Agents)

FIPA est une association internationale sans but lucratif, travaillant pour produire des spécifications pour des technologies d'agent générique.

Le premier document de la FIPA, et le **FIPA97**, établissent les règles normatives qui permettent à une société d'agents d'inter opérer. Les documents FIPA décrivent le modèle de référence d'une plate-forme multi-agents où ils identifient les rôles de quelques agents clés nécessaires pour la gestion de la plateforme, et spécifient le contenu du langage de gestion des agents et l'ontologie du langage. Trois rôles (agent) principaux sont identifiés dans une plate-forme d'agent :

1. Le Système de gestion d'Agent (AMS- Agent Management System)

Agent qui exerce le contrôle de supervision sur l'accès et l'usage de la plateforme ; il est responsable de l'authentification des agents résidents et du contrôle des enregistrements.

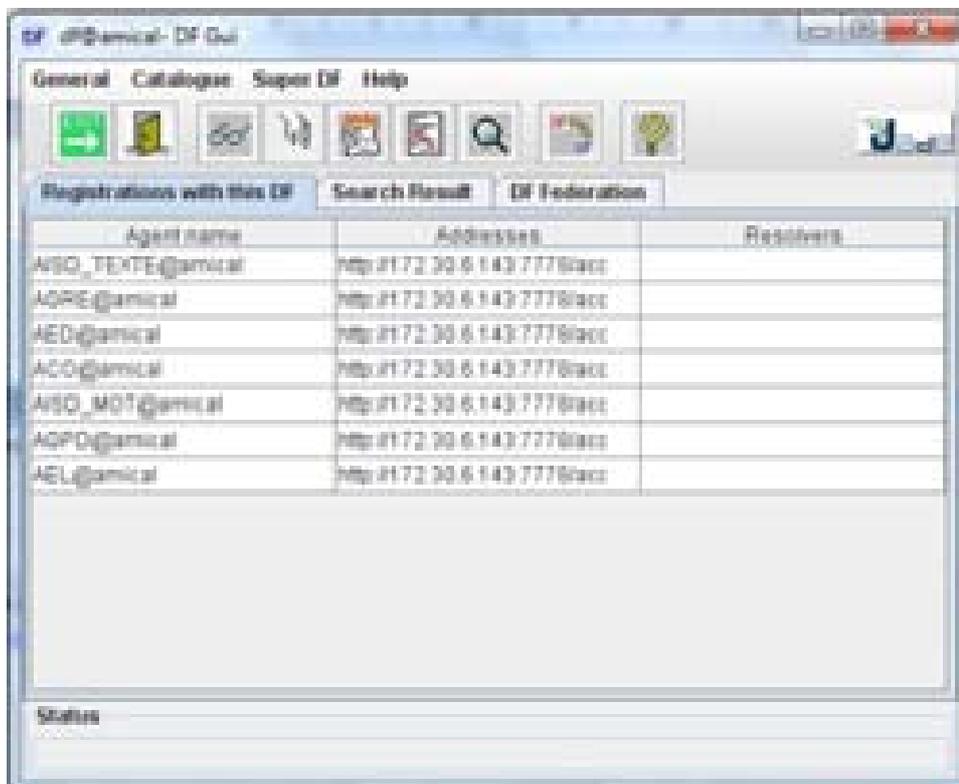
2. Le Canal De communication (ACC- Agent Communication Canal)

Agent qui fournit le chemin pour les interactions de base entre les agents dans et en hors de la plateforme ; c'est la méthode de communication implicite qui offre un service fiable et précis pour le routage des messages ; il (l'agent) doit aussi être compatible avec le protocole IIOP () pour assurer l'interopérabilité entre les différentes plateformes.

3. Le facilitateur d'Annuaire (DF- Directory Facilitator)

Agent qui fournit un service de pages jaunes à la plateforme.

FIPA spécifie aussi le **Langage de Communication d'agents (ACL- Agent Communication Language)**. La communication entre agents ne se fait que par envoi de messages seulement.



Le facilitateur d'Annuaire (DF)

FIPA ACL est le langage standard des messages et impose le codage, la sémantique et la pragmatique des messages. La norme n'impose pas de mécanisme spécifique pour le transport interne de messages. Puisque les agents pourraient, plutôt s'exécuter sur des plateformes différentes et utilisent des technologies différentes 'interconnexion, FIPA spécifie que les messages transportés entre les différentes plateformes devraient être codés sous forme textuelle.

L'architecture de la plate-forme ³

Le but de JADE est de simplifier le développement des systèmes multi-agents en conformité avec la norme FIPA pour réaliser des systèmes multi-agents inter opérables. Pour atteindre ce but, JADE offre les caractéristiques suivantes :

- *La plate-forme multi-agents compatible FIPA, qui inclut le AMS, DF, ACC – voir ci dessus. Ces trois agents sont automatiquement créés et activés à l'activation de la plate-forme.*
- *La plate-forme d'agents distribuée. La plate-forme d'agents peut être distribuée sur plusieurs machines, à condition qu'il n'y ait pas de pare-feu entre ces machines. Un agent peut exécuter des tâches parallèles et JADE planifie ces tâches d'une manière plus efficace (et même plus simple pour le programmeur) que la planification faite par la Machine Virtuelle Java pour les threads d'exécution.*
- *Un certain nombre de DF (Facilitateurs d'Annuaire) compatibles FIPA peuvent être activés quand on lance la plate-forme pour exécuter les applications multi-domaines, ou le domaine est logique comme décrit dans FIPA97 Part1.*
- *Une interface de programmation pour simplifier l'enregistrement de services d'agents avec un ou plusieurs domaines (exemple : DF).*
- *Un mécanisme de transport et une interface pour l'envoi et la réception des messages de et vers les autres agents.*
- *Le protocole IOP compatible avec le document FIPA97 pour connecter les différentes plates-formes multi-agents.*
- *Le transport léger de messages ACL sur la même plate-forme d'agents. Dans le but de simplifier la transmission, les messages internes (sur la même plate-forme) sont transférés et codés comme des objets Java et non comme des chaînes de caractères. Quand l'expéditeur ou le récepteur n'appartient pas à la même plate-forme, le message est automatiquement converti en chaîne de caractères spécifiés par la FIPA. De cette façon, la conversion est cachée au programmeur d'agents, qui a seulement besoin de traiter la classe d'objets Java.*
- *Une bibliothèque de protocoles d'interaction compatibles FIPA.*
- *L'enregistrement automatique d'agents dans le Système de Gestion d'Agents (AMS).*
- *Un service d'attribution de noms compatible FIPA ; quand on lance la plate-forme, un agent obtient un identificateur unique (Globally Unique Identifier - GUID).*
- *Une interface graphique utilisateur pour gérer plusieurs agents et plates-formes multi-agents en partant d'un agent unique. L'activité de chaque plate-forme peut être supervisée et enregistrée.*

³ **Rapport en ligne sur JADE** (Développement et Implémentation de systèmes Multi-Agents) de

l'université de Paris Sud

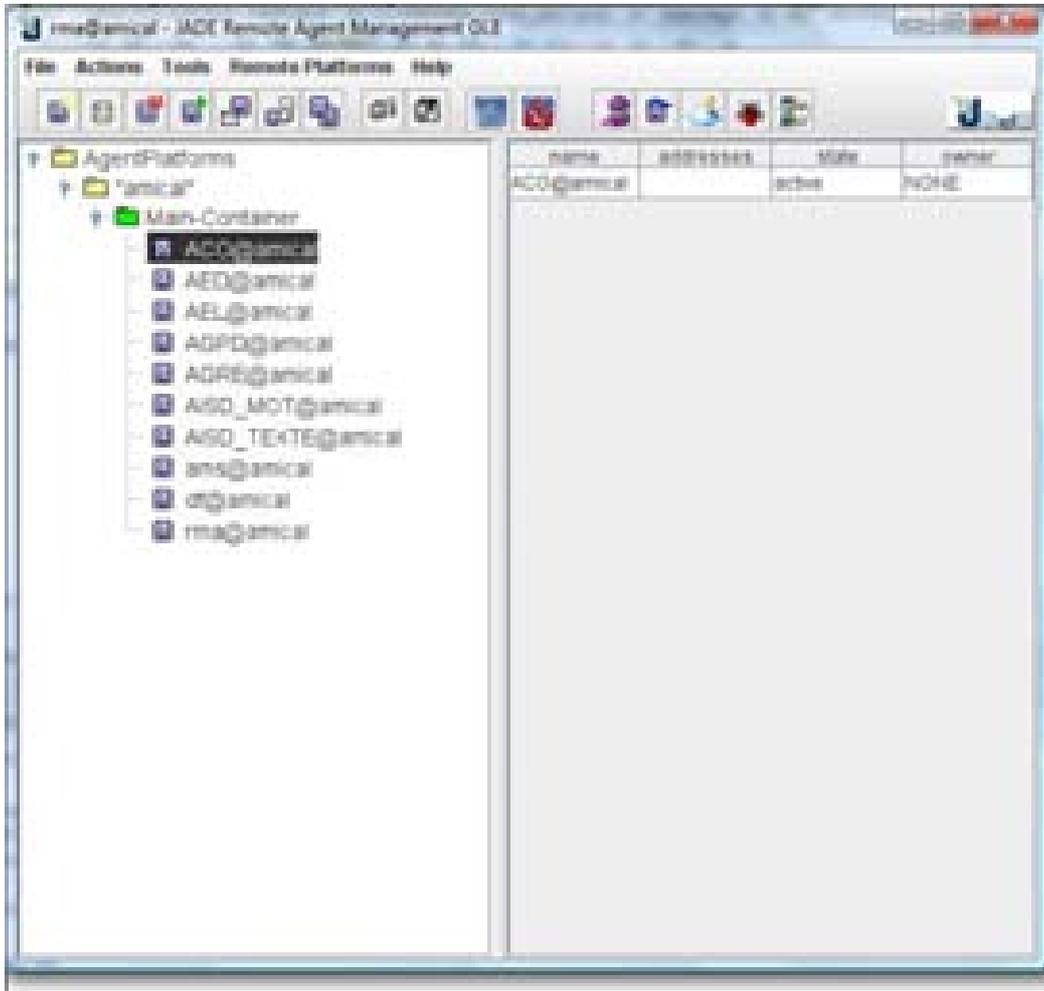
http://www.limsi.fr/~jps/enseignement/examsma/2005/1.plateformes_1/plateformes.htm

2.2 Performatifs de communication :

performative	passing info	requesting info	negotiation	performing actions	error handling
accept-proposal			x		
agree				x	
cancel		x		x	
cfp			x		
confirm	x				
disconfirm	x				
failure					x
inform	x				
inform-if	x				
inform-ref	x				
not-understood					x
propose			x		
query-if		x			
query-ref		x			
refuse				x	
reject-proposal			x		
request				x	
request-when				x	
request-whenever				x	
subscribe		x			

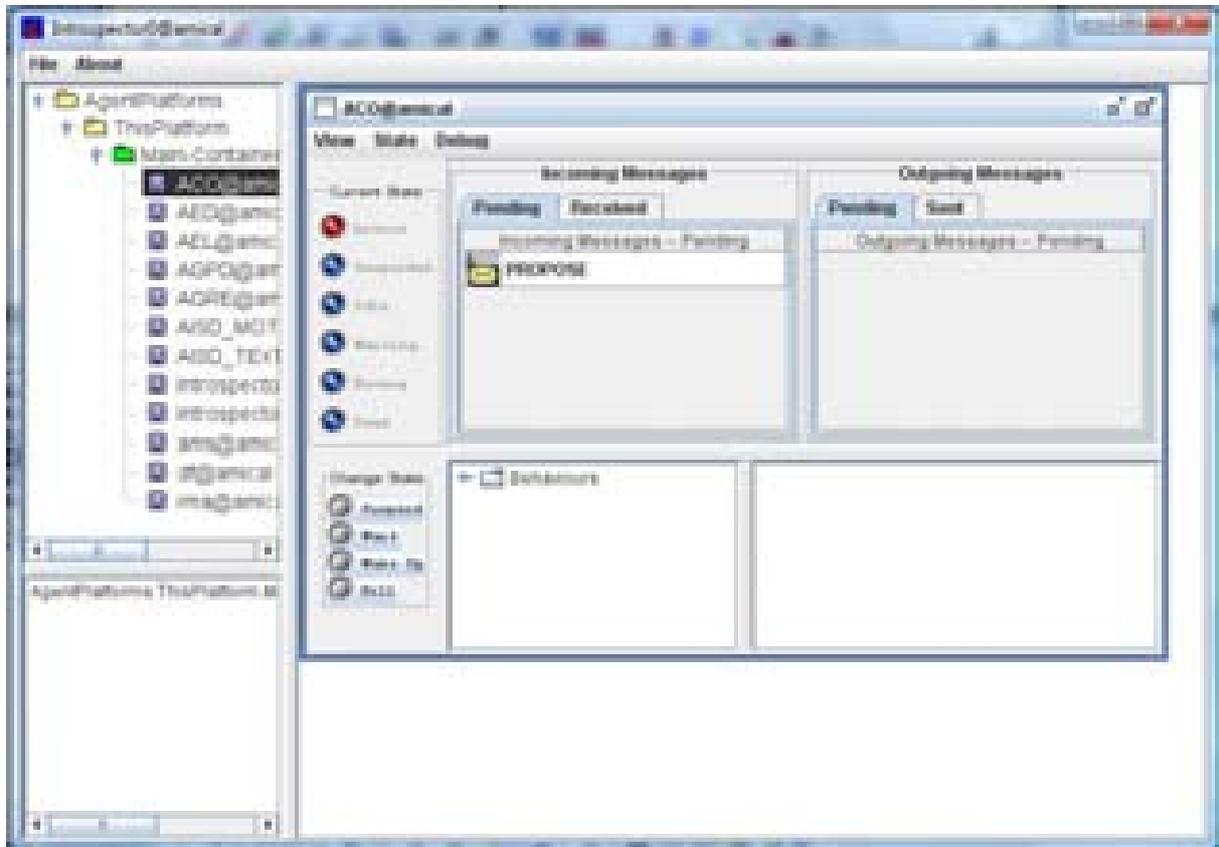
L'interface graphique

L'interface de Jade a été implémentée comme un agent, appelé **RMA** (Remote Monitoring Agent). Toute la communication entre les agents et l'interface (GUI) et toutes les communications entre cette interface et l'**AMS** sont faites par **ACL** via une extension **ad hoc** de l'ontologie des agents de gestion FIPA.

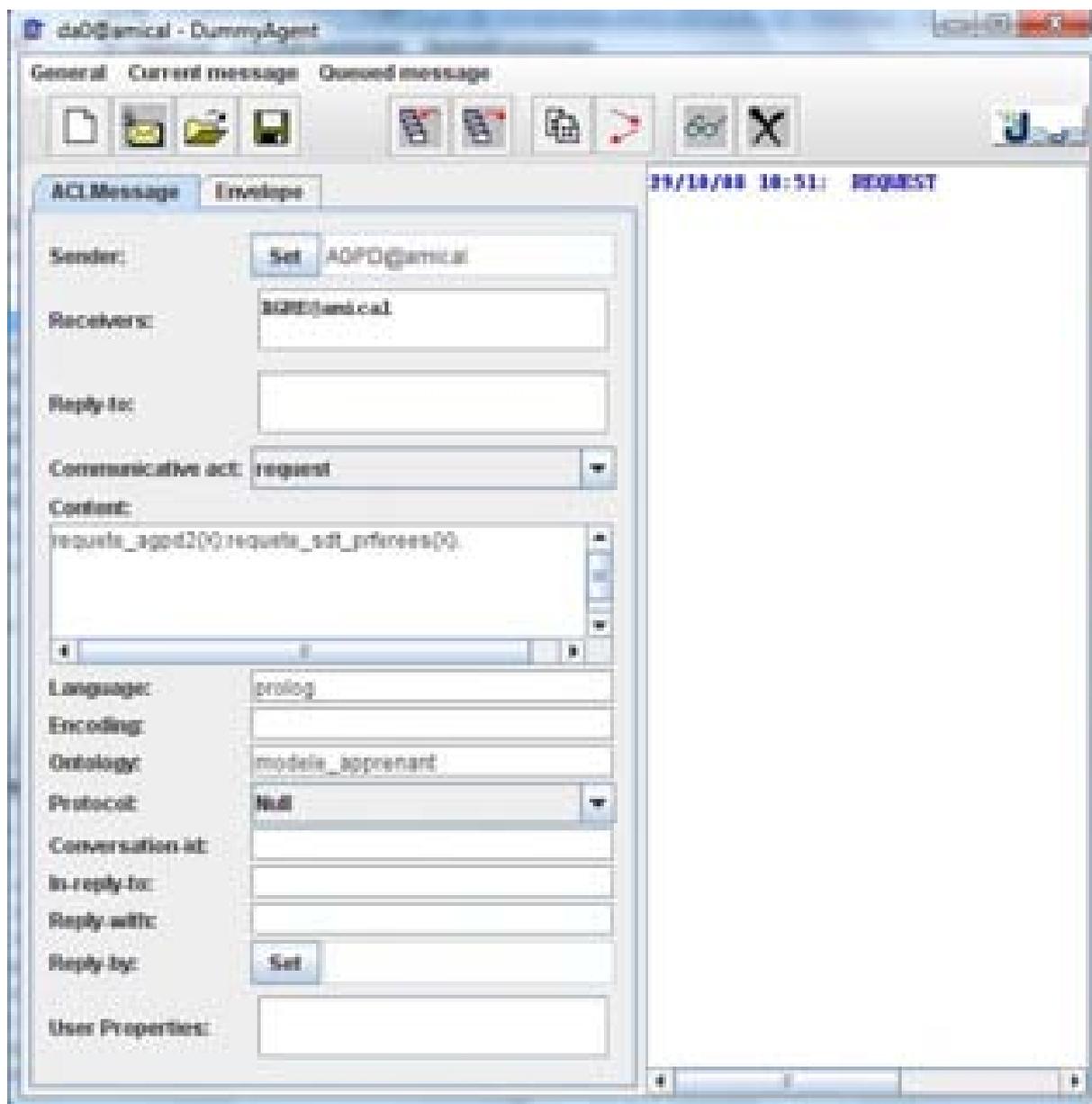


Outils graphiques de Jade :

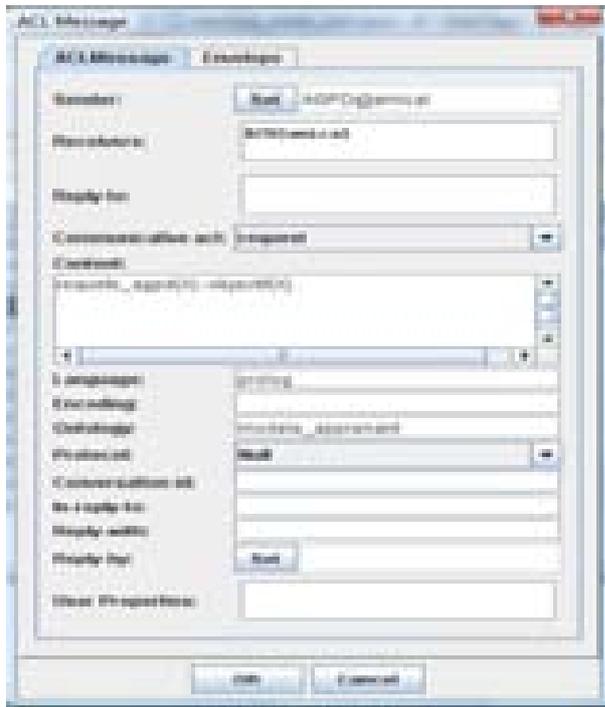
L'agent Introspector : Il permet de visualiser les messages échangés entre les agents.



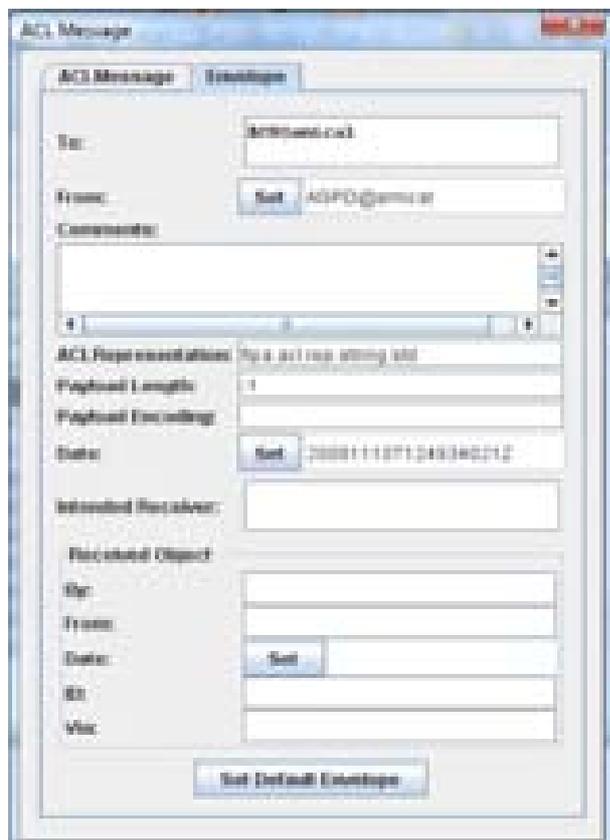
Dummy est un outil permettant d'inspecter les échanges de messages entre agents, et donne une interface graphique pour l'édition, l'écriture et l'envoi des messages ACL vers les agents , et de recevoir et lire les messages des autres agents, et éventuellement sauvegarder ces messages.



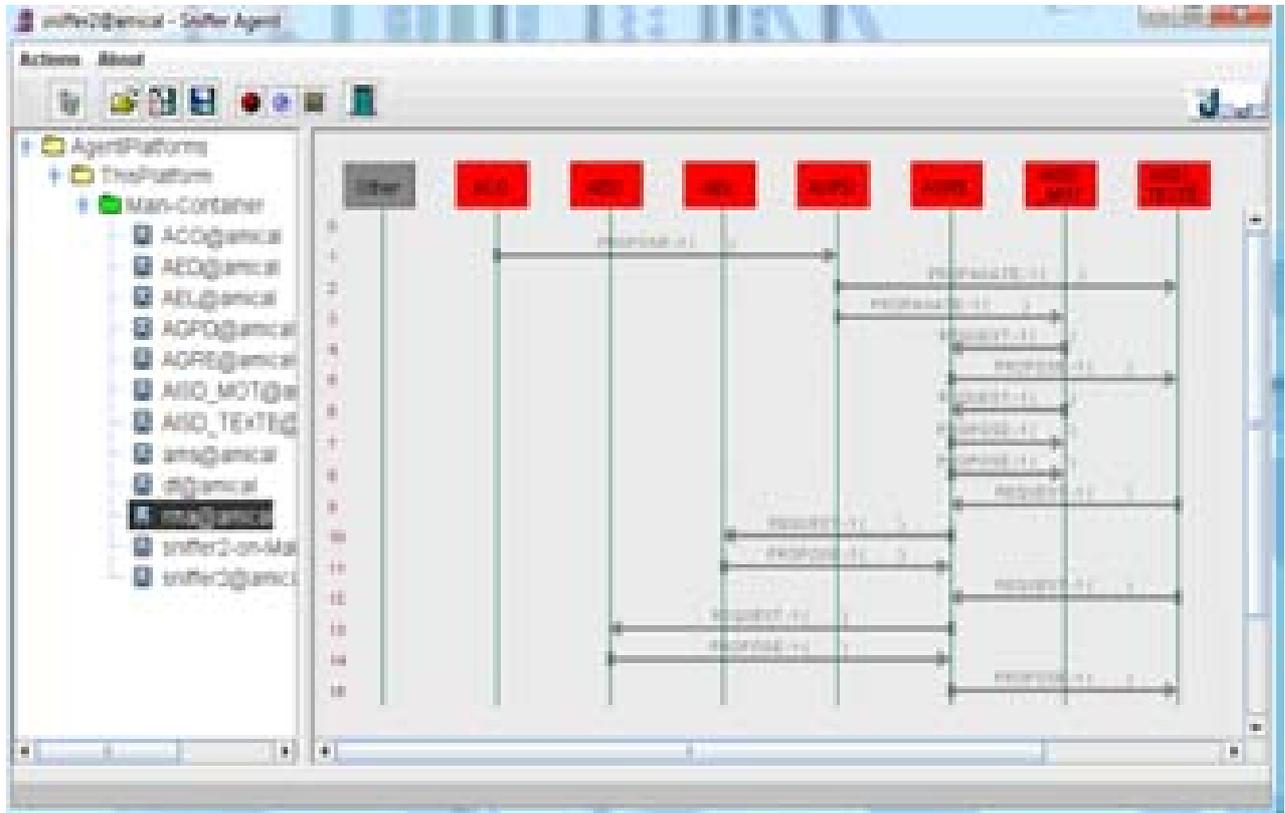
Une interface utilisateur pour les messages ACL est offerte, elle permet de visualier le message et même d'envoyer un message à un agent de plateforme à partir de l'interface des agents: RMA et INSPECTOR



ACL_Envelope



Sniffer chasse l'échange de messages et donne une interface graphique pour afficher les échanges de messages entre les différents groupes d'agents en utilisant une notation proche d'UML.



Mise en œuvre

-Nous avons implémenté notre prototype à l'aide de NetBeans 6.1 et SwiProlog. La communication Java-Prolog est établie à l'aide des sockets en mode TCP-IP, nous avons associé à chaque agent une classe `ConnectionAgent` qui lui permet de récupérer les données à partir de son module de raisonnement. Pour faciliter la tâche de communication les connexions prolog-java sont programmées avec des threads qui utilisent un port pour chaque module de raisonnement de l'agent.

-JADE utilise un modèle de programmation concurrente ***un thread par agent*** au lieu d'un modèle ***un thread par comportement*** pour éviter une augmentation du nombre de threads d'exécution exigés sur la plate-forme d'agents

- La classe *Agent* représente une super-classe commune pour tous les agents définis par l'utilisateur. Du point de vue de programmeur un agent **JADE** est simplement une classe Java qui étend la classe de base *Agent*.

- Il y a deux méthodes qui sont héritées pour gérer la file de comportements d'agents : *addBehaviour(Behaviour)* et *removeBehaviour(Behaviour)*. JADE inclut aussi quelques comportements prêts à être utilisés pour les tâches les plus communes dans la programmation des agents, telles que l'envoi et la réception des messages et la décomposition des tâches complexes en des agrégations de tâches plus simples

- Grace à la capacité d'introspection dont l'agent d'individualisation est doté, un seul agent peut représenter toute une classe de SDTs. L'agent est donc capable de recevoir ses attributs (l'ensemble d'intentions d'enseignement) pour les analyser et déclencher une de ses actions.

Exemple d'un module de communication AGRE :

%% prédicats dynamiques

```
- dynamic req/8.
```

```
:- dynamic apprenant/1.
```

```
%% mettre les éléments d'un fichier dans une liste
```

```
file_to_list(FILE,LIST) :-
```

```
    see(FILE),  
    inquire([],R),  
    reverse(R,LIST),  
    seen.
```

```
inquire(IN,OUT):-
```

```
    read(Data),  
    (Data == end_of_file ->  
        OUT = IN  
        ;  
        inquire([Data|IN],OUT) ) .
```

```
v([X|T]):-assert(X),v(T).
```

```
v([]):-!.
```

```
v1(F,L):-file_to_list(F,L),v(L).
```

```
rest([X|L],L).
```

```
% Vérifier si l'apprenant = 1 ou 2 pour parcourir les faits prolog associés à chaque apprenant
```

```
%% v_objet(M) retourne la liste de tous les objets de Type M dans une liste
```

```
v_mot(M):- apprenant(Apprenant),  
Apprenant==1,! ,v1('apprenant1/Mot.pl',L),rest(L,M);  
apprenant(Apprenant), Apprenant==2,! ,v1('apprenant2/Mot.pl',L),rest(L,M).
```

```
v_lettre(M):- apprenant(Apprenant),  
Apprenant==1,! ,v1('apprenant1/Lettre.pl',L),rest(L,M);  
apprenant(Apprenant),  
Apprenant==2,! ,v1('apprenant2/Lettre.pl',L),rest(L,M).
```

```
v_syllabe(M):-apprenant(Apprenant),  
Apprenant==1,! ,v1('apprenant1/Syllabe.pl',L),rest(L,M);  
apprenant(Apprenant),  
Apprenant==2,! ,v1('apprenant2/Syllabe.pl',L),rest(L,M).
```

```
v_texte(M):-apprenant(Apprenant),  
Apprenant==1,! ,v1('apprenant1/Texte.pl',L),rest(L,M);  
apprenant(Apprenant),  
Apprenant==2,! ,v1('apprenant2/Texte.pl',L),rest(L,M).
```

```
v_phrase(M):-apprenant(Apprenant),  
Apprenant==1,! ,v1('apprenant1/Phrase.pl',L),rest(L,M);  
apprenant(Apprenant),  
Apprenant==2,! ,v1('apprenant2/Phrase.pl',L),rest(L,M).
```

```
%% Préférences de l'apprenant
```

```
v_preferences(M):-apprenant(Apprenant),  
Apprenant==1,! ,v1('apprenant1/Preferences.pl',L),rest(L,M);  
apprenant(Apprenant),  
Apprenant==2,! ,v1('apprenant2/Preferences.pl',L),rest(L,M).
```

```
%% Informations sur l'apprenant
```

```
v_info(M):-apprenant(Apprenant),  
Apprenant==1,! ,v1('apprenant1/info_apprenant.pl',L),rest(L,M);  
apprenant(Apprenant),  
Apprenant==2,! ,v1('apprenant2/info_apprenant.pl',L),rest(L,M).
```

```
%% Style d'apprentissage
```

```
v_style(M):-apprenant(Apprenant),  
Apprenant==1,! ,v1('apprenant1/Style.pl',L),rest(L,M);  
apprenant(Apprenant),  
Apprenant==2,! ,v1('apprenant2/Style.pl',L),rest(L,M).
```

```
%% Compétences Techniques
```

```
v_compettech(M):-apprenant(Apprenant),  
Apprenant==1,! ,v1('apprenant1/Competences_techniques.pl',L),rest(L,M);  
apprenant(Apprenant),  
Apprenant==2,! ,v1('apprenant2/Competences_techniques.pl',L),rest(L,M).
```

```
%% Compétences cognitives
```

```
v_competcogn(M):-apprenant(Apprenant),
```

```

Apprenant==1,! ,v1('apprenant1/Competences_cognitives.pl',L),rest(L,M);
apprenant(Apprenant),
Apprenant==2,! ,v1('apprenant2/Competences_cognitives.pl',L),rest(L,M).

```

% Compétences méta-cognitives

```

v_competmeta(M):-apprenant(Apprenant),
Apprenant==1,! ,v1('apprenant1/Competences_metacognitives.pl',L),rest(L,M);
apprenant(Apprenant),
Apprenant==2,! ,v1('apprenant2/Competences_metacognitives.pl',L),rest(L,M).

```

%% Compétences conceptuelles

```

v_competconc(M):-apprenant(Apprenant),
Apprenant==1,! ,v1('apprenant1/Competences_conceptuelles.pl',L),rest(L,M);
apprenant(Apprenant),
Apprenant==2,! ,v1('apprenant2/Competences_conceptuelles.pl',L),rest(L,M).

```

```

insertion_predicat_mot:-v_mot([X|L]),assert(X),insertion_predicat_mot1(L).
insertion_predicat_mot1([X|L]):-assert(X),insertion_predicat_mot1(L).
insertion_predicat_mot1([]).

```

```

insertion_predicat_lettre:-
v_lettre([X|L]),assert(X),insertion_predicat_lettrel(L).
insertion_predicat_lettrel([X|L]):-assert(X),insertion_predicat_lettrel(L).
insertion_predicat_lettrel([]).

```

```

insertion_predicat_phrase:-
v_phrase([X|L]),assert(X),insertion_predicat_phrasel(L).
insertion_predicat_phrasel([X|L]):-assert(X),insertion_predicat_phrasel(L).
insertion_predicat_phrasel([]).

```

```

insertion_predicat_texte:-
v_texte([X|L]),assert(X),insertion_predicat_textel(L).
insertion_predicat_textel([X|L]):-assert(X),insertion_predicat_textel(L).
insertion_predicat_textel([]).

```

```

insertion_predicat_preferences:-
v_preferences([X|L]),assert(X),insertion_predicat_preferences1(L).
insertion_predicat_preferences1([X|L]):-
assert(X),insertion_predicat_preferences1(L).
insertion_predicat_preferences1([]).

```

```

insertion_predicat_info:-
v_info([X|L]),assert(X),insertion_predicat_infol(L).
insertion_predicat_infol([X|L]):-assert(X),insertion_predicat_infol(L).
insertion_predicat_infol([]).

```

```

insertion_predicat_style:-
v_style([X|L]),assert(X),insertion_predicat_style1(L).
insertion_predicat_style1([X|L]):-assert(X),insertion_predicat_style1(L).
insertion_predicat_style1([]).

```

```

insertion_predicat_compettech:-
v_compettech([X|L]),assert(X),insertion_predicat_compettech1(L).
insertion_predicat_compettech1([X|L]):-
assert(X),insertion_predicat_compettech1(L).
insertion_predicat_compettech1([]).

```

```

insertion_predicat_competcogn:-
v_competcogn([X|L]),assert(X),insertion_predicat_competcogn1(L).
insertion_predicat_competcogn1([X|L]):-
assert(X),insertion_predicat_competcogn1(L).
insertion_predicat_competcogn1([]).

insertion_predicat_competmeta:-
v_competmeta([X|L]),assert(X),insertion_predicat_competmetal(L).
insertion_predicat_competmetal([X|L]):-
assert(X),insertion_predicat_competmetal(L).
insertion_predicat_competmetal([]).

insertion_predicat_competconc:-
v_competconc([X|L]),assert(X),insertion_predicat_competconcl(L).
insertion_predicat_competconcl([X|L]):-
assert(X),insertion_predicat_competconcl(L).
insertion_predicat_competconcl([]).

insertion_predicat_syllabe:-
v_syllabe([X|L]),assert(X),insertion_predicat_syllabel(L).
insertion_predicat_syllabel([X|L]):-
assert(X),insertion_predicat_syllabel(L).
insertion_predicat_syllabel([]).

verifier(X,Y):- assert(reponse(vide)),assert(apprenant(Y)),
X==mot,! ,assert(reponse(mot,Y));
X==lettre,! ,assert(reponse(lettre,Y));
X==syllabe,! ,assert(reponse(syllabe,Y));
X==style,! ,assert(reponse(style,Y));
X==texte,! ,assert(reponse(texte,Y));
X==phrase,! ,assert(reponse(phrase,Y));
X==info,! ,assert(reponse(info,Y));
X==preferences,! ,assert(reponse(preferences,Y));
X==compettech,! ,assert(reponse(compettech,Y));
X==competconc,! ,assert(reponse(competconc,Y));
X==competmeta,! ,assert(reponse(competmeta,Y));
X==competcogn,! ,assert(reponse(competcogn,Y));

%% Inserton des objets dans le cas de la réception de req/8
insertion_predicat_mot,
insertion_predicat_lettre,
insertion_predicat_texte,
insertion_predicat_syllabe,
insertion_predicat_info,
insertion_predicat_style,
insertion_predicat_competconc,
insertion_predicat_competcogn,
insertion_predicat_compettech,
insertion_predicat_competmeta,
assert(X).

connect(Port) :-
tcp_socket(Socket),
gethostname(Host),
tcp_connect(Socket,Host:Port),
tcp_open_socket(Socket,INs,OUTs),
assert(connectedReadStream(INs)),
assert(connectedWriteStream(OUTs)).

```

```

:- connect(54324).

reponse_requete :-
    connectedReadStream(IStream),
read(IStream,(X,Y)),
    verifier(X,Y),
reponse(mot,Y),!,
connectedWriteStream(ostream),
v_mot(L),
    write(ostream, L),
    nl(ostream), flush_output(ostream),
retract(reponse(mot,Y)),
retract(apprenant(Y)),
reponse_requete;

reponse(lettre,Y),!,
connectedWriteStream(ostream),
v_lettre(L),
    write(ostream, L),
    nl(ostream), flush_output(ostream),
retract(reponse(lettre,Y)),
retract(apprenant(Y)),
reponse_requete;

reponse(syllabe,Y),!,
connectedWriteStream(ostream),
v_syllabe(L),
    write(ostream, L),
    nl(ostream), flush_output(ostream),
retract(reponse(syllabe,Y)),
retract(apprenant(Y)),
reponse_requete;

reponse(style,Y),!,
connectedWriteStream(ostream),
v_style(L),
    write(ostream, L),
    nl(ostream), flush_output(ostream),
retract(reponse(style,Y)),
retract(apprenant(Y)),
reponse_requete;

reponse(texte,Y),!,
connectedWriteStream(ostream),
v_texte(L),
    write(ostream, L),
    nl(ostream), flush_output(ostream),
retract(reponse(texte,Y)),
retract(apprenant(Y)),
reponse_requete;

reponse(phrase,Y),!,
connectedWriteStream(ostream),
v_phrase(L),
    write(ostream, L),
    nl(ostream), flush_output(ostream),
retract(reponse(phrase,Y)),
retract(apprenant(Y)),
reponse_requete;

```

```

reponse(info,Y),!,
connectedWriteStream(OStream),
v_info(L),
    write(OStream, L),
    nl(OStream), flush_output(OStream),
retract(reponse(info,Y)),
retract(apprenant(Y)),
reponse_requete;

```

```

reponse(preferences,Y),!,
connectedWriteStream(OStream),
v_preferences(L),
    write(OStream, L),
    nl(OStream), flush_output(OStream),
retract(reponse(preferences,Y)),
retract(apprenant(Y)),
reponse_requete;

```

```

reponse(compettech,Y),!,
connectedWriteStream(OStream),
v_compettech(L),
    write(OStream, L),
    nl(OStream), flush_output(OStream),
retract(reponse(compettech,Y)),
retract(apprenant(Y)),
reponse_requete;

```

```

reponse(competconc,Y),!,
connectedWriteStream(OStream),
v_competconc(L),
    write(OStream, L),
    nl(OStream), flush_output(OStream),
retract(reponse(competconc,Y)),
retract(apprenant(Y)),
reponse_requete;

```

```

reponse(competcogn,Y),!,
connectedWriteStream(OStream),
v_competcogn(L),
    write(OStream, L),
    nl(OStream), flush_output(OStream),
retract(reponse(competcogn,Y)),
retract(apprenant(Y)),
reponse_requete;

```

```

reponse(competmeta,Y),!,
connectedWriteStream(OStream),
v_competmeta(L),
    write(OStream, L),
    nl(OStream), flush_output(OStream),
retract(reponse(competmeta,Y)),
retract(apprenant(Y)),
reponse_requete;

```

%%% Traitement de toutes les requêtes

```

connectedWriteStream(OStream),

```

```
%% Exécution de la requête sinon (c'est à dire le
prédicat req/8 n'existe' pas) retourner message
d'erreur
```

```
req(Rep1,Rep2,Rep3,Rep4,Rep11,Rep12,Rep13,Rep14),!,
    write(OStream,
    (Rep1,Rep2,Rep3,Rep4,Rep11,Rep12,Rep13,Rep14)),
    nl(OStream), flush_output(OStream),
```

```
retract(req(_,_,_,_,_,_,_,_):-_),
```

```
retract(apprenant(Y)),
reponse_requete;
```

```
connectedWriteStream(OStream),
write(OStream, 'Erreur entrer une autre requête'),
nl(OStream), flush_output(OStream),
```

```
reponse_requete.
```

```
:- reponse_requete.          %% fin du teste
```

Bibliothèque des SDTs

La bibliothèque des SDTs est spécifiée par le schéma Xml suivant:

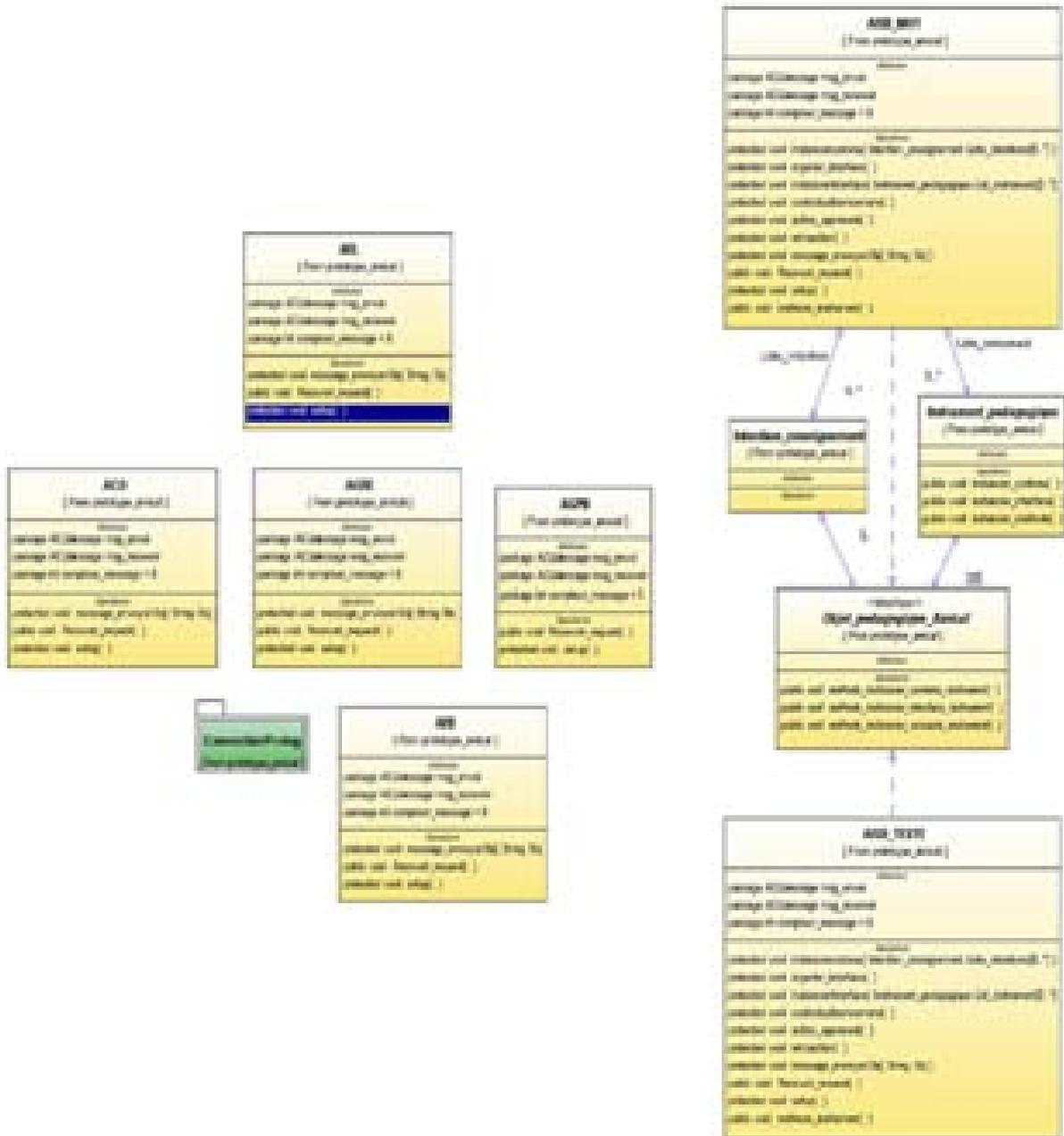
```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
  <xsd:element name="sdt" >
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="Numero_SDT" type="xs:intger" />
      <xsd:element name="categorie" type="xs:string" />
      <xsd:element name="Nom" type="xs:string" />
      <xsd:element name="Modalite_intentionnelle" type="xs:string" />
    </xsd:sequence>
  </xsd:element>
  <xsd:element name="unite_obj">
    <xsd:complexType name="unite_obj">
      <xsd:sequence>
        <xsd:element name="action" type="xs:string" />
        <xsd:element name="statut" type="xs:string" />
        <xsd:element name="connaissances" type="xs:string" />
      </xsd:sequence>
    </xsd:complexType>
  </xsd:element>
</xsd:schema>
```

Fichier Xsl de transformation de la bibliothèque des SDTs en fait Prolog:

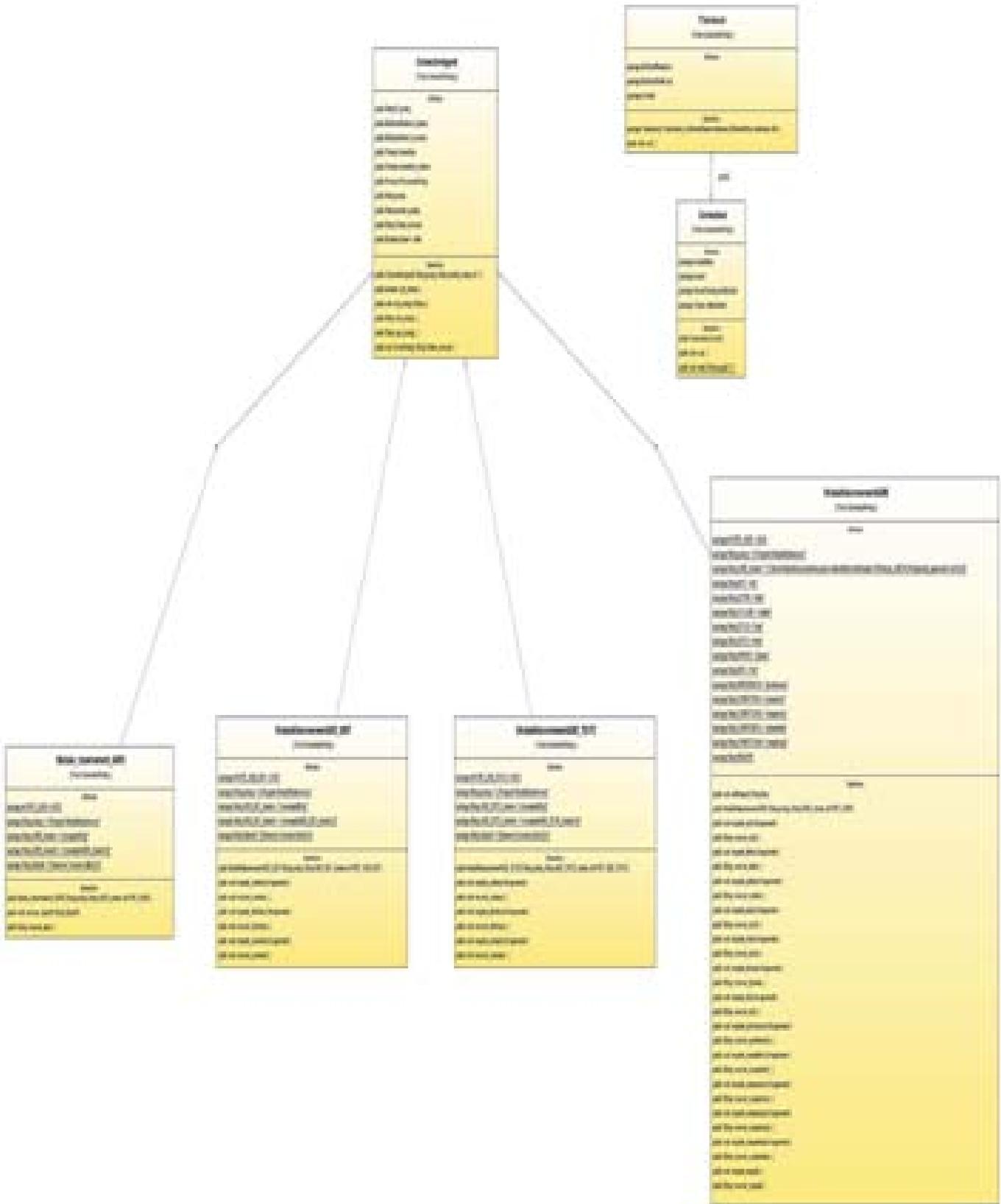
```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" ?>
<xsl:stylesheet version="2.0" xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform">
<xsl:output method="text"/>

<xsl:template match="/">
<xsl:call-template name="transforme_SDT_prolog"/>
</xsl:template>
<xsl:template name="transforme_SDT_prolog">
<xsl:text>% fait prolog bibliothèque des SDTs </xsl:text>
<xsl:text>
sdt(</xsl:text>
<xsl:text>numero_sdt: </xsl:text>
  <xsl:value-of select="sdt/Numero_SDT"/>
  <xsl:text>, </xsl:text>
  <xsl:text>categorie: </xsl:text>
  <xsl:text>' </xsl:text>
  <xsl:value-of select="sdt/categorie"/>
  <xsl:text>' </xsl:text>
  <xsl:text>, </xsl:text>
  <xsl:text>nom: </xsl:text>
  <xsl:text>' </xsl:text> <xsl:value-of select="sdt/Nom"/> <xsl:text>' </xsl:text>
  <xsl:text>, </xsl:text>
  <xsl:text>modalite_intentionnelle: </xsl:text>
  <xsl:text>' </xsl:text> <xsl:value-of select="sdt/Modalite_intentionnelle"/> <xsl:text>' </xsl:text>
  <xsl:text>, </xsl:text>
  <xsl:text>[ </xsl:text>
<xsl:for-each select="sdt/unite_obj">
  <xsl:text>[ </xsl:text>
  <xsl:text>' </xsl:text> <xsl:value-of select="action"/> <xsl:text>' </xsl:text>
  <xsl:text>, </xsl:text>
  <xsl:text>' </xsl:text> <xsl:value-of select="statut"/> <xsl:text>' </xsl:text>
  <xsl:text>, </xsl:text>
  <xsl:text>' </xsl:text> <xsl:value-of select="connaissance"/> <xsl:text>' </xsl:text>
  <xsl:if test="position()=last()">
  <xsl:text>],</xsl:text>
</xsl:if>
  <xsl:if test="position()=last()">
  <xsl:text>]</xsl:text>
</xsl:if>
</xsl:for-each>
  <xsl:text>] </xsl:text>
<xsl:text>).</xsl:text>
</xsl:template>
<xsl:apply-templates/>
</xsl:stylesheet>
```

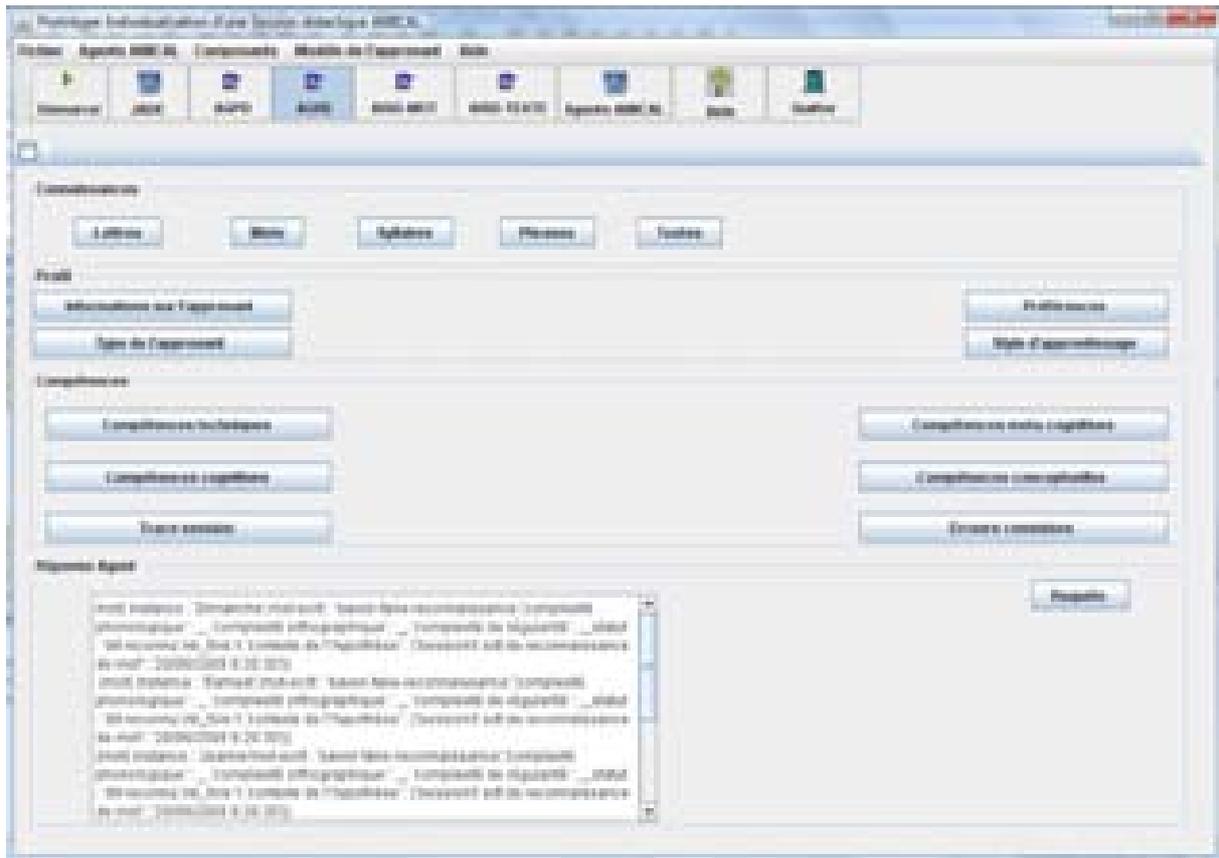
Architecture du prototype AMICAL

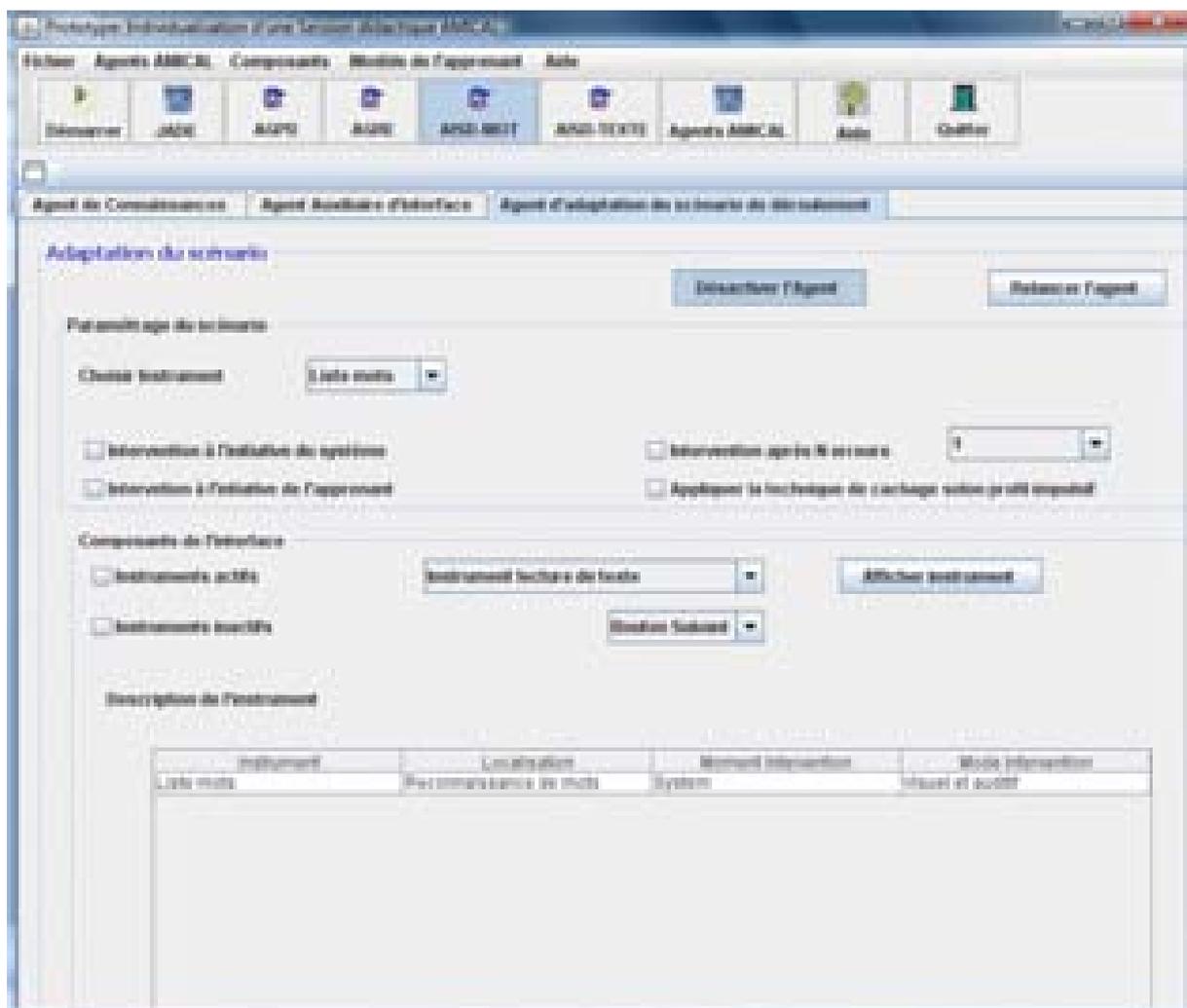


Spalte
<p>Spalte 1: [unintelligible]</p> <p>Spalte 2: [unintelligible]</p> <p>Spalte 3: [unintelligible]</p>
<p>Spalte 4: [unintelligible]</p> <p>Spalte 5: [unintelligible]</p> <p>Spalte 6: [unintelligible]</p> <p>Spalte 7: [unintelligible]</p>



Interface Graphique d'interaction avec les agents





Retourner l'ensemble des instrument avec les propriétés par l'agent

```
:- op( 100, xfx, :).
:- op( 101, xfx, @).

file_to_list(FILE,LIST) :-
    see(FILE),
    inquire([],R),
    reverse(R,LIST),
    seen.

inquire(IN,OUT):-
    read(Data),
    (Data == end_of_file ->
        OUT = IN
        ;
        inquire([Data|IN],OUT) ) .

v([X|T]):-assert(X),v(T).
v([]):-!.
v1(F,L):-file_to_list(F,L),v(L).
rest([X|L],L).

v_liste_instrument(M):- v1('Instrument.pl',L),rest(L,M).

insertion_predicat_liste_instrument:-
v_liste_instrument([X|L]),assert(X),insertion_predicat_liste_instrument1(L)
.
insertion_predicat_liste_instrument1([X|L]):-
assert(X),insertion_predicat_liste_instrument1(L).
insertion_predicat_liste_instrument1([]).

verifier(X,Y):- assert(reponse(vide)),
X==liste_instrument,!,assert(reponse(liste_instrument));
assert(Y).

connect(Port) :-
    tcp_socket(Socket),
    gethostname(Host), % local host
    tcp_connect(Socket,Host:Port),
    tcp_open_socket(Socket,INs,OUTs),
    assert(connectedReadStream(INs)),
    assert(connectedWriteStream(OUTs)).

:- connect(54323).

reponse_requete :-
    connectedReadStream(IStream),
    read(IStream,(X,Y)),
    verifier(X,Y),
    reponse(liste_instrument),!,
    connectedWriteStream(OStream),
    v_liste_instrument(L),
    write(OStream, L),
    nl(OStream), flush_output(OStream),
```

```

retract(reponse(liste_instrument)),
reponse_requete;

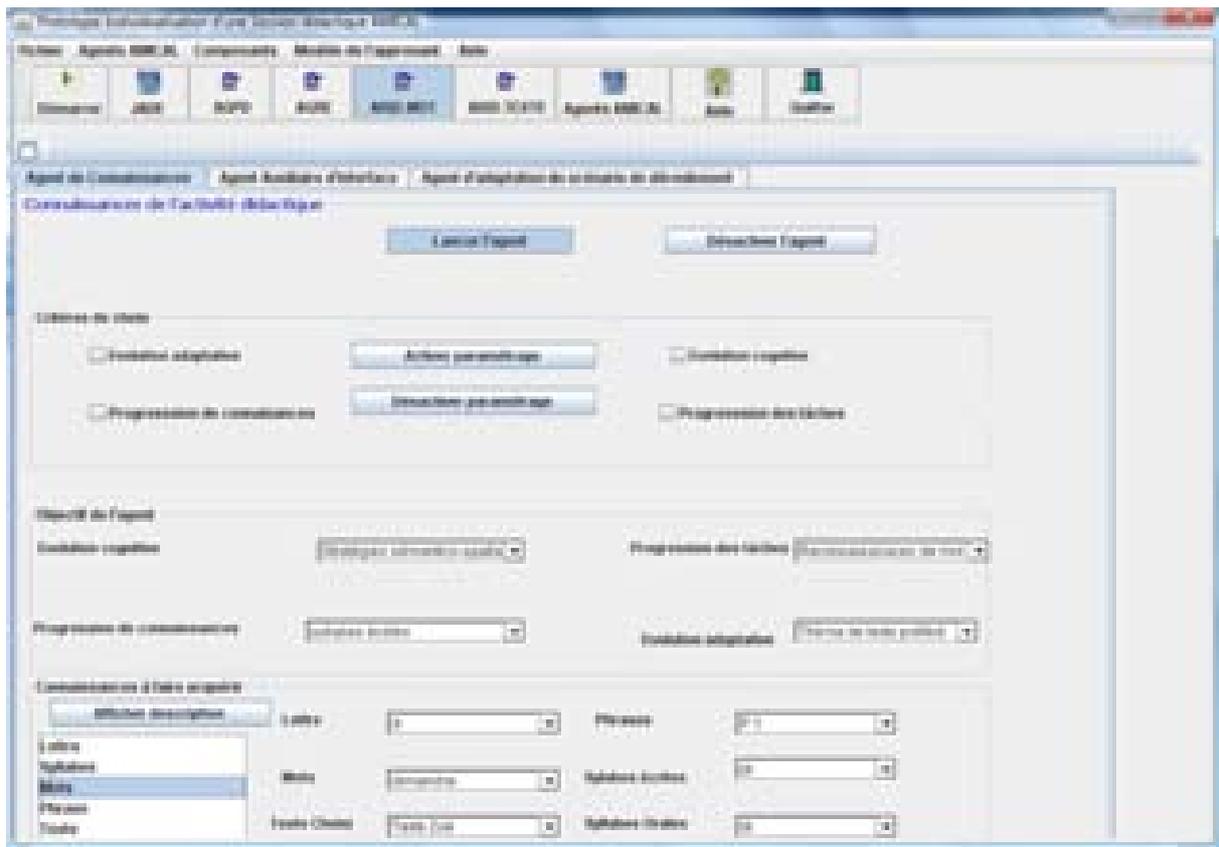
connectedWriteStream(OStream),
insertion_predicat_liste_instrument(Y),
req(Rep1,Rep2,Rep3,Rep4,Rep11,Rep12,Rep13,Rep14),!,
    write(OStream, (Rep1,Rep2,Rep3,Rep4,Rep11,Rep12,Rep13,Rep14)),
    nl(OStream), flush_output(OStream),
retract(req(_,_,_,_,_,_,_):-_),
reponse_requete;

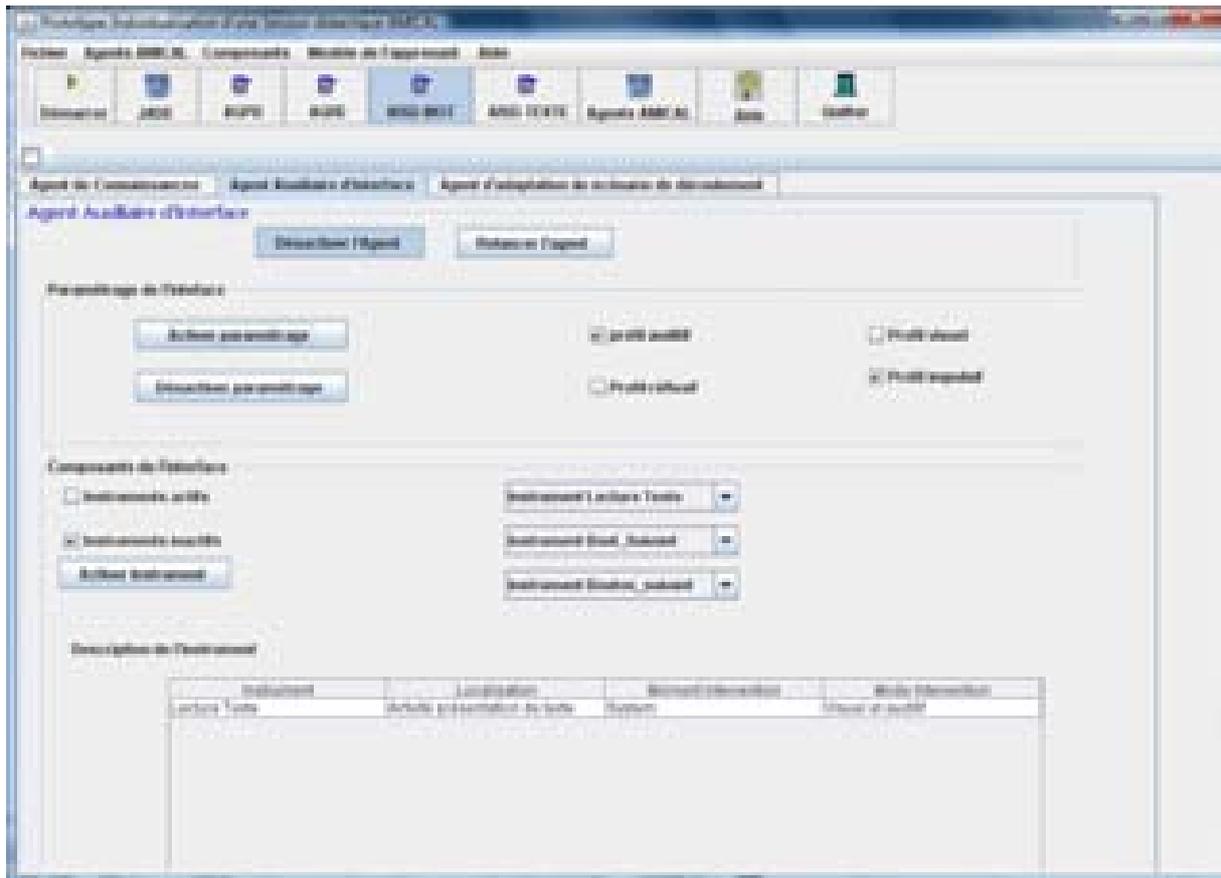
% traitement des erreurs
connectedWriteStream(OStream),
write(OStream, 'Erreur entrer une autre requête'),
nl(OStream), flush_output(OStream),

reponse_requete.

:- reponse_requete.                % fin du test

```





Nome	Idade	Comandos
Nome do sistema		Nome do sistema, versão do sistema
Nome	Idade	Nome do sistema, versão do sistema, nome do sistema
Nome	Idade	Nome do sistema, versão do sistema
Nome	Idade	Nome do sistema, versão do sistema
Nome	Idade	Nome do sistema, versão do sistema
Nome do sistema		Nome do sistema, versão do sistema, nome do sistema
Nome do sistema		Nome do sistema, versão do sistema, nome do sistema
Nome do sistema		Nome do sistema, versão do sistema, nome do sistema

ABITS Agent Based Intelligent Tutoring System
ACC Agent Communication Channel
ACO Agent de Construction de l'Objectif
ACSSDT Agent de Construction de la Séquence des Situations didactiques Types
ADL Advanced Distributed Learning
AFNOR Association Française de NORmalisation
AGRE Agent Gestionnaire de la Représentation de l'Elève
AICC Aviation Industry CBT – Computer Based Training – Committee
AMICAL Architecture Multi-Agents Interactive Compagnon pour l'Apprentissage de la Lecture
AISD Agent d'individualisation de l'activité didactique
ARIADNE Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe
ARCADE Ateliers de Réalisation et de Conception d'Applications Destinées à l'Education
AT Activity Theory
BD Base de Données
BDI Beliefs-Desire-Intentions
CEN Comité Européen de Normalisation
CSA Cognitive Styles Analysis
CWA Closed World Assumption, Hypothèse du Monde Fermé
CMS Course Management System
CoA Communauté d'Apprentissage
CoÉco Communautés d'Élaboration de Connaissances
CoP Communauté de Pratique
DC Dublin Core
DCE Dublin Core Education
DCM Dublin Core Metadata
DCMI Dublin Core Metadata Initiative
DL Logiques de Description
EAO Enseignement Assisté par Ordinateur
EIAO Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur
EIAH Environnement Informatique pour l'apprentissage Humain
EMLTSC Educational Metadata Learning Technology Standards Committee
ESTEL Emotional State Towards Efficient Learning
FOAD Formation Ouverte et A Distance
G-Ph Graphème Phonème
GM Grande Section Maternelle
HTML HyperText Markup Language
IA Intelligence Artificielle
IAD Intelligence Artificielle Distribuée
IC Ingénierie des Connaissances

ID Instructional Design
IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers
IHM Interface Homme-Machine
IMS Instructional Modelling System
IPA Internal Plan of Action
ISO International Organization for Standardization
ITS Intelligent Tutorial System
KM Knowledge Management
LC Learning Companions
LCMS Learning Content Management Systems
LD Learning Design
LMS Learning Management System
LO Learning Object
LOM Learning Object Metadata
LRL Laboratoire de Recherche sur le Langage
LTSC Learning Technologies Standard Committee
MAC Modèle d'Agrégation de Contenu
NTIC Technologies de l'Information et de la Communication
OMF *Objet Matériel Fabriqué*
OUN-EML Open University of the Netherlands-Educational Modelling Language
RDF Ressource Description Format
RPMu Ressource Pédagogique Multimédia
RI Recherche d'Information
SACI Situation d'Activités Collectives Instrumentées
SAI Situations d'Activités Instrumentées
SCLE *Student-Centered Learning Environment*
SCORM Sharable Content Object Reference Model
SE Systèmes Experts
SD Situation Didactique
SDT Situation Didactique Type
SDI Situation Didactique Instanciée
SHA Système hypermedia adaptatif
SMA Système multi-agent
SQL Structured Query Language
SSDT Séquence de Situations didactiques Types
SN Séquencement et Navigation
SK Student Knows
STEI Système Tutoriel Emotionnellement Intelligent
STI Système Tuteur Intelligent
STRIPS Stanford Research Institute Problem Solver
TCAO Travail collaboratif assisté par ordinateur
TIC Technologies de l'Information et de la Communication
TICE Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement

URL Uniform Resource Locator

W3C Consortium World Wide Web

XML Extensible Markup Language

XSLT Extensible Stylesheet Language Family Transformations

Liste des Figures

Figure 0.1	Le cycle de fonctionnement du module tuteur AMICAL	7
Figure I.1.1	Personnalisation et individualisation de l'apprentissage	14
Figure I.1.2	Expression des états affectifs par le système	20
Figure I.2.1	Exemple d'une session Quadratic Tutor	31
Figure I.2.2	Exemple d'une session avec EXCHREK	31
Figure I.2.3	Exemple d'un dialogue dans le dispositif WEST	32
Figure I.2.4	Architecture d'AMALIA	34
Figure I.2.5	Principe de fonctionnement de McPeachey	37
Figure I.2.6	Algorithme du processus d'exécution dans le système McPeachey	37
Figure I.2.7	Architecture ABITS	42
Figure I.2.8	Modèle de contextualisation des aides	44
Figure I.3.1	Modèle de base de la théorie de l'activité	51
Figure I.3.2	introduction d'un méta modèle et une infrastructure qui intègrent les apports de la science informatique et des fondations venant des sciences humaines	54
Figure I.3.3.A	Le support d'activité et sa tâche : un système réflexif	55
Figure I.3.3.B	Le modèle d'activité	55
Figure I.3.1	Les quatre types d'environnement d'apprentissage selon Bransford et al.	57
Figure I.3.3	Multi-dimensionnalité de la technologie (d'après Gonod 1991)	63
Figure I.4.1	Architecture de l'Unité d'apprentissage OUN-EML	71
Figure I.4.2	Structure générale de LOM	75
Figure I.4.3	Vue sur le contenu partageable de SCORM	76
Figure I.4.4	Le modèle conceptuel d'IMS LD	77
Figure I.4.5	Synthèse sur les trois standards	79
Figure I.4.6	Les différentes facettes d'un scénario	83
Figure I.4.7	Phases du cycle de vie d'un scénario d'apprentissage	83
Figure I.4.8	Architecture d'un ILO (Intelligent Learning Object)	85
Figure I.4.9	Objet pédagogique et agents intelligents	86
Figure II.1.1	Développement pédagogique de concept théorique	92
Figure II.1.2	Le triangle Sujet-Artefact-Objet	93
Figure II.1.3	Rapprochement théorique avec l'approche instrumentale	94
Figure II.1.4	Structure de l'instrument pédagogique	101
Figure II.1.5	Niveaux d'emboîtement de l'instrument	103
Figure II.1.6	Multi-modélisation de l'instrument pédagogique	107
Figure II.1.7	Modèle d'objet de connaissances	111
Figure II.1.8	Modèle ARIS du processus d'instrumentation	114
Figure II.1.9	Modèle d'usage UML : Problème de pluridisciplinarité de connaissances	117
Figure II.1.10	Artefacts techniques d'interface	119
Figure II.2.1	Objet pédagogique et situation d'apprentissage	124
Figure II.2.2	Différents points de vue sur les objets pédagogiques	125
Figure II.2.3	Phases de conception d'un objet pédagogique	126
Figure II.2.4	Modèle Relationnel de l'objet pédagogique AMICAL	130
Figure II.2.5	Structure de l'objet pédagogique représenté selon le formalisme de diagramme d'objet UML	134
Figure II.2.6	Méta-Modèle selon le formalisme de diagramme de classe UML	136
Figure II.2.7	Modèle d'un constituant d'aide	138
Figure II.2.8	Modèle de paramètres d'instanciation de l'objet pédagogique AMICAL	139
Figure II.2.9	Diagramme d'activité pour le scénario de déroulement de l'activité didactique	141
Figure III.1	Interface d'une Situation didactique de 'reconnaissance de mot'	147
Figure IV.1	Principes de rationalité de l'agent d'individualisation de l'activité didactique	171

Figure IV.2	Structure de l'agent d'individualisation-----	172
Figure IV.3	Croyances instrumentales dans la philosophie de l'action (Searl 1985) -----	174
Figure IV.4	Déclenchement de l'action de l'agent-----	178
Figure IV.5	Objectifs et actions de l'agent d'individualisation de l'activité didactique-----	179
Figure IV.6	Méta-comportement de l'agent d'individualisation de l'activité didactique -----	179
Figure IV.7	Etape de scénarisation de l'activité didactique -----	182
Figure V.1.1	Niveaux d'individualisation -----	191
Figure V.1.2	L'agent humain et l'agent artificiel -----	192
Figure V.1.3	Conception du processus de planification selon le formalisme du Diagramme d'activité UML-----	202
Figure V.2.1	Scénario d'interaction avec les agents de l'environnement -----	221

Liste des Tableaux

Tableau I.1.1	Classification des courants d'enseignement individualisé -----	14
Tableau I.1.2	Modèle de traitement de l'information : modalités d'encodage et de représentation ----	17
Tableau I.1.3	Type d'activités de l'apprenant -----	19
Tableau I.1.4	Projet CASPER -----	23
Tableau I.1.5	Synthèse sur les techniques utilisées pour la personnalisation de l'apprentissage -----	27
Tableau I.2.1	Synthèse sur les techniques de planification didactique -----	39
Tableau I.2.2	Classification des agents éducationnels -----	41
Tableau I.3.1	Le modèle de système d'activité de Briggs et Gagné -----	53
Tableau I.3.2	Synthèse sur les quatre types d'environnement d'apprentissage -----	58
Tableau I.3.3	Exemple d'analyse de l'activité à partir du modèle SAI -----	63
Tableau I.4.1	Structure d'une méthode d'un LD (design d'apprentissage) -----	78
Tableau II.2.1	Structure d'une composante structurelle de l'objet pédagogique lecture texte -----	144
Tableau III.1	Variation dans l'activité 'Reconnaissance de mot' -----	148
Tableau III.2	Structure du texte -----	152
Tableau V.1.1	Exemple des compétences dans l'activité de présentation de texte -----	198
Tableau V.1.2	Objet de connaissances et types de savoir dans le modèle de l'apprenant retenus dans les travaux antérieurs du projet AMICAL -----	199
Tableau V.1.3	Profils et compétences de l'apprenant -----	200
Tableau V.2.1	Types de compétences dans l'activité 'Reconnaissance de mot en texte' -----	219
Tableau V.2.2	Structure d'un message FIPA-ACL -----	220

Table des Matières

Introduction et problématique abordée	1
Chapitre I. Etat de l'art	11
1.1 Individualisation de l'apprentissage : Approche conceptuelle	12
1.1.1 Individualisation et personnalisation de l'apprentissage	12
1.1.2 Niveaux d'individualisation	14
1.1.3 Les différences individuelles:.....	15
1.1.3.1 Style cognitif et style d'apprentissage	16
1.1.3.2 Différences individuelles et style d'apprentissage	16
1.1.3.3 Motivation de l'apprenant	20
1.1.4 La prise en compte de l'individualisation par l'informatique	21
1.1.5 Individualisation, personnalisation et modèle de l'apprenant	21
1.1.5.1 Personnalisation dans la communauté RI	23
1.1.5.2 Personnalisation dans la communauté BD (Base de données)	24
1.1.5.3 Personnalisation dans les IHM	24
1.1.5.4 Personnalisation dans les hypermédias adaptatifs	25
1.1.6 Conclusion	28
1.2 Gestion pédagogique et architecture des Tuteurs Intelligents	29
1.2.1 Introduction	29
1.2.2 La planification didactique dans les systèmes tuteurs intelligents	29
1.2.2.1 L'exemple Quadratic Tutor	30
1.2.2.2 L'exemple ExCHREK	31
1.2.2.3 L'exemple WEST	32
1.2.2.4 CAMELIA	33
1.2.2.5 AMALIA	34
1.2.2.6 L'exemple du QUIZ, fonctionnement et structuration des connaissances	35
1.2.2.7 L'exemple McPeachey, fonctionnement et structuration des connaissances	36
1.2.3 Gestion des systèmes tuteurs intelligents à base d'agent pédagogique	40
1.2.3.1 Classification des agents éducationnels.	41
1.2.3.2 Exemple de l'agent pédagogique ABITS	41
1.2.3.3 Exemple de 'Cognitive Help Tutor Agent'	43
1.2.4 Synthèse	45
1.3 Apport de la théorie de l'activité et l'approche instrumentale dans l'évolution des environnements d'apprentissage	47
1.3.1 Introduction	47
1.3.2 Instructional Design et théorie de l'apprentissage	47
1.3.2.1 Théorie descriptive du savoir	48
1.3.2.2 La théorie <i>descriptive</i> de la stratégie d'enseignement	48
1.3.2.3 La théorie prescriptive,	49
1.3.2.4 Les neuf types d'événements d'apprentissage de Gagné	50

1.3.3 Théorie de l'activité et Instructional Design-----	50
1.3.3.1 Théorie de l'activité -----	50
1.3.3.2 L'application de la théorie de l'activité dans l'Instructional Design -----	52
1.3.4 Environnement d'apprentissage entre l'informatique et les acteurs de l'apprentissage -----	53
1.3.5 Classification des environnements d'apprentissage -----	56
1.3.5.1 L'environnement centré sur l'apprenant -----	56
1.3.5.2 L'environnement centré sur les connaissances -----	56
1.3.5.3 L'environnement centré sur l'évaluation -----	57
1.3.5.4 L'environnement centré sur la communauté -----	57
1.3.6 La théorie instrumentale -----	59
1.3.6.1 Artefact et instrument -----	59
1.3.6.2 Outil et instrument -----	60
1.3.6.3 Instrument et schème d'utilisation -----	61
1.3.6.4 Définition de l'instrument -----	64
1.3.6.5 Instrumentation et instrumentalisation, deux processus duaux -----	64
1.3.7 L'approche instrumentale pour une co-évolution de pratiques instrumentées et dispositifs informatisés -----	66
1.3.8 Synthèse -----	67
1.4 L'activité didactique et le nouveau courant Objet Pédagogique -----	69
1.4.1 Introduction -----	69
1.4.2 Objets Pédagogiques, métaphores et esquisse de définition -----	69
1.4.2.1 Définition de l'objet pédagogique -----	70
1.4.2.2 Classes d'objets pédagogiques -----	71
1.4.3 Objet et Objet pédagogique -----	72
1.4.4 Objet pédagogique et marché d'éducation -----	74
1.4.4.1 L'exemple LOM -----	74
1.4.4.2 L'exemple SCORM -----	76
1.4.4.3 L'exemple IMS-LD (Learning Design) -----	77
1.4.5 Ingénierie pédagogique -----	80
1.4.5.1 Définition -----	80
1.4.5.2 Scénarisation pédagogique -----	81
1.4.6 Vers les objets pédagogiques Intelligents Gagné -----	85
1.4.7 Conclusion -----	87
2. Individualisation de l'activité didactique : Théorisation et modélisation -----	89
2.1 Analyse microscopique du processus d'individualisation de l'activité didactique -----	90
2.1.1 Introduction -----	90
2.1.2 Développement pédagogique de concept théorique -----	91
2.1.3 Analyse critique de la littérature -----	93
2.1.3.1 Théorie de l'activité et théorie instrumentale-----	93
2.1.3.2 Rapprochement théorique avec l'approche instrumentale -----	93
2.1.4 Besoin de la micro-conception pédagogique -----	96
2.1.5 Approche d'analyse microscopique de l'activité didactique-----	97

2.1.5.1 Les différents acteurs du processus de conception	98
2.1.5.2 Analyse des opérationnalisations potentielles de concept de l'instrument	100
2.1.5.3 Structure de l'instrument pédagogique	101
2.1.5.4 Classes d'analyse de l'instrument pédagogique	102
2.1.5.5 Démarche de conception de l'instrument pédagogique	106
2.1.6 Application de l'approche microscopique de conception dans le cadre du projet AMICAL	108
2.1.6.1 L'activité didactique dans Amical	108
2.1.6.2 Instrument pédagogique et Objet de connaissances	109
2.1.6.3 Instrument pédagogique et structures cognitives	112
2.1.6.4 L'instrument pédagogique et intention d'enseignement	115
2.1.6.5 L'instrument technique de l'interface	118
2.1.7 Conclusion	120
2.2 Modèle générique de l'Objet Pédagogique AMICAL	123
2.2.1 Introduction	123
2.2.2 Notre point de vue sur l'Objet Pédagogique	124
2.2.3 Méthode de travail	126
2.2.3.1 Analyse de la demande	127
2.2.3.2 Exemple de modélisation didactique de l'activité 'présentation de texte'	127
2.2.4 Conception de l'objet pédagogique	129
2.2.4.1 Modèle relationnel de l'objet pédagogique	129
2.2.4.2 Analyse par objet	131
2.2.5 Le modèle générique de l'Objet Pédagogique AMICAL	135
2.2.5.1 Éléments génériques de l'objet pédagogique	135
2.2.5.2 Exemple de modélisation d'un composant d'aide	136
2.2.6 Paramètres d'instanciation de l'objet pédagogique :	139
2.2.7 Modélisation du scénario de l'activité didactique	140
2.2.8 Conclusion	142
Chapitre III. Adaptabilité, constituants variants et paramètres d'individualisation de l'activité didactique	143
3.1 Introduction	143
3.2 Niveaux de variation dans l'activité didactique	143
3.3 Un lieu de rencontre d'expertises différentes : le modèle expert	144
3.3.1 Exemple de caractérisation d'une SDT 'Présentation de texte'	144
3.3.2 Exemple de caractérisation de l'activité Reconnaissance de mot dans un texte	145
3.4 Problèmes d'utilisation du modèle de l'expert	147
3.5 Adaptabilités et constituants variants de l'activité didactique	149
3.5.1 Adaptabilité	149
3.5.2 Constituants variants de l'activité didactique	150
3.6 Rôle des variants dans la résolution du problème d'enseignement	154
3.7 Variants et paramètres d'individualisation	160
3.8 Paramétrage de l'activité didactique	155
3.8.1 Paramètres d'instanciation définissant des sous-familles de la SDT	157
3.8.2 Paramétrage de l'interface	159

3.8.3 Paramètres du scénario de l'activité didactique -----	160
3.9 Exemple de variants de l'activité de reconnaissances de mot dans un texte -----	161
3.10 Conclusion -----	165

Chapitre IV. Architecture de l'agent d'individualisation de l'activité didactique ----- 167

4.1. Introduction-----	167
4.2 Fondement théorique et architecture du modèle-----	167
4.3. Les approches fonctionnelles, objets et agents -----	169
4.4. L'agent d'individualisation de l'activité didactique-----	170
4.4.1 Principes de la rationalité de l'agent -----	170
4.4.2 Structure de l'agent d'individualisation de l'activité didactique -----	172
4.4.3. Croyances instrumentales de l'agent-----	173
4.4.3.1 Préconditions d'exécution de l'activité didactique-----	175
4.4.3.2 Les effets attendus dans l'activité didactique-----	176
4.5. Intentions et actions de l'agent-----	177
4.6. Objectifs de l'agent-----	178
4.7. Etapes de scénarisation de l'activité didactique -----	182
4.7.1 Construction de la matière primaire pédagogique -----	182
4.7.2 Individualisation de l'interface (Instrumentalisation)-----	183
4.7.3 Individualisation du scénario de déroulement de l'activité didactique -----	184
4.8. Conclusion-----	185

Chapitre V. Mise en œuvre de l'approche Agent-Objet pédagogique dans le système

AMICAL ----- 187

Introduction----- 187

Partie 1 : Organisation des connaissances et de la didactique dans le système AMICAL----- 188

5.1.1 Démarche d'enseignement et planification didactique dans le système AMICAL -----	188
5.1.2 Niveaux d'individualisation dans le système AMICAL-----	189
5.1.2 .1 Le niveau tactique -----	189
5.1.2 .2 Le niveau stratégique-----	190
5.1.2 .3 Le niveau opérationnel ou microscopique-----	190
5.1.3 Modélisation de l'apprenti lecteur dans le système AMICAL -----	191
5.1.3.1 Expérimentations antérieures -----	193
5.1.3.2 Difficultés de modélisation des connaissances dans le système-----	196
5.1.3.3 Modèle de l'apprenant dans le système AMICAL -----	198
5.1.4 Individualisation de la séquence-----	200
5.1.4.1 Catégories d'actions système-----	203
5.1.4.2 Les relations entre actions système-----	203
5.1.4.3 Problème de caractérisation de la Bibliothèque de Situations Didactiques Types-----	204
5.1.4.4 L'algorithme de calcul du plan d'enseignement-----	204
5.1.4.5 Application de l'algorithme de recherche du meilleur d'abord (Best-First Search)-----	208
5.1.4.5.1 L'algorithme Meilleur d'abord avec anticipation proposée-----	208
5.1.4.5.2 Graphe de planification -----	209
5.1.4.5.3 Exemple d'un objectif d'apprentissage et d'une séquence -----	209

Partie 2: Mise en oeuvre de l'approche agent-objet pédagogique dans AMICAL -----	211
5.2.1 Individualisation du contenu-----	211
5.2.1.1 Exemple de l'activité de 'présentation de texte'-----	211
5.2.1.1.1 Précondition d'exécution de l'activité-----	214
5.2.1.1.2 Actions de l'agent-----	214
5.2.1.1.3 Module de méta-comportement de l'agent-----	217
5.2.1.2 Exemple de l'activité 'Reconnaissance de mot dans un texte'-----	218
5.2.1.2.1 Précondition d'exécution de l'activité:-----	218
5.2.1.2.2 Problème d'utilisation des connaissances-----	222
5.2.1.2.3 Actions de l'agent-----	224
5.2.1.2.4 Module de méta-comportement de l'agent pour le choix des mots-----	227
5.2.2 Individualisation de l'interface-----	228
5.2.3 Contextualisation du scénario de l'activité didactique-----	230
Conclusion-----	231
Conclusion générale -----	233
Bibliographie -----	241
Liste des abréviations -----	263
Annexe A -----	267
Annexe B -----	286

Bibliographie

(A)

AHLBERG M. (2002)

Translator's postscript: Twenty years research on theory of integrating education, improved concept maps and Vee heuristics in Finland [in Finnish]. In J. Novak, Tiedon oppiminen luominen jakäyttö [Finnish translation of Learning, creating and using knowledge]. Jyväskylä: PS-kustannus, pp. 300 – 315

ALEVEN V., MCLAREN, B.M., ROLL, I., & KOEDINGER, K.R. (2006).

Toward meta-cognitive tutoring: A model of help seeking with a Cognitive Tutor. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* a(16), 101-30

ALLPORT G (1961)

Pattern and growth in personality, New York: Holt, Rinehart and Winston.

ANDERSON J.R (1983)

The Architecture of Cognition. Cambridge, MA: Harvard University Press Gagné, R. M. (1976). Les principes fondamentaux de l'apprentissage (Trad. R. Brien & R. Paquin). Montréal: H.R.W.

ANDERSON J.R,BOYL C.F & YOST G. (1985)

The geometry tutor. Proc ICAI-1985, Los Altos, CA, Morgan Kaufmann p. 1-7.

AOUAG S (2005a).

Specification of a multilevel model for an individualized didactic planning: case of learning to read. E-learn 2005, World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2005, AACE, Octobre 2005 Vancouver.

AOUAG S. (2005b)

Three stages for the scenarisation of leaning objects, ICCE 2005 " International Conference on Computers in Education ", November 2005, Singapour.

AOUAG S. (2005c)

Didactic Planning by decomposition based on heuristic research strategy, 'ACSE 05', International Conference on Automatic Control and System Engineering, 'Decembre 2005', Egypt.

AOUAG S. (2006a)

Microscopic instructional planning in the context of E-learning, 'Ed-Media 2006', World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, AACE 'Juin 2006' Floride.

AOUAG S. (2006b)

Dynamic process based on multi- criteria Constraints to personalize multimedia-learning objects ICL 2006.

AOUAG S. (2007)

Designing learning activity to be individualized WEBIST 2007: International Conference on Web Information Systems and Technologies, Mars 2007 Barcelone, Espagne

Bibliographie

AOUAG S. (2008)

Multimodeling framework for complex learning activity designs ICWL 2008 Jinhua Chine. ICWL 2008: 497-508

ATLAN J. (1999).

Les différences individuelles et l'utilisation des stratégies d'apprentissage de l'anglais dans un environnement de technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement (TICE) : l'interaction entre aptitude et traitement pédagogique. Revue ALSIC Vol. 3, numéro 1, juin 2000

ARTIGUE M. (1990)

Epistémologie et didactique in Recherches en didactique des mathématiques vol 10 2.3.241-285.

AZAMBUJA SILVEIRA R , GOMES E.R, PINTO V.H & MAGOULAS G.D (2004)

Intelligent Learning Objects: An Agent Based Approach of Learning Objects. Intelligent Tutoring Systems 2004: 886-888

AZAMBUJA SILVEIRA R, GOMES E.R & VICARI R (2006)

Intelligent Learning Objects: An Agent Approach to Create Interoperable Learning Objects. Education for the 21st Century 2006: 411-415

(B)

BALACHEFF N. (2002)

Contribution à la réflexion sur la recherche sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, In Baron G.-L. et Bruillard E. (eds.) Les technologies en éducation : Perspectives de recherche et questions vives. Paris : INRP – MSH - IUFM de Basse Normandie, pp 193-201.

BALACHEFF N. (1994)

Didactique et intelligence artificielle. in N. Balacheff et M. Vivet, Didactique et intelligence artificielle, La pensée sauvage, 1994, p 7-42.

BAKER (2000)

The roles of models in Artificial Intelligence and Education research: a prospective view , International Journal of Artificial Intelligence in Education Vol. 11(2), pp 122-143. 2000

BALLEUX, A. (1995).

L'andragogie revisitée. Élan formateur, 6(2), 9-18.

BARAB, S. A., EVANS, M. A., & BAEK, E-O. (2004).

Activity theory as a lens for characterizing the participatory unit. In D. H. Jonassen (Ed.), Handbook of research on educational communications and technology (2e éd., pp. 199-213). Mahwah : Erlbaum.

BARBARA CLASS & BETRANCOURT M. 2004

Un portail en éducation à distance: vers quelle ergonomie pédagogique ?

BARBE, W., SWASSING R, MILONE M. (1979)

Teaching through modality strengths : concepts and practices, Columbus, Ohio: Zaner-Bloser.

DE LA GARANDERIE A (1980)

Les profils pédagogiques: discerner les aptitudes scolaires, Paris: Centurion.

BARON M, GUIN D & TROUCHE L (2007)

Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage - Conception et usages, regards croisés. Ouvrage collectif sous la direction de Monique BARON, Dominique GUIN, Luc TROUCHE. Eds Hermes 346 p.

BAYLOR AL. (1999)

Intelligent agents as cognitive tools for education. In Educational Technology, 1999.

BEDNY, G. & MEISTER, D. (1997).

The Russian theory of activity: current applications to design and learning. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Ass.

BETBEDER M.L & TCHOUNIKINE P. (2001)

Analyse d'une activité médiatisée collective visant à favoriser la création d'une communauté d'apprenants, *Actes de la conférence Ingénierie des Connaissances*, p389-408.

BLAINE L.H. & SMITH R.L. (1977).

IntelligentCAI: The role of curriculum in suggesting computational models of reasoning. Proceedings Annual Conference 1977, Seattle, pp.241-246

BLONDEL B, BREART G, DU MAZAUBRUN C, BADEYAN G, WCISLO M, LORDIER A & MATET N.(1997)

La situation périnatale en France, évolution entre 1981 et 1995. *J Gynécol Obstet Biol Reprod* 1997 ; 26 : 770-780.

BONNIOL JJ. (1986)

L'évaluation ; Approche descriptive ou prescriptive ?, Recherche et formations. Pour une problématique de l'évaluation formative. Ketele J., Bruxelles : de Boek, 1986.

BOOCH G. (1994)

Object-Oriented Analysis and Design with Applications. Benjamin Cummings, 2nd édition, 1994.

BOSC P, CHOLVY L , MOUADIB N , PRADE H , ROUSSET M-C (2002)

Les Informations incomplètes dans les Bases de Données et en Intelligence Artificielle, Assises 2002 Nancy

BOUCHET, H (1948)

L'individualisation de l'enseignement. L'individualité des enfants et son rôle dans l'éducation Paris, PUF, 1948

BOURDA, Y (2001)

Objets pédagogiques, vous avez dit objets pédagogiques ?. Cahier GUTenberg, n° 39-40. Mai 2001. PDF (9 p.) <http://www.gutenberg.eu.org/pub/GUTenberg/publicationsPDF/39-bourda.pdf> (consulté Mai 2009)

BOURGUIN G (2000)

Un support informatique à l'activité coopérative fondé sur la Théorie de l'Activité :Le projet DARE Thèse de doctorat de l'Université de Lille

Bibliographie

BOURGUIN G. & DERYCKE A. (2005),

Systèmes interactifs en co-évolution. Réflexions sur les apports de la théorie de l'activité au support des pratiques collectives distribuées, *Revue d'Interaction Homme-Machine*, vol. 6, n° 1, p. 1-31, 2005.

Bourguin, G. (2004)

Proposition pour une gestion dynamique de l'inter-activités dans le TCAO. In *Actes de IHM 2004 (30 août-3 septembre 2004, Namur, Belgique)*, ACM International Conference Proceedings Series, 191-194, ACM Press.

BOUZEGHOUB M, KOSTADINOV D(2005)

Personnalisation de l'information: aperçu de l'état de l'art et définition d'un modèle flexible de profils. 201-218

BOUZEGHOUD M., GARDARIN G. & VALDURIEZ P. (1997)

Les Objets, Eyrolles, 1997

BRADLEY K., RAFTER R. & SMYTH B.(2000)

Case-Based User Profiling for Content Personalisation, In: *Proceedings of the International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems*, Trento, Italy, August 2000

BRANSFORD, J. D., BROWN A. L. & RODNEY R. R. (1999)

How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School. Editors: Committee on Developments in the Science of Learning, Washington, DC: National Academy Press, Consulté le 30 décembre 2004, <http://www.nap.edu/catalog/6160.html> (consulté Mai 2009)

BRIEN, R. (1994).

Science cognitive et formation. Sainte-Foy : Presses de l'université du Québec.

BROUSSEAU G (1986)

La théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques. Thèse d'Etat. 1986

BROUSSEAU G (1998)

Théorie des situations didactiques La pensée sauvage Editions, 1998

Brown J-S (1976) A tutoring and student modelling paradigm for gaming environments Volume 8 , Issue-1 (February 1976) *Proceedings of the SIGCSE-SIGCUE joint symposium on Computer science education* Pages: 236-246

Brown, A. L. & Campione, J. C. (1996).

Guided Discovery in a Community of Learners. In K. McGilly (Ed.) *Classroom Lessons: Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice* (pp. 229-270). Cambridge, MA: The MIT Press.

BROWN J.S., BURTON R. & DE KLEER J. (1982).

Pedagogical, natural language and knowledge engineering techniques in SOPHIE I, II and III in Sleeman D., Brown J.S., (Eds.) *Intelligent Tutoring Systems*, pp 13-24

BRUILLARD É (1997).

Les machines à enseigner. Éditions Hermès, Paris, 320 p.

BRUILLARD É. (1998)

Conception et usages des instruments informatiques pour l'apprentissage et l'enseignement, Habilitation à diriger des recherches, Université du Maine, 1998.

BRUSILOVSKY, P. (1995)

Integrating Hypermedia and Intelligent Tutoring Technologies: From Systems to Authoring Tools. Proceedings of AI-ED-95 Workshop on Authoring Shells for Intelligent Tutoring Systems, Washington, DC, 16 August 1995.

BRUILLARD É, DELOZANNE E , LEROUX P, DELANNOY P, DUBOURG X, JACOBONI P, LEHUEN J, LUZZATI D & TEUTSCH P (2000)

Quinze ans de recherche informatique sur les sciences et techniques éducatives au LIUM, STE - Volume 7, n°1, 2000

BRUSILOVSKY, P. & PESIN, L. (1994)

An intelligent learning environment for CDS/ISIS users. In Levonen J.J and Tukianinen M.T. (eds.) Proc. of the interdisciplinary workshop on complex learning in computer environments (CLCE94), Joensuu, Finland, May 16-19, 1994. 29-33.

BRUSILOVSKY, P. & MILLER, P. (1999)

Web-based testing for distance education. In: P. De Bra and J. Leggett (eds.) Proceedings of WebNet'99, World Conference of the WWW and Internet, Honolulu, HI, Oct. 24-30, 1999, AACE, pp. 149-154.

BURLESON, W., PICARD, R. W.(2004)

Affective Agents: Sustaining Motivation to Learn Through Failure and a State of Stuck. Workshop on Social and Emotional Intelligence in Learning Environments, In conjunction with the 7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Maceio - Alagoas, Brazil, August 31st (2004)

BUSETTA P., HOWDEN N., RÖNNQUIST R. & HODGSON A. (1999).

Structuring BDI agents in functional clusters. In N. R. JENNINGS & Y. LESPÉRANCE, Eds., ATAL, volume 1757 of Lecture Notes in Computer Science, p. 277–289 : Springer.

BURTON R,BROWN J.S (1982)

'An investigation of computer coaching for informal learning activities' in Sleeman D., Brown JS (eds),intelligent tutoring systems, Academic Press p.157-183

(C)

CAPUANO N, DE SANTO M, MARSELLA M, MOLINAR M & SALERNO S (2000)

A multiagent architecture for intelligent tutoring. In Proceedings of the International Conference on Advances in Infrastructure for Electronic Business, Science, and Education on the Internet, 2000

CARRIERE E., DELOZANNE E. & VIVET M.(1990)

Des connaissances pour produire des explications dans un Tuteur Intelligent, Revue d'Intelligence Artificielle, vol 4, n°2/1990, edition Hermès, p.113-124.

Bibliographie

CARVALHO DA SILVA J.M & AZAMBUJA SILVEIRA R (2007)
Modeling and Building Intelligent Learning Environments through Intelligent Learning Objects.
ICALT 2007: 592-594

CHAFFAR S, FRASSON C (2004)

Architecture pour des systèmes tuteurs émotionnellement intelligents, TICE'2004, France, October 2004.

CHERKAOUI C (1996)

La planification didactique : une contribution au développement d'un planificateur didactique dynamique dans un environnement informatique d'aide à l'apprentissage de la lecture. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal — Clermont II.

CHAIB-DRAA, B (1996)

A Hierarchical Model of Agent Based on Skill, Rules, and Knowledge, In Advances in Artificial Intelligence, 11th Biennial Conf. on AI, Toronto, Canada, Springer Verlag, LNAI 1081, McCalla (Ed.), Berlin, 1996.

CHAMBREUIL, M., BUSSAPAPACH, P. & FYNN, J. (2000)

Didactic situations as multifaceted theoretical objects, accepted as a poster at the Fifth International Conference on Intelligent Tutoring Systems. Montreal, Canada, June 2000

CHEVRIER J, FORTIN G, LEBLANC R & THÉBERGE, M (2000-A)

Problématique de la nature du style d'apprentissage. Dans *Éducation et francophonie*, Volume XXVIII (1), Québec: ACELF

CHEVRIER J, FORTIN G, THÉBERGE M & LEBLANC R (2000-b)

Le style d'apprentissage: une perspective historique. Dans *Éducation et francophonie*, Volume XXVIII (1), Québec: ACELF.

CHEVRIER J, FORTIN G, LEBLANC R THÉBERGE M, (2000-c)

La construction du style d'apprentissage . Dans *Éducation et francophonie*, Volume XXVIII (1), Québec: ACELF.

CHEVRIER J, CHARBONNEAU, B. (1991)

Apprentissage expérientiel: Manuel pour les juges, Document inédit, Université du Québec. 1991.

CHOU C-Y, CHAN T-W & LIN C-J (2003)

Redefining the learning companion : the past, present, and future of educational agents. *Computers & Education*, 40(3) :255–569, 2003.

Claparède E (1921)

L'école sur mesure, Delachaux et Niestlé, Neuchâtel et Paris, 1921, page 37.

CLASS, B. (2003)

Exploration d'une structure de support tutorale dans un environnement d'apprentissage centré sur l'apprenant. Canevas de thèse, FPSE, Université de Genève.

Cleder C (2002)

Planification didactique et construction de l'objectif d'une session individualisée : modélisation des connaissances et du raisonnement en jeu, Thèse de doctorat, Université Clermont-Ferrand 2,

CUQ. J.P (2007)

Conférence de Jean-Pierre Cuq. : La problématique de l'évaluation en didactique des langues A. Merceron and K. Yacef. Train, store, analyse for more adaptive teaching. Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et l'Industrie, octobre 2004 :52-58, 2004.

(D)

DAVID. J.P (2003)

Modélisation et production d'objets pédagogiques. Sciences et Techniques Educatives, Hors série 2003, Ressources numériques, XML et éducation, Hermès, avril 2003.

DELESTRE N. (2000)

METADYNE, un Hypermédia Adaptatif Dynamique pour l'Enseignement , Thèse de l'Université de Rouen, Soutenue le 20 Janvier 2000.

DELOZANNE E. & VIVET M. (1990)

Tuteurs Intelligents et Formation, Actualité de la Formation Permanente N°107, Juillet-Août 1990, p. 55-61.

DELOZANNE E. & GRUGEON B (2004).

Pépites et lingots : des logiciels pour faciliter la régulation par les enseignants des apprentissages en algèbre. Cahiers Éducation et Devenir, Hors série, Les TIC à l'école : miracle ou mirage ? :82-92, septembre 2004.

DESCHENES, A.& COLL. J (1989).

Activités d'apprentissage et acquisition de connaissances à l'aide de documents écrits . In Deschênes A.-J (1995) (Sous la direction de). La formation à distance maintenant. Manuel d'apprentissage. Thème II. Le support à l'apprentissage et formation à distance. Sainte-Foy Télé-Université.

DESCHENES, A.-J. & LEBEL, C. (1994).

La conception du support à l'apprentissage dans les activités de formation à distance In Deschênes A.-J. (1995) (Sous la direction de). La formation à distance maintenant. Manuel d'apprentissage. Thème II. Le support à l'apprentissage et formation à distance. Sainte-Foy : Télé-université.

DESSUS P. (1995).

Effets de l'expérience et de la matière dans l'utilisation de routines pour la planification de séquences d'enseignement. Cahiers de la Recherche en Éducation, 2(3), 1-28.

DESSUS P (2000)

La planification de séquences d'enseignement, objet de description ou de prescription ?
Revue Française de Pédagogie n° 133, octobre-novembre 2000

Bibliographie

DESSUS P. (2006).

Quelles idées sur l'enseignement nous révèlent les modèles d'Instructional Design ? Revue Suisse des Sciences de l'éducation, 28(1), 137-157.

DIX J., KRAUS, S. & SUBRAHMANIAN V. (2004)

Heterogeneous temporal probabilistic agents. ACM Transactions of Computational Logic 5(3).

DUBOIS D (2007)

Constructing an agent equipped with an artificial consciousness: application to an intelligent tutoring system. thèse de doctorat, montréal, université du québec à montréal.

DURANT G (2006)

La scénarisation de l'évaluation des activités pédagogiques utilisant les Environnements informatiques d'Apprentissage Humain thèse de doctorat Université de Savoie

(E,F)

ENGESTRÖM, Y. (1999).

Activity Theory and Individual and Social Transformation (pp. 19-38). In Y., Engeström, R.,

FIKES R NILS J.N(1971)

STRIPS: A New Approach to the Application of Theorem Proving to Problem Solving. IJCAI 1971: 608-620

FORTIN G, CHEVRIER J, AMYOT E (1997)

Adaptation française du Learning Styles Questionnaire de Honey et Mumford. Dans Mesure et évaluation en éducation, volume 19 (3), pp. 95-118.

FRASSON C. (1998).

Using cognitive Agents for Building Pedagogical Strategies in a Multistrategic Intelligent Tutoring System, In Deuxième journée Acteurs, Agents et Apprentissage, Bayonne, September 1998.

FUTTERSACK M & LABAT J.-M. (1992)

QUIZ : a distributed ITS, congrès ICCAL, pp 225-237, Canada, 1992

Futtersack M & Labat J.-M.(1993)

Dynamic and Interactive Pedagogical Planning: the QUIZ Example", congrès AI-ED, Edimbourg, 1993

(G)

GAGUET, L. (2000a)

Attitudes mentales et planification en intelligence artificielle : modélisation d'un agent rationnel dans un environnement multi-agents, Thèse de doctorat, Université Clermont-Ferrand 2.

GHALLAB M., NAU D., TRAVERSO P (2004)

Automated Planning, Theory and Practice, Elsevier, Morgan Kaufmann Publishers, 663 pages. ISBN 1-55860-856-7, May 2004

GIORDAN, A., MARTINAND, J.-L. (1988)

Etat des recherches sur les conceptions des apprenants à propos de la biologie. ANNALES de DIDACTIQUE des SCIENCES, 1988. Rouen : Publications de l'Université de Rouen.

GODLSTEIN I.P (1982)

The genetic graph: A representation for the evolution of procedural knowledge in Sleeman D., Brown J.S., (Eds.) Intelligent Tutoring Systems, pp.51-77

GOLDSTEIN K, SCHEERER M (1941)

Abstract and concrete behavior: an experimental study with special tests. In Psychological Monograph, Volume 53 (239), pp. 1-151.

GUESSOUM Z & BRIOT. J.-P (1999)

Active Objects to Autonomous Agents. IEEE Concurrency, vol. 7, n° 3, pp. 68-76, 1999.

GUESSOUM Z (1996)

Environnement de développement et de conception de systèmes multi-agents. Thèse, Université Paris 6, 1996.

(H, I)

HADJI C. (1990)

Les règles du jeu. ESF, 1990.

HARTLEY, J., SLEEMAN, D. (1973).

Towards more intelligent teaching systems. International Journal of Man-Machine Studies 2, 215-236.0

HAEUW, F (2005)

Individualisation et nouvelles modalités de formation : quelles articulations, quel avenir ? Actualités de la Formation Permanente n°196.

Hoc J-M (1998)

L'ergonomie cognitive un compromis nécessaire entre des approches centrées sur la machine et des approches centrées sur l'homme, deuxièmes journées Recherche et ergonomie, février 98

Horton, W.K. (2000).

Designing web based training. New York: Wiley.

MATURANA H & VARELA F (1992)

Tree of Knowledge, Shambhala; Rev Sub edition (March 31, 1992)

HUTCHINS E (2000)

Distributed Cognition, IESBS Distributed Cognition,

<http://eclectic.ss.uci.edu/~drwhite/Anthro179a/DistributedCognition.pdf> (consulté Mai 2009)

Bibliographie

Huot J (1979)

Eléments pour un modèle de communication pédagogique- thèse de doctorat, faculté de science de l'éducation ; université de Montréal 1979

(J)

JONASSEN, D. H. (1997).

Instructional design models for well-structured and ill-structured problemsolving learning outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 45(1), 65-94.

JONASSEN, D. H. & LAND, S. M. (2000).

Theoretical Foundations of Learning Environments. Mahwah, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates.

JONASSEN, D. H., & ROHRER-MURPHY, L. (1999).

Activity theory as a framework for designing constructivist learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 47(1), 61-79.

JONASSEN, D. H., TESSMER, M., & HANNUM, W. (1999).

Task analysis methods for instructional design. Mahwah: Erlbaum.

JUWAH. C (2003)

Using peer assessment to develop skills and capabilities. *United States Distance Learning Association*, janvier 2003 :39–50, 2003.

(K)

KEEFE, JAMES W. (1979)

Learning style : an overview. Dans James W. Keefe (Ed.), *Student learning styles : diagnosing and prescribing programs*, Reston, VA: National Association of Secondary School Principals (NASSP), pp. 1-17.

KELLY, G A. (1955)

The psychology of personal construct, New York: Norton.

KIRBY, J. A., HOADLEY, C. M., & CARR-CHELLMAN, A. A. (2005).

Instructional Systems Design and the learning sciences: A citation analysis. *Educational Technology Research and Development*, 53(1), 37-48.

KLEIN, G S. (1950)

Perception: an approach to personality, New York: Ronald.

KNOWLES, M. (1990).

L'apprenant adulte, vers un nouvel art de la formation. Paris: Les Éditions d'Organisation

KOPER R., (2001)

Modeling units of study from a pedagogical perspective. The pedagogical meta-model behind EML. Open University of the Netherlands 2001, <http://eml.ou.nl/introduction/articles.htm> (consulté Mai 2009)

KOTA S. & WARD A.C. (1991)

Functions, structures and constraints in conceptual design, Proceedings of the 2nd International Conference on Design Theory and Methodology, Chicago, IL, USA, DE-27 pp.239-250

KOUTRIKA G., IOANNIDIS Y.(2001)

Personalization of Queries in Database Systems, In: Proceedings of the 20th International Conference on Data Engineering, Boston, Massachusetts, USA, April, 2004

KOZMA, R. B. (1991).

Learning with media. Review of Educational Research, 61, 2, 179-211.

KOZMA, R. (1994).

Will media influence learning: Reframing the debate. Educational Technology Research and Development, 42(2), 7-19.

KUTTI K. (1996)

Activity theory as a potential framework for humancomputer interaction research , In B.Nardi (ed.) Context and consciousness – Activity theory and human-computer interaction, the MIT Press, Cambridge, Massassuchets, pp 17-44.

(L)

LABAT J.-M. & FUTTERSACK M. (1990)

Quiz : un système pour enseigner le bridge, Actes des journées EIAO de Cachan, ENS,1990.

Labat J-M.(1992)

A Pragmatic way for Student Modelling: The QUIZ Example, East-West conference, pp 194-198, Moscou, 1992.

LAURIERE J.L. (1986)

Intelligence Artificielle. Résolution de problèmes par l'Homme et la Machine, Éditions Eyrolles, Paris, 1986.

LAVE J. & WENGER, E. (1991)

Situated learning: legitimate peripheral participation, Cambridge: Cambridge University Press.

LEBRUN, N., & BERTHELOT, S. (1991).

Design de systèmes d'enseignement. Ottawa: Éditions ARC (rééd. 1994 sous le titre Plan pédagogique. Bruxelles : De Boeck).

LEWIS R. (1997).

An activity theory framework to explore distributed communities. Journal of Computer Assisted Learning, 13, 210-218.

LINARD, M. (1994)

La distance en formation: une occasion de repenser l'acte d'apprendre, Communication au Colloque Open and Distance Learning: Critical Success Factors, Genève, octobre

Bibliographie

LINARD M, (1996),

Des machines et des Hommes . Apprendre avec les nouvelles technologies, Paris, éd L'Harmattan

LINARD, M. (2001).

Concevoir des environnements pour apprendre : l'activité humaine, cadre organisateur de l'interactivité technique. *Sciences et Techniques Éducatives*, 8(3-4), 211-238.

LINARD M (2002)

Conception de dispositifs et changement de paradigme en formation ? *Education permanente*, 152 (2002) 143-155

LONGUEVILLE B., LE CARDINAL J. & BOCQUET J.-C. (2001)

La gestion des connaissances pour les projets de conception de produits innovants. Actes du 7ième colloque sur la conception mécanique intégrée AIP-PRIMECA'01, pages 388-395. La Plagne, 4/2001.

LUENGO V., MUFTI-ALCHAWAFA D., VADCARD L.(2006)

De la didactique à l'informatique pour la conception d'un EIAH en chirurgie orthopédique. Actes de la conférence Extraction et Gestion de la Connaissance , EGC janvier 2006.

(M)

MAHMOUD A (1997)

Architecture agent-objet pour les interfaces apprenant-machine : Vers une méthodologie de conception et un système d'aide à la construction. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal — Clermont II.

MARLIEU P (1979)

Genèse des conduites d'identité : identité individuelle et personnalisation : production et affirmation de l'identité : colloque international Toulouse septembre 1979 39-51

MARQUET P (2005)

Intérêt du concept de conflit instrumental pour la compréhension des usages des EIAH, Conférence EIAH 2005 (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain)

MARQUET P& LEROY F (2004)

Comment conceptualiser les usages pédagogiques des environnements numériques de travail et d'apprentissage partagés ? 7ème Biennale de l'éducation et de la formation Avril 2004 LYON

MARTINEZ, M. (2000)

Designing Learning Objects to Personalize Learning, in D. A. Wiley, ed., *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*. Retrieved from the World Wide Web, May 18, 2000:
<http://www.reusability.org/read/chapters/martinez.doc> (consulté Mai 2009)

MCCALLA G.I., PEACHY, R. (1985) Using planning techniques in intelligent tutoring system , *Journal of Man-Machine studies*, 24 77-98.

MEIRIEU P(1991)

Individualisation, différenciation, personnalisation, etc.: de l'exploration d'un champ sémantique aux paradoxes de la formation, Individualiser les parcours de formation, Actes du colloque de l'A.E.C.S.E. les 6 et 7 décembre 1991, Lyon, 1991, pages 9 à 32.

- MERRILL, M. D. & ID2 RESEARCH TEAM (1993).
Instructional Transaction Theory: knowledge relationships among processes, entities, and activities. *Educational Technology*, 33 (4), 5-16.
- MERRILL, D. (1996)
Instructional transaction theory: instructional design based on knowledge objects. *Educational Technology*, 36(3), 30-37
- MERRILL .D (2000)
Knowledge objects and mental models, in David Wiley, Ed., *The Instructional Use of Learning Objects*. <http://cito.byuh.edu/merrill/text/papers/KOMM.PDF> (consulté Mai 2009)
- MEYER B. (1993)
Systematic Concurrent Object-Oriented Programming . *Communications of the ACM*, vol. 36, no 9, September 1993
- MIETTINEN & R.-L. PUNAMÄKI EDS. (1999)
Perspective on Activity Theory: Learning in doing: Social, Cognitive, and Computational Perspectives . New York : Cambridge University Press.
- MISCHEL, W, SHODA, Y (1998)
Reconciling processing dynamics and personality dispositions. In *Annual Review of Psychology*, Vol. 49, pp. 229-258.
- MOBASHER B., DAI H., LUO T., NAKAGAWA M. (2002)
Discovery and Evaluation of Aggregate Usage Profiles for Web Personalization, *Data Mining and Knowledge Discovery*, 6(1):61-82, 2002
- MURRAY, T. (1999).
Authoring Intelligent Tutoring Systems: An analysis of the state of the art. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10, 98-129.
- (N,O)**
- NEWELL A (1990)
Unified Theories of Cognition. Cambridge MA: Harvard University Press
- Nelson-LeGall, S. (1981)
Help-seeking: An understudied problem-solving skill in children. *Developmental Review*, 1, 224-246.
- Newman, R. S. (1994).
Adaptive help seeking: a strategy of self-regulated learning. In D. H. Schunk & B. J. Zimmerman (Eds.) *Self-regulation of learning and performance: Issues and educational applications* (pp. 283-301). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- NICAUD J.-F. (1987).
APLUSIX:un système expert de résolution pédagogique d'exercices d'algèbre. Thèse de doctorat, Université de Paris Sud, Oray

Bibliographie

NICAUD J.-F., VIVET M. (1998)

Les tuteurs Intelligents, réalisations et tendances de recherche, TSI, vol 7, n° 1, 1988.

NICOLLE A. (2001)

La question du symbolique en informatique , Colloque de l'ARCo Lyon, Décembre 2001 Edit : Hermès.

NONAKA I. ET TAKEUCHI H., (1995)

The knowledge-Vreating Company : How Japanese Comanies Create the Dynamics of Innovation
Oxford University Press.

Norman D.A. (1992)

Turns signals are the facial expressions of automobiles, Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

OCHS, M., FRASSON, C.(2004)

Optimal Emotional Conditions for Learning with an Intelligent Tutoring System. Workshop on Social and Emotional Intelligence in Learning Environments In conjunction with the 7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Maceio - Alagoas, Brazil, August 31st (2004)

O'SHEA T (1982)

A self-improving quadratic tutor, in Sleeman D., Brown J.S (eds.) Intelligent tutoring systems.
Academic Press, p 309-336.

(P)

PAQUETTE G (1998)

La modélisation par objets typés. Une méthode de représentation pour les systèmes d'apprentissage et d'aide à la tâche. Notes de recherches. Laboratoire LICEF. 1998.

PAQUETTE G (2002)

Modélisation des connaissances et des compétences Presses de l'université du Québec 2002

PAQUETTE G, CREVIER F & AUBIN C (2002)

Méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage (MISA) Centre de recherche LICEF - Télé-université trouvé sur le web en déc. 2002

PAQUETTE G & ROSCA L (2002)

Organic Aggregation of Knowledge Objects in Educational Systems Center for Inter-university Research on Telelearning Applications CIRTA-LICEF, Télé-université, Université du Québec

PAQUETTE G., TCHOUNIKINE P.(2002),

Contribution à l'ingénierie des systèmes conseillers : une approche méthodologique fondée sur l'analyse du modèle de la tâche, Revue Sciences et Techniques Educatives Vol. 9.

PERNIN J-P. (1996)

MARS : un modèle opérationnel de conception de simulations pédagogiques,
Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier-Grenoble 1, 1996.

PERNIN, J.P. (2003a)

Objets pédagogiques : unités d'apprentissage, activités ou ressources Revue "Sciences et Techniques Educatives", Hors série 2003 " Ressources numériques, XML et éducation", pp 179-210, avril 2003, éditions Hermès.

PERNIN, J.P. (2003b)

A propos des objets pédagogiques, Conférence invitée dans le cadre du colloque "Entre technique et pédagogie, Neuchâtel, Suisse, 6 Novembre 2003

PERNIN, J.P. & LEJEUNE A. (2004)

Modèles pour la réutilisation de scénarios d'apprentissage, actes en ligne du colloque TICE Méditerranée, p 48, Nice, novembre 2004

PIAGET J (1969)

Psychologie et pédagogie , Paris , Denoël-Gontier médiations

PALINCSAR, A. S. & BROWN, A. L. (1984)

Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1, 117-175.

PARX J.Y., (2000)

Le guide du Knowledge Management, concepts et pratiques du management de la connaissance", Eds. Dunod 2000.

(Q,R)

QUANQUIN V (2000).

Le choix du texte: problématique et application dans le cadre d'un environnement informatique d'aide à l'enseignement et l'apprentissage de la lecture en cours préparatoire. Thèse de doctorat en Sciences du langage. Université de Clermont-Ferrand II.

QUANQUIN V & CHAMBREUIL A (2006)

Modélisation pour un environnement multimédia de l'apprentissage individualisé de la lecture , *Psychologie Française* Volume 51, Issue 1, March 2006, Pages 41-54

RABARDEL, P. (1995).

Les hommes et les technologies. Paris: Colin.

RABARDEL P. (1999),

Le langage comme instrument ? Eléments pour une théorie instrumentale étendue, in Y. Clot (éd.), Avec Vygotski, Paris, La Dispute, 241-264.

RAYNAL, F., & RIEUNIER, A. (1991).

Petit vocabulaire de pédagogie à l'intention des enseignants. Abidjan: IPNETP.

REIGELUTH, C. M., & ROGERS, C. A. (1980).

The elaboration theory of instruction: Prescriptions for task analysis and design. *NSPI Journal*, 19, 16-26.

Bibliographie

RIDING R & BUCKLE C F. (1990)

The computer determination of learning styles as an aid to individualised computer-based training, Birmingham: Assessment Research Unit, Faculty of Education and Continuing Studies, University of Birmingham.

RIDING, R, RAYNER, S (1998)

Cognitive styles and learning strategies, London: David Fulton.

RIEL, M. & POLIN, L. (2004).

Learning communities: Common ground and critical differences in designing technical environments. Chapter 3 in Barab & Kling (eds.) Designing Virtual Communities in the Service of Learning. NY: Cambridge University Press.

ROGALSKI, J., SAMURCAY, R. (1993)

Représentations de référence: outils pour le contrôle d'environnements dynamiques, in Weill-Fassin A., Rabardel P., Dubois D. eds., Représentations pour l'action, Octares.

RUMBAUGH J., JACOBSON I. & BOOCH G., (1997)

Unified Modeling Language Reference Manual. Addison-Wesley, 1997

(S)

SANDBERGJ.,BARNARDY. (1993)

Interviews on AI and Education: Education and Technology: What do we know? And where is AI ?, AICOM, Vol.6,n°1,pp.47

SARI, I. F. & REIGELUTH, C. M. (1982).

Writing and evaluating textbooks: Contributions from instructional theory. In D. H. Jonassen (Ed.), The technology of text (Vol. 1, pp. 53-90). Englewood Cliffs: Educational Technology Publications.

SCARDAMALIA M. (2000)

A design experiment for democratizing knowledge. Colloquium, Open University, Milton Keynes, Royaume-Uni.

SEARLE J (1972)

Speech Acts, Cambridge University Press 1969, ISBN 052109626X - en français: Les actes de langage, Hermann 1972

SEBASTIANI F (2005)

Text categorization. In Rivero, L. C., Doorn J. H. et Ferraggine, V. E. (dir. publ.). 2005. The encyclopedia of database technologies and applications. Hershey : Idea Group Publishing, pp. 683-687.

SELF J. (1974)

Student models in Computer-Aided Instruction. International Journal of Man-Machine Studies,6,pp.261-276

SELF J. (1992)

Computational mathematics: the missing link in intelligent tutoring systems research? in Costa E (ed.), New directions for intelligent tutoring systems, Springer Verlag, NATO ASI Series, F, vol.91, pp. 38-56

SHLAER S & MELLOR S (1991)

Object Lifecycles: Modeling the World in States, Yourdon Press, 1991

SHEARIN S. & LIEBERMAN H (2001)

Intelligent Profiling by Example, In: Proceedings of the International Conference on Intelligent User Interfaces, Santa Fe, USA, January 2001

SHAYWITZ S. (1997)

La dyslexie. *In Pour la Science*, 232, 76-82.

SOULIER E. & CAUSSANEL J. (2004)

Apprentissage assisté par Story Telling : pédagogie de l'erreur", in: actes de la conférence TICE 2004 « Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et l'Industrie », Compiègne, octobre 2004.

STAMEY J.W, SAUNDERS B.T & DELUCA W.V (2005)

Designing Intelligent Learning Objects. ICALT 2005: 323-325

STOILESCU D. (2007)

Modalities of Using Learning Objects for Intelligent Agents. In T. Bastiaens & S. Carliner (Eds.), Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2007 (pp. 7402-7410). Chesapeake, VA: AACE

(T)

TENNYSON R. (1988)

Linking cognitive learning theory to instructional prescriptions, *Instructional Science*, vol. 17, 369-385

TERESA C. (1999)

Comment penser la collaboration avec des artefacts, in T. Cerrato, *Activité collaborative sur réseau : une approche instrumentale de l'écriture en collaboration*, Thèse de l'Université Paris 8, décembre 1999.

TCHOUNIKINE P. (2002a)

Pour une ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, *Revue I3 information – interaction – intelligence* 2(1),

TCHOUNIKINE P. (2002b)

Conception des environnements informatiques d'apprentissage : mieux articuler informatique et sciences humaines et sociales. In: *Les technologies en éducation : Perspectives de recherche et questions vives*, Baron G.L., Bruillard E. (ed.), p. 203-210, Edité par Paris : INRP - MSH - IUFM de Basse Normandie.

TCHOUNIKINE P. (2002c)

Quelques éléments sur la conception et l'ingénierie des EIAH. Actes des deuxièmes assises nationales du GdR I3, pp. 233-245, Nancy, décembre 2002.

Bibliographie

THÉBERGE M., LEBLANC R, BRABANT M. (1996)

Étude de la variable sexe du style d'apprentissage des étudiantes et des étudiants de la formation à l'enseignement. Dans Revue du Nouvel Ontario, Volume 18, pp. 35-65.

TRICOT A. (2003).

Apprentissage et recherche d'information avec des documents électroniques. Mémoire pour l'habilitation à diriger des recherches, Université de Toulouse le Mirail (128 p.).

TRIGGR. H. (1991)

From Trailblazing to Guided Tours: The Legacy of Vannevar Bush's Vision of Hypertext Use in Nyce J.M., Kahn P. (eds.), From Memex to Hypertext: Vannevar Bush and The Mind's Machine, Academic Press, San Diego, CA, pp. 353-365

TROUCHE L (2005)

Des artefacts aux instruments, une approche pour guider et intégrer les usages des outils de calcul dans l'enseignement des mathématiques, Actes de l'Université d'été de Saint-Flour 22-27 août 2005.

(U,V)

VADCARD L. & LUENGO V (2005)

Réduire l'écart entre formations théorique et pratique en chirurgie : conception d'un EIAH. Actes de la Conférence EIAH 2005, Montpellier.

Van Der Maren J.M (2003)

La recherche appliquée en pédagogie : des modèles pour l'enseignement, (Méthodes en sciences humaines). Bruxelles, De boeck, 2003.

VANDERSPELDEN Jean (2005)

Individualiser n'est pas personnaliser, ou apprendre à s'autoformer. Actualité de la formation permanente APP 01/2005, n° 194, p. 122-129

VAN MERRIËNBOER, J. J. G., & KIRSCHNER, P. A. (2001).

Three worlds of instructional design: State of the art and future directions. Instructional Science, 29, 429-441.

SEARL J (1985)

L'intentionnalité : essai de philosophie des états mentaux, Editions de Minuit (1 septembre 1985)

VIVET M. (1987)

Systèmes experts pour enseigner : métaconnaissances et explications, Cognitiva 87.

VIVET M. (1988a)

Knowledge based tutors : towards the design of a shell, International Journal of Educational Research, vol 12 n°8, p. 839-850.

VIVET M. (1988b)

Examination of two ways for research in advanced educational technology, NATO, Milton Keynes, november 11/12, 1988.

VIVET M. (1984)

Expertise mathématique et informatique : Camélia, un logiciel pour raisonner et calculer, Thèse d'Etat, Université Paris 6, 1984.

VYGOTSKY, L. S. (1978).

Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes . Cambridge (MA) : Harvard University Press

(W)

WENGER, E.(1987)

Artificial Intelligence and Tutoring Systems, Morgan Kaufmann,1987.

White, B. & Frederiksen, J. (1998).

Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-117.

WILEY, D. A. (2000).

Learning Object Design And Sequencing Theory. Unpublished PhD, Brigham Young University, <http://wiley.ed.usu.edu/docs/dissertation.pdf> (consulté Mai 2009)

WILEY, D. A. (2002)

Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy, in David A. Wiley, *The Instructional Use of Learning Objects* - 2002

WITKIN, H A. (1954)

Personality through perception, New York: Harper.

WITKIN, H A. (1976)

Cognitive style in academic performance and in teacher-student relations. Dans S. Messick & Associates (Ed.), *Individuality in learning*, San Francisco: Jossey-Bass, pp. 38-72.

(Y,Z)

YANGHEE K (2005)

Empathetic Virtual Peers Enhanced Learner Interest and Self-Efficacy, AIED 2005: <http://www.informatics.sussex.ac.uk/users/gr20/aied05/finalVersion/KYanghee.pdf> (consulté Mai 2009)

ZORMAN, M. (1999)

Évaluation de la conscience phonologique et entraînement des capacités phonologiques en grande section de maternelle. In *Rééducation orthophonique*, 197, 139-157

Autres références

ARNAUD M (2004)

Normes et standards de la formation à distance : enjeux et perspectives (article de Michel Arnaud, sur le site de l'INSA) <http://docinsa.insa-lyon.fr/tice/2002/cs/cs015.pdf> (consulté Mai 2009)

BAUDOIN C (2005)

Rôle des Agents Pédagogiques dans les Environnements d'Apprentissage Humain rapport, Master Recherche IFSIC Brest

BESSOT A, (2002)

Cours : Introduction à l'analyse des situations didactiques équipe DDM, Laboratoire Leibniz – 2002

BLANVILLAIN O (1993)

L'EIAO de langues : quelques réflexions n° 71 Revue de l'EPI <http://www.epi.asso.fr/revue/71/b71p117.htm> (Consulté Mai 2009)

Cours agents intelligents

cours web interactif : http://turing.cs.pub.ro/auf2/html/chapters/chapter3/chapter_3_2_1.html (consulté Mai 2009)

DICTIONNAIRE DE L'EDUCATION

Dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation, Retz, 3ème édition, 2005.

(IIGM)

Institut International de Gestion Mentale <http://www.iigm.org/> (consulté Mai 2009)

(IMS)

IMS Global Learning Consortium. Ims content packaging overview. <http://www.imsglobal.org/learningdesign/index.html> (consulté Mai 2009)

LEROY F (2004)

Comment conceptualiser les usages pédagogiques des environnements numériques de travail et d'apprentissage partagés ?, Biennale de l'éducation et de la formation ; Atelier n° 14 : En quoi la "maîtrise" de l'information est-elle au service de la connaissance ? <http://www.inrp.fr/Access/Biennale/7biennale/Contrib/longue/3094.pdf> (consulté Mai 2009)

MARTEL V (2005)

Émergence d'une communauté d'apprentissage en réseau à l'ordre primaire : l'activité de transformation d'un environnement d'apprentissage par la direction, les enseignants et les élèves (étude de cas) , Maîtrise en psychopédagogie. Université Laval Département D'études Sur L'enseignement Et L'apprentissage : <http://archimede.bibl.ulaval.ca/archimede/files/9c054c1b-5e4b-4a50-947d-40f6841eb8c5/22874.html> (consulté Mai 2009)

PREGMA

Pédagogie et Recherche en Gestion Mentale Appliquée <http://www.gestion-mentale.ch/ateliers.html> (consulté Mai 2009)

(WS-LT)

Information Society Standardization System

<http://www.cen.eu/cenorm/businessdomains/businessdomains/iss/index.asp> (consulté Mai 2009)

ZAKHARTCHOUK J-M (2001).

Pédagogie différenciée : Une indispensable clarification page n32-40 Volume N° 95 Année 2001