

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Badji Mokhtar-Annaba-
Badji Mokhtar-Annaba- University



جامعة باجي مختار-عنابة

Année: 2017

Faculté des Sciences de l'Ingéniorat
Département d'Informatique

THÈSE

Présentée en vue de l'Obtention du Diplôme de
Doctorat 3^{ème} Cycle LMD en Informatique

Un Modèle d'Adaptation pour un Environnement Virtuel de Formation (EVF)

Filière : Informatique

Spécialité : Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (RFIA)

Par :

Nadia BEGGARI

Devant le jury composé de :

Président : M. N. FARAH	Pr.	Université Badji-Mokhtar, Annaba
Rapporteur : M. T. BOUHADADA	Pr.	Université Badji Mokhtar Annaba
Examineur : M. H. SERIDI	Pr.	Université du 08 Mai 45, Guelma
Examinatrice : Mme. H. SERIDI-BOUCHELACHEM	Pr.	Université Badji-Mokhtar, Annaba
Examineur : M. Y. LAFIFI	Pr.	Université du 08 Mai 45, Guelma

Remerciements

Tout d'abord, je remercie notre Dieu clément qui m'a donné la puissance pour que je puisse achever et mener à terme ce travail.

Mes vifs remerciements accompagnés de toute ma gratitude vont à mon directeur de thèse Monsieur Pr Tahar Bouhadada sans qui je ne serais sans doute pas docteur aujourd'hui. Un grand merci pour m'avoir incité à me lancer dans cette aventure, pour ses conseils, ses lectures, ses critiques, sa patience et ses perpétuels encouragements.

Mes très sincères remerciements vont également à Madame Nabila Bousbia de l'Ecole Nationale Supérieure d'Informatique (ESI) d'Alger, pour sa disponibilité, ses contributions, ses encouragements, sa générosité, ses précieux conseils et ses orientations.

Je remercie de l'Université de Annaba, le Professeur Nadir Farah, le Professeur Hassina Seridi-Bouchelagham, et de l'Université de Guelma, le Professeur Hamid Seridi, et le professeur Yacine Lafifi de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'évaluer cette thèse et d'avoir accepté de faire partie du jury.

Je remercie tous ceux qui ont participé à l'enquête et à l'expérimentation que j'ai menée, en particulier, les enseignants du département d'informatique et les enseignants du département de communication de l'Université de Annaba, et les étudiants de 3Com (promotion 2015) du département Communication.

Je remercie également mes ami(e)s, informaticiens ou non, particulièrement Hanene, Meriem et Nesrine qui ont toujours été là pour moi.

Enfin, je remercie mes parents et ma famille pour leur soutien inconditionnel et leurs encouragements tout au long de mes études.

Résumé

Ce travail de recherche se situe dans le domaine des environnements d'apprentissage à distance et s'intéresse plus spécifiquement à la mise en place d'un système d'assistance adaptable et individualisable pour favoriser la persistance des apprenants. Nous cherchons à proposer à l'apprenant une assistance pédagogique spontanée et contextualisée : c'est-à-dire pertinente et au bon moment. Pour fournir ce type d'assistance, nous avons proposé une approche active qui permet de déterminer, durant le processus d'apprentissage, des indicateurs révélateurs de difficultés. Cette approche est basée sur un formalisme permettant la description de l'assistance par un ensemble de situations sous la forme « situation problématique et proposition d'assistance ». Nous avons notamment proposé un modèle (le modèle IMAC) pour modéliser les situations problématiques par un ensemble de composants (**I**ndicateur, **M**odalité, **A**spect et **C**atégorie), et nous avons adopté trois moyens et actions d'assistance pour les propositions (message, exemple, modification de l'interface), en plus, nous avons proposé cinq indicateurs révélateurs de difficultés. Pour illustrer l'approche, nous avons proposé un processus de conception en trois (03) phases : les deux premières dédiées aux concepteurs d'assistance, une phase pour la description de l'environnement d'apprentissage et la spécification de l'assistance souhaitée et l'autre phase pour l'identification des indicateurs révélateurs des situations de besoin d'assistance ; et la troisième phase dédiée aux apprenants pour l'exécution de l'assistance.

Nous avons implémenté ces propositions dans un outil désigné MISNA. Cet outil est composé de différents sous-outils : un éditeur à destination des concepteurs d'assistance pour la description de l'environnement d'apprentissage et pour la spécification des situations d'assistance; un environnement Web à destination des apprenants pour la réalisation des activités pédagogiques ; et un détecteur de situations d'assistance pour la détection des difficultés et des situations de besoins d'assistance. Concernant la surveillance de l'environnement d'apprentissage et la collecte des interactions des apprenants, nous avons utilisé un outil de collecte centrée utilisateur.

L'approche proposée a été validée avec trois séries d'expérimentations qui ont également confirmées la possibilité d'identifier automatiquement les difficultés d'apprentissage à partir des traces et des indicateurs d'interactions.

Mots-clés : Assistance pédagogique, Traces d'interactions, Indicateurs révélateurs de difficultés, Situation de besoins d'assistance, Modèle de définition d'assistance.

Abstract

This thesis is situated particularly in the distance learning environments field. It concerns the establishment of an adaptable and an individualized assistance system; in order to favor the persistence of learners. We seek to provide a contextualized spontaneous pedagogical assistance: That is to say, relevant and at the right time. To provide this type of assistance, we have proposed an active assistance approach that allows calculating, during the learning process, revealing indicators of learner's difficulties. This approach is based on a formalism that allows the description of the assistance by a set of assistance situations in the form « problematic situation and assistance proposal ». Notably, we propose the IMAC model for modeling the problem situations by a set of components (**I**ndicator, **M**odality, **A**spect and **C**ategory), and we adopte three ways and actions of assistance for the proposals (message, example, changes in the interface), also we propose five revealing indicators with their formulas. To illustrate this approach, we propose a design process that consists of three phases: The first two phases concern the assistance designer: the first allows him to describe the e-learning environment and to specify the desired assistance; the second phase for identifying the revealing indicators of assistance need situations; and the third phase concerns the learners; it allows the execution of the desired assistance.

These proposals have been implemented in a framework named MISNA. This framework is composed of different sub-frameworks: an editor for assistance designers to describe the learning environment and to specify assistance situations; an Web environment for learners to realize pedagogical activities; and an editor of assistance situations to detect difficulties and assistance needs situations . About the supervision of the environment and the collection of the learner's interactions, we use a centered-user collection tool. Finally, to provide the assistance to the learner.

The proposed approach has been validated with three sets of experiments that have also confirmed the possibility of identifying automatically learning difficulties from traces and indicators of interactions.

Keywords: Pedagogical assistance, Interaction traces, Difficulties revealing indicators, Assistance needs situations, Assistance definition model.

ملخص

الإشكالية التي تناولتها هذه الأطروحة تندرج في مجال هندسة المعرفة وهي تتعلق بإنشاء نظام مساعدة فردي و مناسب لتعزيز استمرار المتعلمين في بيئات التعليم EIAH . لإنشاء نظام مساعد تلقائي ، قمنا باقتراح نهج نشط للدعم ، الذي يستطيع حساب مؤشرات الكشف عن صعوبات المتعلمين أثناء عملية التعلم. ويستند هذا النهج على شكلية تتيح وصف المساعدة من اجل EIAH . مع هذه الشكلية، يتم تحديد المساعدة بمجموعة من حالات المساعدة على شكل (الوضع الاشكالي و مقترحات المساعدة). قمنا باقتراح نموذج IMAC لنموذجة الاوضاع الاشكالية بمجموعة من العناصر (مؤشر، طريقة، فئة و مظهر) . بالضافة الى ذلك قمنا بتبني ثلاث وسائل مساعدة لاجل المقترحات (رسالة، المثال، والتغييرات في واجهة محيط التعليم)، واقترحنا خمسة مؤشرات كشف مع صيغهم.

لتنفيذ مقترحاتنا النظرية ، قدمنا نهج للدعم مبني على عملية تصميم تتكون من ثلاث مراحل .أول مرحتين تخصصان مصمم المساعدة: أول مرحلة تسمح له بوصف محيط التعليم وتحديد المساعدة التي يريدها من اجل المحيط .كما تكمن المرحلة الثانية في تحديد مؤشرات كشف لحالات احتياجات المساعدة .بينما المرحلة الثالثة تتعلق بالمتعلمين في محيط التعليم وتكمن في تنفيذ المساعدة المرغوبة من قبل المصمم .

قمنا بتنفيذ مقترحاتنا النظرية عمليا من خلال نظام MISNA الذي يتكون من البات مختلفة. محرر المساعدة لـ MISNA مخصص لمصممي الدعم. يقوم بتنفيذ مرحلة وصف المساعدة ، ويوفر لمصممي الدعم واجهاتين: واحدة لوصف محيط التعليم واخرى للتعامل مع مكونات نموذج IMAC من اجل تحديد نظام للمساعدة في شكل مجموعة من الحالات المساعدة . كاشف الصعوبات واحتياجات الدعم في MISNA يقوم بالكشف عن الصعوبات التي تواجه المتعلمين و حالات احتياج المساعدة. من اجل مراقبة محيط التعليم و جمع مجموعة تفاعلات المتعلم، استخدمنا أداة جمع محورها المستخدم ، و للحصول على نظرة عامة بشأن حالة محيط التعليم وحالة المتعلم، استعملنا مؤشرات كاشفة .وأخيرا، لتقديم المساعدة للمتعلم، قمنا بتطوير سياق لمقترحات الدعم قادر على تنفيذ الإجراءات والمقترحات المساعدة

الكلمات المفتاحية: المساعدة البيداغوجية, آثار التفاعل, مؤشرات كشف عن صعوبات, حالة احتياج المساعدة ، نموذج لتعريف المساعدة.

Liste des Figures

Figure 2.1. Typologie de l'assistance à l'utilisateur d'applications informatiques	21
Figure 3.1. Manuel d'aide de l'application de gestion bibliographique EndNote	29
Figure 3.2. Exemple d'un message d'aide pour le site EducaSource.....	31
Figure 3.3. Édition d'un graphe de tâches dans EpiTalk.....	32
Figure 3.4. Navigateur d'ExploraGraph : exécution d'une action d'assistance de type message.....	34
Figure 3.5. Éditeur de règles d'assistance d'ExploraGraph : définition d'une action de type «message»	35
Figure 3.6. Exemple de scénario pédagogique défini en MOT dans Telos	37
Figure 3.7. Édition de règles d'assistance dans l'éditeur de scénarios de Telos.....	38
Figure 3.8. L'Approche Musette.....	39
Figure 3.9. Un modèle d'utilisation simplifié et un fragment de trace de navigation selon Musette	40
Figure 3.10. Les composants du langage aLDEAs.....	41
Figure 3.11. Architecture du système SEPIA.....	42
Figure 4.1. Architecture générale d'un Système à Base de Traces (SBT).....	50
Figure 4.2. Les traces dans Trèfle.....	57
Figure 4.3. L'Espace Trails.....	58
Figure 4.4. Les composants du modèle de traces Musette.....	59
Figure 4.5. Principaux processus d'un outil générique d'analyse d'interaction.....	62
Figure 4.6. Graphe de dépendance de l'indicateur de type de navigation au niveau cours	66
Figure 5.1. Le Modèle IMAC.....	71
Figure 5.2. Processus de conception d'un système d'assistance.....	76
Figure 5.3. Répartition des enseignants selon leurs domaines et leurs expériences.....	79
Figure 5.4. Classification des indicateurs.....	80
Figure 6.1. Architecture de MISNA.....	98
Figure 6.2. Enchaînement des écrans de l'éditeur d'assistance dans MISNA	99
Figure 6.3. Interface de Description des composants.....	101
Figure 6.4. Spécification de l'assistance.....	102

Figure 6.5. Interface d'exécution d'une action d'assistance de type message.....	106
Figure 6.6. L'Interface de l'environnement MISNA.....	107
Figure 7.1. L'arbre des composants du système d'apprentissage.....	116
Figure 7.2. Résultats de la phase de spécification.....	117
Figure 7.3. Taux des interventions proposées dans MISNA.....	119
Figure 7.4. Taux de satisfaction et le nombre des interventions, réactives et proactives.....	119

Liste des Tableaux

Tableau 4.1. Tableau comparatif des différents modèles de traitement des traces	60
Tableau 7.1. Évaluation de la pertinence de l'approche.....	114
Tableau 7.2. Évaluation de la pertinence du modèle IMAC.....	114
Tableau 7.3. Évaluation de la pertinence de l'outil MISNA.....	115
Tableau 7.4. Synthèse de l'expérimentation et des résultats	118

Introduction

Générale

Introduction Générale

1. Contexte

De nos jours, les Environnements d'Apprentissage à Distance (EAD) sont omniprésents, très variés et indispensables. Ils peuvent s'adresser à un grand nombre d'apprenants, qu'ils soient novices ou experts. Ils peuvent s'agir d'outils de présentation de l'information (hypermédia) ou d'outils de communication (plateformes de Formation Ouvertes et à Distance (FOAD)). Ces environnements proposent aux apprenants des fonctionnalités très variées et utiles dans différents contextes et sur différents supports. A cet effet, les apprenants se trouvent seuls face à cette richesse du contenu, des fonctionnalités et des modalités d'accès, ce qui met les apprenants dans un cas de complexité d'utilisation et d'apprentissage, comme l'expliquent Capobianco et Carbonell dans [CAP06]. De ce fait, beaucoup d'apprenants renoncent à utiliser certains environnements d'apprentissage en raison de difficultés de prise en main et d'utilisation [GIN14]. De même, certains environnements sont sous-exploités par les apprenants. Souvent, ils ignorent que l'environnement propose des fonctionnalités qui les intéressent ou sont effrayés par sa complexité réelle ou supposée. Une interface très chargée, une tâche perçue comme trop longue ou complexe, l'usage d'une fonctionnalité inconnue, l'implication dans une tâche de connaissances ignorées ou oubliées sont également autant d'écueils potentiels pour les apprenants.

Pour pallier les difficultés de prise en main et d'utilisation, réduire l'effort d'apprentissage spécifique fourni par les apprenants et ainsi réduire l'abandon et la sous-exploitation dans les Environnements d'Apprentissage à Distance, l'adjonction d'un système d'assistance est l'une des solutions intéressantes [GIN14].

Dans le cadre des environnements informatiques en générale et dans les environnements d'apprentissage à distance en particulier, un système d'assistance est considéré comme un ensemble de moyens destinés à accompagner les apprenants dans leur apprentissage. Ainsi, un tel système doit pouvoir rendre explicite les modalités d'appropriation et d'usage des différents services de l'environnement informatique [PEI12].

Par ailleurs, des études ont montré qu'un système d'assistance peut être rejeté par les apprenants s'il les interromp dans leur tâche pour leur proposer une assistance *non pertinente* [GAL06], [RAN98]. Pour cette raison, l'individualisation et l'adaptation de l'assistance et

des interventions d'assistance est une problématique complexe : elle doit permettre la prise en compte des besoins spécifiques de chaque apprenant, comme ses expériences, ses objectifs, ses connaissances, ses capacités et ses préférences.

2. Problématique et questions de recherche

La problématique générale abordée dans cette thèse peut s'exprimer de la manière suivante :

Comment élaborer un système d'assistance adaptable et individualisable pour favoriser la persistance des apprenants ?

Cette problématique soulève plusieurs questions de recherche que nous détaillons ci-après.

Tout d'abord, nous chercherons à déterminer ***comment proposer une assistance spontanée, c'est-à-dire, pertinente et au moment opportun, aux apprenants ?*** La proposition d'une assistance doit être pertinente et à un moment opportun pour éviter le rejet par les apprenants.

Le premier enjeu de cette question est donc de permettre la pertinence et la contextualisation de l'assistance, elle doit permettre la prise en compte des besoins spécifiques propres de chaque apprenant impliqué dans l'environnement (ses expériences, ses objectifs, ses connaissances et...). Elle doit aussi permettre à l'apprenant l'exploitation de toutes les possibilités et les fonctionnalités d'un environnement d'apprentissage, et elle doit aussi faciliter l'appropriation des connaissances et des compétences nécessaires à l'apprentissage et à l'utilisation de cet environnement.

Le deuxième enjeu concerne le degré d'intervention dans lequel le système d'assistance doit être capable de proposer l'assistance proactivement ou réactivement. Plusieurs études ont montré que la plupart des apprenants ne savent pas qu'ils sont dans un cas de difficultés [CAP06], et s'ils le savent, ils préfèrent recourir à la formation pour acquérir les connaissances nécessaires, ou ils font appel à leurs collègues. En conséquence, les systèmes d'assistance sont généralement ignorés ou rarement consultés [CAP06].

D'autre part, nous cherchons à déterminer, ***s'il est possible de révéler, automatiquement, des informations sur les apprenants en difficultés et sur les situations de besoin d'assistance à partir des traces de leurs interactions avec l'environnement d'apprentissage.***

Le premier enjeu de cette question est donc de détecter les apprenants qui sont perdus dans l'environnement d'apprentissage ou perdent leur persistance et leur motivation face aux

difficultés qu'ils y rencontrent. En effet, il s'agit d'une approche pertinente permettant de calculer au fil du déroulement de l'apprentissage (presque en temps réel) des indicateurs révélateurs des difficultés des apprenants. De là, découlent plusieurs questions à étudier :

- *Que faut-il tracer ?*
- *Quelle approche de collecte utiliser ?*
- *Quels types d'indicateurs permettant de fournir une perception de l'activité d'apprentissage ?*
- *Et Quel type de situation de difficulté est approprié à un système d'apprentissage à distance (EAD)?*

Le deuxième enjeu de la question est l'évolution du système d'assistance, sachant que la conception d'un système d'assistance disposant d'une représentation complète des besoins des apprenants avec lesquels il interagit est très difficile, et parfois même impossible, pour le concepteur d'assistance [PE112]. Donc, il s'agit d'une approche pertinente pour faire évoluer et adapter les propositions d'assistance aux différentes situations rencontrées dans la pratique.

Le problème final traité est donc de penser et de concevoir une architecture permettant de greffer un système d'assistance à un environnement d'apprentissage à distance sans avoir à le redévelopper ou à le modifier, en effet, le code source des environnements d'apprentissage n'étant pas toujours accessible pour le concepteur de l'assistance.

3. Objectifs et Contribution

Pour répondre à la première question qui concerne la proposition d'une assistance spontanée et contextualisée, nous avons proposé une stratégie d'intervention d'assistance qui prenne en compte les besoins spécifiques de chaque apprenant, comme sa stratégie d'apprentissage, ses préférences, ses capacités, ses objectifs et ses expériences, afin de lui offrir une assistance adéquate et adaptée par une intervention proactive ou réactive. Pour caractériser cette stratégie d'intervention et déterminer ses composants, nous avons opté, d'une part, sur des enjeux relatifs à l'identification des conditions et des critères d'intervention et d'autre part, sur des enjeux relatifs à la proposition d'une approche d'assistance personnalisée permettant de calculer, au fil du déroulement de l'apprentissage, des indicateurs révélateurs des difficultés rencontrées par les apprenants. Ainsi, ces révélateurs peuvent être exploités pour enrichir et faire évoluer le contenu du système d'assistance pour s'adapter à de nouvelles situations non anticipées lors de la phase de conception.

Pour répondre à la deuxième question, qui concerne la possibilité d'identifier automatiquement les apprenants en difficultés et les situations de besoin d'assistance, nous avons proposé une approche d'assistance active, basée sur l'analyse des traces des apprenants (leurs interactions avec l'environnement d'apprentissage) capable de fournir une assistance spontanée aux apprenants. L'approche est basée sur un formalisme qui modélise la situation d'assistance par un couple de situations problématiques et d'une proposition d'assistance. Pour ce faire, nous avons proposé un modèle, le modèle IMAC, pour décrire et modéliser les situations problématiques et les situations où l'apprenant a besoin d'une assistance par un ensemble d'indicateurs et de caractéristiques : un **I**ndicateur de traces, une **M**odalité d'intervention, un **A**spect et une **C**atégorie. Ainsi nous avons défini les propositions d'assistance par les actions d'assistance, de différents types, associées à un composant de l'environnement d'apprentissage.

Nous avons adopté trois modalités d'assistance : les messages, les exemples, et la modification de l'interface de l'application-cible. Nous avons également proposé une classification des indicateurs révélateurs des difficultés selon trois dimensions : *l'aspect temporel*, *l'aspect d'interaction* et *l'aspect de production et de progression*. Cinq (05) indicateurs sont définis avec leurs seuils et leurs formules de calcul. Pour calculer ces indicateurs, nous avons proposé un processus de traitement qui se compose de deux étapes : la collection de traces et leur transformation.

Afin de répondre à la troisième question, qui concerne le choix d'une démarche qui permet de greffer un système d'assistance à un environnement d'apprentissage, sans le modifier, nous avons choisi d'adopter une démarche *épiphyte* qui permet de greffer notre système d'assistance sur un environnement d'apprentissage à distance existant sans perturber son fonctionnement. Nous avons proposé un processus d'adjonction constitué d'un environnement d'apprentissage, d'un éditeur d'assistance, d'un collecteur de traces et d'un détecteur de situations de besoin d'assistance. L'éditeur d'assistance fournit deux interfaces : une pour la description de l'environnement d'apprentissage basées sur une représentation structurée MAT (Module-Activité-Tâche), et une autre interface pour la création de chaque situation d'assistance. Le collecteur de traces charge à enregistrer toutes les actions et les interactions des apprenants avec l'environnement d'apprentissage. Le détecteur de situations de besoins d'assistance détecte les situations de difficultés et de besoins d'assistance et exécute les propositions d'assistance pour fournir l'assistance adéquate aux apprenants.

4. Organisation du manuscrit

Le présent manuscrit est composé de **trois (03) parties**, en complément d'une introduction générale et d'une conclusion qui présente notamment les perspectives probables des travaux traités dans le cadre de cette thèse.

La **première partie** composée de quatre (04) chapitres est dédiée à l'état de l'art relatif à la problématique de recherche traitée, dans laquelle nous exposons les difficultés d'apprentissage et l'assistance pédagogiques dans les Environnements d'Apprentissage à Distance (EAD).

Nous décrivons les différentes situations de difficultés et les méthodes de détections de ces situations. Un chapitre est consacré aux différents types d'assistance et les systèmes d'assistance.

Dans le **dernier chapitre** de cette partie, nous présentons le concept de traces d'interactions et des systèmes à base de traces (SBT) dans les Environnements d'Apprentissage à Distance (EAD).

La **première partie** se termine par une synthèse sur les difficultés d'apprentissage, l'assistance et le concept de trace.

La **deuxième partie** composée de deux (02) chapitres est consacrée à la conception et à la mise en œuvre de l'outil MISNA.

Dans le **chapitre 5**, nous décrivons la démarche d'assistance et de détection des difficultés d'apprentissage. Nous présentons le modèle IMAC adopté dans le présent travail, l'approche d'assistance dans un environnement d'apprentissage à distance ainsi que les indicateurs révélateurs de difficultés.

Nous essayons de donner une réponse aux questions de recherche posées. Nous présentons aussi les différentes contributions sur le plan méthodologique et conceptuel. En premier, le modèle de description de situations de difficultés IMAC (Indicateur, Modalité, Aspect et Catégorie), nous proposons ensuite une classification des indicateurs révélateurs de difficultés, puis les indicateurs supports aux processus d'assistance et de détection automatique des situations de besoins d'assistance. Pour chaque situation, nous sélectionnons des indicateurs avec leurs seuils. Nous exploitons, en particulier dans cette thèse, la possibilité de détecter et déduire les situations de besoins d'assistance par l'analyse de traces d'interactions.

Dans le **chapitre 6** est décrit l'outil développé MISNA (*Modeling and Identification of the Situations of Needs for Assistance in ILE*), ses spécificités, l'éditeur d'assistance, et

l'environnement d'exécution.

Dans la **troisième partie**, composée du **chapitre 7**, nous décrivons l'expérimentation réalisée, la méthodologie adoptée, et l'exécution avec l'outil MISNA. Elle est consacrée à l'évaluation des propositions faites dans le cadre de cette thèse.

Pour valider notre démarche, trois séries d'expérimentations ont été menées. Les deux (02) premières séries avec des enseignants et la troisième avec des apprenants. La première série d'expérimentation a impliqué des concepteurs d'assistance dont l'objectif est de décrire l'environnement d'apprentissage pédagogiquement, techniquement et administrativement. La deuxième série est consacrée à la spécification du système d'assistance où les concepteurs définissent des situations d'assistance, des indicateurs, des seuils et des propositions d'assistance. Enfin, la troisième série d'expérimentation impliquant des apprenants (étudiants) a pour objectif la mise en œuvre et la validation des cinq (05) indicateurs proposés. Le chapitre se termine par une discussion des résultats obtenus.

Enfin, le document se termine par une conclusion générale dans laquelle nous mettons en évidence notre contribution dans cet axe de recherche et quelques perspectives de ce travail sont suggérées.

Partie 1 :

Etat de l'Art

Chapitre 1 : Les difficultés d'apprentissage dans les Environnements d'Apprentissage à Distance (EAD)

Chapitre 2 : L'Assistance Pédagogique dans les Environnements d'Apprentissage à Distance (EAD)

Chapitre 3 : Les Systèmes d'Assistance Pédagogiques

Chapitre 4 : Les Traces d'Interactions

Chapitre 1 :

Les Difficultés d'Apprentissage dans les Environnements d'Apprentissage à Distance (EAD)

✓ Objectif du chapitre

Etudier et caractériser les difficultés d'apprentissage dans les environnements d'apprentissage à distance (EAD).

✓ Points clés

Nous avons réalisé un état de l'art sur les difficultés d'apprentissage dans les environnements d'apprentissage à distance (EAD). Nous avons identifié deux types de difficultés : les difficultés de création de contenus rencontrées par les concepteurs des environnements d'apprentissage et les difficultés d'apprentissage rencontrées par les apprenants. Nous nous intéressons à ce dernier type de difficulté. Nous avons identifié les difficultés rencontrées par les apprenants et nous présentons deux méthodes pour détecter ces difficultés : une méthode basée sur l'analyse des traces d'interactions et une autre basée sur l'analyse des erreurs.

Chapitre 1 :

Les Difficultés d'Apprentissage dans les Environnements d'Apprentissage à Distance (EAD)

1.1. Les situations de difficulté comme point d'entrée pour assister l'apprenant

L'introduction des technologies de l'information et de la communication pour l'éducation (TICE) dans l'apprentissage se heurte à une longue liste de difficultés de divers types. Il ne suffit pas d'apprendre aux étudiants à employer le logiciel, il faut apprendre aux enseignants, et encore convaincre la communauté des enseignants du besoin et des avantages de l'utilisation des environnements d'apprentissage à distance. De ce fait, on distingue deux types de difficultés, une concernant les difficultés rencontrées lors de la création des contenus de l'environnement et une autre concernant les difficultés rencontrées lors de l'apprentissage.

1.2. Précisions sémantiques

1.2.1. Difficultés de création

Durant la phase de développement, les concepteurs sont souvent confrontés à des difficultés lors de la création et du déploiement des contenus des environnements d'apprentissage, ces difficultés sont multiples et variées. On peut citer entre autres:

- l'absence de cadre de référence méthodologique pour la réalisation d'un environnement d'apprentissage à distance ;
- les difficultés dans la mesure où tous les concepteurs n'avaient pas la même vision du concept et des conséquences en termes de relations possibles entre apprenants et formateurs distants ;
- les difficultés de développement des fonctionnalités de l'environnement les plus adaptables et personnalisables aux niveaux des apprenants ;
- la difficulté de créer des modules d'apprentissage compatibles avec les multiples navigateurs Internet du marché, y compris ceux des terminaux mobiles comme les tablettes et smartphones iPad, iPhone, Android ou Windows Phone,
- ainsi que les difficultés au niveau du déploiement.

Le concepteur doit procéder par jeu d'essais et de tests pour élaborer et valider une solution.

1.2.2. Difficultés d'apprentissage

Le mot difficulté vient du latin *difficultas* qui signifie « obstacle, embarras », mais aussi de *difficilis* qui est construit avec le préfixe négatif « *dis* » et « *facilis* » signifiant « aisé à faire ». L'étymologie du mot difficulté ainsi que la définition du mot difficile « qui est malaisé, qui donne de la peine » transposées dans le contexte d'apprentissage, montre la complexité du problème qu'est la difficulté d'apprentissage. Il n'est pas évident de définir la difficulté d'apprentissage tant elle est vaste et très différente d'un apprenant à un autre.

Selon M. Perraudau [PER05], « la difficulté est une étape normale de l'apprentissage, peut recouvrir des causes très diverses. Étudier la difficulté signifie qu'on la considère comme un moment ordinaire de l'apprentissage, il ne s'agit pas de sanctionner mais de prendre comme indicateur de l'activité de l'apprenant ».

Notons immédiatement qu'il faut dissocier difficulté, handicap et trouble :

- Le handicap est défini par l'arrêté du 9 janvier 1989, inspirée directement de la Classification Internationale Des Incapacités et Handicaps (CIDIH¹), « il est articulé autour des notions de déficience, d'incapacité et de désavantage » [PER05].

- La déficience est définie comme l'altération d'une fonction de l'organisme.
- L'incapacité résulte d'une déficience, celle-ci réduisant la capacité d'accomplir une activité.
- Le désavantage résulte de l'incapacité qui pénalise le sujet dans l'accomplissement de son rôle social.

- Le trouble sévère, notamment celui du langage, est défini par la commission Ringard, comme « *syndrome de désorganisation d'une fonction, lié à un défaut structurel dans l'apparition, l'installation d'un ou de plusieurs éléments constitutifs du langage* » [PER05].

Un apprenant ayant un trouble d'apprentissage aura de la difficulté à absorber, à entreposer ou à récupérer les informations qui lui sont présentées. Un trouble peut être relié :

- Au langage (dysphasie),
- A l'attention (trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité),
- A la lecture (dyslexie),
- A l'écriture (dysgraphie),

¹ CIH, Classification Internationale des Handicaps, dans sa forme abrégée la plus couramment employée. Elle est la traduction française, réalisée en 1988 et mise en application à partir de 1989 par l'arrêté du 9 janvier, de l'International Classification of Impairment, Disability and Handicap (ICIDH).

- A l'arithmétique (dyscalculie)
- Etc...

Dans l'apprentissage, à peu près tous les apprenants sont à un moment ou un autre en difficulté. Deux origines peuvent être envisagées :

- **Individuelle** : la difficulté est essentiellement liée à l'apprenant dans les rapports complexes entre le développement de sa pensée et les savoirs à acquérir.
- **Sociale** : elle positionne l'apprenant dans ses relations aux autres, à travers deux dimensions, l'une macrosociale (famille, culture), l'autre microsociale (relations aux autres apprenants, aux professeurs, au contexte d'apprentissage).

Dans notre travail, nous nous intéressons au deuxième type de difficulté, les difficultés des apprenants lors de l'apprentissage.

1.3. Les Difficultés d'apprentissage dans un Environnement d'Apprentissage à Distance

Un environnement d'apprentissage à distance (EAD) est un espace vaste de connaissance dans lequel l'apprenant doit être un acteur actif durant son apprentissage. Il est important pour lui qu'il puisse distinguer ses forces et ses faiblesses durant tout son parcours pédagogique [LAB02]. Cette forme d'enseignement conduit forcément à une certaine perte dans l'hyperespace qui peut perturber l'apprenant [CHA00]. En effet, lors de l'apprentissage, les apprenants peuvent rencontrer plusieurs difficultés :

1.3.1. La digression

Selon Aude [AUD09], la digression est un objet flou qui se dérobe au discours critique. Elle a été souvent considérée comme une déviation superflue, un symptôme de désordre et d'excès, un « vice d'éloquence, où l'on tombe lorsqu'un Orateur sort de son principal sujet pour en traiter un autre ». C'est un phénomène de l'hétérogénéité et de la déconstruction qui porte atteinte à la continuité et à la cohérence du texte. Elle serait un signe d'égarement, une parenthèse inutile, une faillite du discours.

En d'autres termes, la digression consiste à s'éloigner peu à peu du thème principal, en se rattachant à des points de détails ou des informations annexes [CHA00]. Ceci conduit l'apprenant à être dans une situation hors sujet par rapport à sa tâche de départ.

1.3.2. La surcharge cognitive

La mémoire de travail étant limitée, si au bout d'un moment trop d'informations sont entrées, il se produit le phénomène de surcharge cognitive. Dans un contexte de compréhension, si trop d'informations (pertinentes et/ou non-pertinentes) se trouvent dans la mémoire de travail et que l'apprenant doit décider lesquelles sont en lien avec ce qu'il est en train d'apprendre, cela fait appel à une grande partie de ses ressources cognitives, qui au lieu d'être consacrées directement à la compréhension, sont utilisées pour choisir ce dont il faut ou ne faut pas tenir compte.

En d'autres termes, le phénomène de surcharge cognitive s'explique par la nécessité de maintenir active en mémoire des représentations du but poursuivi, des informations déjà traitées, des options disponibles et de l'information perçue à l'instant [ROU98].

1.3.3. La désorientation ou « perte dans l'hyperespace »

Un apprenant en désorientation est un sujet qui s'est perdu lors de sa navigation dans l'environnement d'apprentissage. Le sujet, très rapidement, ne sait plus ni où il est dans la base, ni où il doit aller.

En d'autres termes, la désorientation ressentie dans les systèmes d'apprentissage est souvent liée à l'incapacité qu'a l'apprenant, qui passe d'une information à une autre, de se rappeler d'où il vient et ce qu'il cherchait à faire.

1.3.4. La non structuration

Les environnements d'apprentissage intègrent plusieurs modes d'information au niveau des pages : texte, graphique, image, son, animation. Mais la grande liberté de circulation dans l'information autorisée par ces environnements où chaque apprenant (quelque soit son niveau) gère lui-même son apprentissage, conduit souvent celui-ci à avoir un apprentissage non structuré.

1.3.5. La dispersion

La dispersion des connaissances au travers de multiples disciplines est une des causes de difficultés. L'apprenant se disperse pour apprendre tout, mais réellement, il n'apprend rien. Toutefois, la raison principale de dispersion est probablement l'autonomie d'apprentissage où l'apprenant est incapable de gérer son apprentissage. Il consulte tous les concepts de l'environnement, et en même temps, il cherche ailleurs pour apprendre le plus et il ignore le plus souvent ce qu'il sait (ou croit savoir), ainsi, il ne prend pas en compte sa façon d'apprendre.

1.4. Les méthodes de détection des difficultés d'apprentissage

1.4.1. Méthodes basées sur l'analyse des traces d'interactions

Dans le cadre des environnements d'apprentissage à distance, on ne se trouve pas face à face avec les apprenants pour déterminer, à partir de leurs expressions faciales, de leurs questions et interactions, s'ils ont bien assimilé les connaissances présentées [BOU11]. C'est pourquoi, il est nécessaire de rassembler un ensemble d'informations sur l'apprenant afin d'obtenir un bilan de l'utilisation du système pour assurer l'individualisation de l'apprentissage et son amélioration.

Pour répondre à cet objectif, une observation individuelle détaillée de l'interaction entre l'apprenant et le système est nécessaire afin d'identifier les capacités de l'apprenant, de noter les caractéristiques inattendues de la situation d'apprentissage, et essentiellement pour détecter les difficultés et les problèmes éventuelles, et ainsi, déclencher la prise de décision pour la suite du déroulement de l'activité (explication plus détaillée, exercices complémentaires, etc.).

Nielsen indique qu'un panel de cinq (05) apprenants « représentatifs » permet d'identifier 80% des problèmes [NIE05]. Ces techniques d'observation peuvent être complétées par des techniques d'entretien ou par un questionnaire afin d'avoir des indications sur la compréhension ou la satisfaction de l'apprenant.

1.4.2. Méthodes basées sur l'analyse des erreurs

Auparavant, l'erreur était considérée comme un signe négatif particulièrement centré sur l'élève en scolaire et sur l'apprenant dans les environnements d'apprentissage. Avec le développement du modèle constructiviste de l'apprentissage, le statut de l'erreur a profondément évolué depuis ces dernières années. L'erreur a ainsi perdu son aspect de faute pour être prise en compte en tant que telle, et dont il convient de chercher l'origine pour la reconstruire correctement.

L'erreur doit être formatrice. Pour cela, elle doit être considérée comme une étape normale de l'apprentissage, parce qu'apprendre, c'est prendre le risque de se tromper, c'est oser expérimenter les outils que l'on maîtrise aux situations que l'on rencontre. L'erreur est rarement le fruit du hasard. En effet, elle est induite par une certaine logique qui mérite d'être analysée. L'apprenant qui commet une erreur produit quelque chose, donc l'erreur n'est pas «le rien», au contraire, on va la considérer comme un outil pédagogique fructueux. L'analyse de l'erreur présente le double intérêt, pour évaluer la pertinence de l'enseignement et de repérer les difficultés et les besoins de chaque apprenant, on construit ainsi les bases d'une

pédagogie différenciée. L'analyse des erreurs est un point important dans l'action pédagogique pour cibler les difficultés des apprenants et pour déterminer les aides proposées à l'apprenant.

1.5. Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre introductif qu'ils existent de nombreuses difficultés dans les environnements d'enseignements en générale et dans les environnements d'apprentissage à distance en particulier. Ces difficultés sont classifiées en deux types: les difficultés de création de contenus et les difficultés d'apprentissage. Les difficultés d'apprentissage sont détectées par deux méthodes automatiques, une basée sur l'analyse des traces d'interaction des apprenants avec leur environnement et une autre basée sur l'analyse des erreurs des apprenants lors de sessions d'apprentissage.

Chapitre 2 :

L'Assistance Pédagogique dans les Environnements d'Apprentissage à Distance (EAD)

✓ Objectif du chapitre

Etudier et caractériser les assistances proposées dans les environnements d'apprentissage à distance (EAD).

✓ Points clés

Nous avons réalisé un état de l'art sur l'assistance aux apprenants des environnements d'apprentissage à distance. Nous nous sommes intéressés à quatre dimensions centrales par rapport à notre problématique : les types d'assistance apportés; les besoins d'assistance concernant l'utilisation de l'environnement d'apprentissage, pédagogique ou technique ; les situations de difficultés et de besoins d'assistance, ainsi que les moyens techniques mis en œuvre par le système d'assistance pour fournir l'assistance.

Chapitre 2 :

L'Assistance Pédagogique dans les Environnements d'Apprentissage à Distance (EAD)

2.1. Introduction

Les recherches dans les environnements d'apprentissage à distance ont conduit à une somme d'outils intéressants dans différents contextes et sur différents supports. Ces outils, quels qu'ils soient, possèdent une complexité telle qu'il est impossible pour un humain de les appréhender dans leur totalité, soit coté apprenant ou enseignant. La complexité et la surcharge des interfaces font que les utilisateurs peuvent en effet se sentir dépassés et renoncer à les utiliser. A cette fin, de nombreux travaux de recherche se sont focalisés sur l'amélioration, la personnalisation et l'adaptation des informations et des fonctionnalités des environnements d'apprentissage proposées aux utilisateurs. Ces recherches ont mené à la naissance du domaine d'assistance et de système d'assistance.

Le développement d'un système d'assistance pour un environnement d'apprentissage à distance en générale est une tâche complexe et coûteuse, mais importante pour pallier les difficultés pédagogiques et techniques que peuvent ressentir les utilisateurs.

Notre travail s'inscrit dans ce contexte d'environnements d'apprentissage et vise à produire un système d'assistance qui puisse prendre en compte les besoins spécifiques de chaque apprenant. Vu la complexité et la richesse de ce domaine, nous avons consacré ce chapitre à l'étude de la théorie de l'assistance pédagogique.

La section 2 définit la notion d'assistance. Nous étudions les différents types d'assistance apportés dans un environnement d'apprentissage à distance en section 3. Une typologie de l'assistance (objectifs et besoins d'assistance, technique d'assistance et les approches d'assistance) sera présentée en section 4 et enfin en section 5 nous présentons les situations de difficultés et de besoins d'assistance.

2.2. Précisions sémantiques : Assistance à l'apprenant

L'assistance à l'apprenant est une solution complémentaire à l'amélioration d'un environnement d'apprentissage pour pallier les difficultés tant de prise en main que d'utilisation courante, et ainsi, limiter le risque d'abandon de l'activité [GIN14]. L'assistance

visé à permettre à l'apprenant d'exploiter pleinement toutes les possibilités d'un environnement d'apprentissage, et elle facilite l'appropriation des connaissances et compétences nécessaires à l'utilisation de cet environnement. Elle comprend les quatre (04) types d'assistance définis dans [GAP02]:

- *substitution*, lorsque la technologie prend en charge de manière autonome tout ou une partie d'une tâche donnée,
- *suppléance*, lorsque l'usage de la technologie aidante modifie le pouvoir d'action de son apprenant et que l'on peut observer de nouveaux schèmes d'action,
- *assistance*, lorsque la technologie aidante a un rôle annexe dans le sens où elle n'est pas nécessaire pour mener à bien l'activité, mais qu'elle facilite l'utilisation de l'environnement,
- *aide*, lorsque la technologie aidante permet l'appropriation et l'usage d'un schème nouveau pour l'apprenant.

2.3. L'Assistance humaine

Il est possible de proposer à un apprenant en difficulté une assistance humaine soit en présentiel soit à distance.

2.3.1. Une assistance humaine en présentiel

L'assistance est fournie par un humain (un enseignant) qui est physiquement présent lorsque l'apprenant travaille avec des environnements numériques (un cours qui a lieu dans une salle d'informatique d'une école), il peut dialoguer avec ce dernier afin de comprendre ses objectifs. En fonction de ces objectifs et de l'observation qu'il fait de la situation, l'enseignant peut identifier un problème. L'apprenant peut également solliciter lui-même l'aide de l'enseignant. La résolution du problème de l'apprenant est facilitée par la présence de l'enseignant qui est capable de fournir à l'apprenant des explications et des conseils, si besoin, accompagnés de gestes, par exemple pour montrer à l'apprenant où se trouve le bouton concerné par l'action d'assistance. De plus, l'enseignant pourra, si besoin, prendre la place de l'apprenant afin de réaliser tout ou une partie de sa tâche. Un enseignant pourra également adapter l'aide qu'il fournit à la situation dans laquelle se trouve l'apprenant et aux réactions de ce dernier. Ainsi, l'apprenant peut à tout moment exprimer son incompréhension face à une consigne, préciser à l'enseignant qu'il a compris et ne souhaite pas d'explications supplémentaires ou encore que les explications fournies ne correspondent pas à son besoin. Cependant, l'assistance humaine en présentiel est extrêmement contraignante : d'une manière

générale, il est inconcevable qu'un enseignant soit présent aux côtés de chaque apprenant à chaque utilisation d'un environnement d'apprentissage [GIN14].

2.3.2. Une assistance humaine à distance

L'assistance est fournie par un humain qui est présent via les TICE (un cours magistral donné via visioconférence, ou un enseignant qui répond aux questions des apprenants par mail ou sur un forum de discussion). Cependant, cette solution est moins irréaliste à grande échelle qu'une assistance humaine en présentiel, elle reste très contraignante pour l'enseignant. De plus, une telle solution impose à l'apprenant d'identifier lui-même qu'il rencontre un problème avant de solliciter l'assistant. De même, la résolution du problème est plus difficile à distance qu'en présentiel, puisque l'enseignant ne voit pas ce que l'apprenant (en difficulté) voit et il ne peut pas accompagner ses explications par des gestes [GIN14]. Dans le domaine de l'apprentissage à distance, une partie des travaux de recherche visent ainsi à pallier ces manques d'informations pour faciliter le tutorat [LAB02, GUE04].

2.4. L'Assistance logicielle

Contrairement à l'assistance humaine, l'assistance logicielle n'impose pas la disponibilité d'un enseignant lors de l'utilisation de l'environnement d'apprentissage par un apprenant en difficulté, car elle est fournie par le système numérique. Pour ajouter une assistance logicielle, deux approches ont été proposées : l'une intégrée à l'environnement et l'autre extérieure à l'environnement.

2.4.1. Une assistance logicielle intégrée à l'environnement d'apprentissage

Cette approche consiste à redévelopper l'environnement d'apprentissage pour y inclure l'assistance créée. En plus, le développement de l'assistance nécessite des connaissances en programmation ainsi que la disponibilité du code source de l'environnement, ce qui rend impossible l'ajout d'assistance par une personne autre que le développeur de l'environnement, où l'expert qui souhaite ajouter une assistance logicielle à un environnement d'apprentissage n'est pas toujours le concepteur de l'environnement et de nombreux environnements ne sont pas disponibles en Open-Source.

2.4.2. Une assistance logicielle extérieure à l'environnement d'apprentissage

Cette approche permet à un expert de définir l'assistance qu'il souhaite pour l'environnement d'apprentissage, puis de l'exécuter de manière extérieure à l'environnement, sans nécessiter de redéveloppement ni perturber son fonctionnement. Elle présente l'avantage d'être applicable, y compris lorsque le code source de l'environnement n'est pas disponible,

puisque aucune modification n'est apportée à l'environnement, et elle ne requiert pas de connaissances en programmation de la part de l'expert de l'assistance.

2.5. Les types d'assistance apportés dans un Environnement d'Apprentissage à Distance (EAD)

Un système d'assistance a pour objectif de répondre à différents besoins d'assistance auxquels les apprenants de l'environnement-cible peuvent être confrontés. Pour répondre à ces besoins, le système peut faire appel à plusieurs types d'assistance :

- **Assistance réactive** : si le système agit à la demande de l'apprenant qui le sollicite à travers l'outil de communication mis à sa disposition ;
- **Assistance proactive** : si le système détecte un besoin d'assistance et propose de l'aide à l'apprenant ou lors de certaines situations bien définies considérées comme des moments critiques de l'apprentissage, comme c'est souvent le cas lors du passage d'une phase de travail à une autre ;
- **Assistance Mixte** : s'il combine les deux approches réactive et proactive ;
- **Assistance paramétrable** : l'apprenant peut désactiver l'aide totalement ou partiellement, et éventuellement définir le niveau d'aide souhaitée ;

2.6. Typologie de l'assistance à l'apprenant

La typologie de l'assistance à l'apprenant proposée dans [GIN13] confronte les trois dimensions centrales de l'assistance (Figure 2.1) :

- La dimension **Objective** qui correspond aux besoins d'assistance des apprenants finaux auxquels un système d'assistance vise à répondre.
- La dimension **Technique** montre les différentes formes que peut adopter l'assistance pour atteindre ces objectifs.
- Et la dimension **Approche** d'assistance.

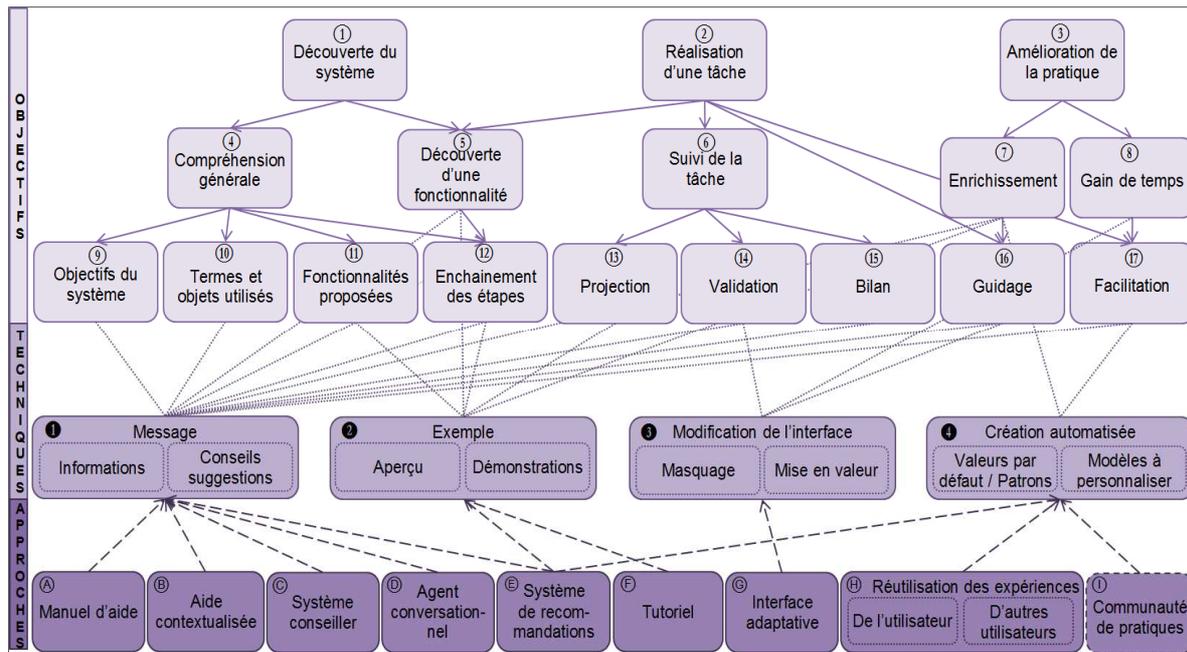


Figure 2.1: Typologie de l'assistance à l'utilisateur d'applications informatiques [GIN13].

2.6.1. Les objectifs de l'assistance

Ainsi, sur la base des trois principaux besoins d'assistance qu'ils ont déterminé (cf. partie supérieure de la Figure 2.1) : la découverte du système, la réalisation d'une tâche et l'amélioration de la pratique, les auteurs regroupent puis hiérarchisent les différents besoins d'assistance des apprenants en trois (03) catégories :

- Les besoins d'assistance pour la **découverte du système** (cf. B Figure 2.1) : Regroupent les besoins de compréhension générale du système et de découverte d'une fonctionnalité particulière.
- Les besoins d'assistance pour la **réalisation d'une tâche** : Parmi ces besoins, la découverte d'une nouvelle fonctionnalité, un suivi de la progression de la tâche et une projection. Parmi les besoins qui concernent le suivi de la tâche, une validation, un bilan de ce qui a été fait et de ce qu'il reste à faire et un besoin de guidage.
- Les besoins d'assistance relatifs à l'**amélioration de la pratique** : L'amélioration peut porter d'une part sur l'enrichissement de la pratique de l'apprenant et d'autre part sur le temps de réalisation d'une tâche.

2.6.2. Les techniques d'assistance

Dans [GIN13], B. Ginon et al. avaient regroupé les techniques d'assistance observées dans les systèmes existants en quatre (04) catégories : les messages, les exemples, les modifications de l'interface et la création automatisée.

A. Les messages d'assistance : permettent de communiquer des informations à l'apprenant. Ils constituent un moyen à la fois simple et efficace d'assister l'apprenant, et sont très utilisés dans de nombreuses applications. Ils sont souvent proposés sous forme de fenêtres Pop-Up, de bulles d'aide [GRO10] ou par un compagnon s'adressant directement à l'apprenant. Dans [RIC08], B. Richard qui s'intéresse aux systèmes conseillers pour les sites Web, distingue les messages d'aide selon trois (03) types de contenus: du texte (recommandations, explications), des liens (vers une page Web), et des raccourcis vers une fonctionnalité.

B. Les aides de type exemple : permettent de réduire la distance entre l'explication et la tâche concrète de l'apprenant. Il peut s'agir d'exemples fournis par l'application dans le but d'illustrer les possibilités de l'application, ou d'un aperçu du travail déjà réalisé par l'apprenant. Ainsi, dans l'interface enseignant d'Ambre-Add [DAU09], l'enseignant peut visualiser des exemples de problèmes qui correspondent aux contraintes qu'il a définies. Il peut également s'agir de démonstrations, par exemple sous forme de vidéos, expliquant à l'apprenant comment réaliser une tâche ou prendre en main l'application, comme cela est proposé dans l'aide en ligne d' MS-OFFICE 2010 [OFF10].

C. L'assistance par la modification de l'interface : consiste à effectuer des changements directement sur l'écran en jeu. Les modifications peuvent être de type masquage, pour griser une fonctionnalité indisponible par exemple, ou au contraire, de type mise en valeur, par exemple pour indiquer à l'apprenant qu'il n'a pas rempli le champ d'un formulaire ou pour mettre en valeur une fonctionnalité qui pourrait lui être utile.

D. La création automatisée, parfois qualifiée de substitution [GAP06], permet de simplifier la tâche de l'apprenant et de lui faire gagner du temps en réalisant tout ou une partie de sa tâche à l'aide de valeurs par défaut, de patrons ou de modèles à personnaliser. Les valeurs par défaut permettent de pré-remplir automatiquement les champs d'un formulaire. Elles peuvent être prédéfinies par le système, ou proposées à l'apprenant en fonction des valeurs qu'il utilise habituellement, ou encore en fonction des valeurs utilisées par d'autres apprenants ayant des besoins, des objectifs ou des caractéristiques proches de ceux de l'apprenant. Un patron est une solution, qui peut être partielle, à un problème récurrent dans un contexte donné [GOO04], établie par un concepteur ou un apprenant averti. Il est exprimé par un ensemble de spécifications qui sont exploitées par l'environnement lors de la réalisation de la tâche. Un modèle est quant à lui un objet du même type que l'objet à produire par la tâche en cours. Il a été défini préalablement par un concepteur ou un apprenant averti, à des fins de réutilisation.

Dans ExploraGraph par exemple, les enseignants peuvent créer des scénarios pédagogiques à partir de six (06) scénarios types qu'ils peuvent adapter à leurs besoins [VIL06].

2.6.3. Les approches d'assistance

Dans plusieurs travaux, des auteurs ont identifié des approches complémentaires.

A. Un manuel d'aide : rassemble un ensemble d'instructions ou d'informations concernant un produit, souvent présenté sous forme textuelle. Ces manuels sont fréquemment utilisés pour l'assistance aux utilisateurs de logiciels [ANA07]. Souvent accessibles en ligne pour les applications informatiques, ils peuvent être consultés à tout moment par l'utilisateur selon ses besoins. Une aide en ligne peut ainsi être destinée à des employés en formation, l'aide fournie s'appuie souvent sur des exemples de problèmes dont la solution est connue par le système [ANA07]. Les manuels d'aide proposés par Microsoft pour assister les utilisateurs de MS-OFFICE 2010 sont par exemple constitués de démonstrations sous forme de vidéos et de messages que l'utilisateur peut consulter lorsqu'il le souhaite [OFF10]. Les manuels d'aide, souvent adaptés aux utilisateurs de niveau intermédiaire, ne conviennent pas toujours aux utilisateurs novices ou experts. En effet, un utilisateur novice peut ne pas se rendre compte qu'il a besoin d'aide, ou bien être incapable d'identifier ou de formuler son besoin d'aide, ce qui limite l'efficacité du manuel d'aide [KAN98]. Par ailleurs, un utilisateur expérimenté peut trouver fastidieuse la recherche d'une information qui lui manque parmi de nombreuses informations qu'il connaît déjà [MAT00].

B. L'aide contextualisée : constitue une réponse aux problèmes cités plus haut. Il s'agit en effet d'une assistance directement liée au contexte dans lequel se trouve un apprenant [CAP01], [MAT00]. Ainsi, dans ExploraGraph, les scénarios pédagogiques intègrent une aide contextualisée sous forme de messages d'assistance pour les apprenants si l'enseignant le souhaite, cette assistance peut tenir compte des réponses déjà fournies par l'apprenant [GIN14].

C. Un système conseiller : est « un système qui propose une aide active à l'utilisateur d'un logiciel particulier, aide fondée sur une analyse des actions et des productions de l'utilisateur » [PAQ02]. Le système conseiller proposé dans [RIC04] pour les utilisateurs de sites Web affiche des messages et des conseils sous forme de fenêtres Pop-Up. Celui proposé dans [CON05] assiste des utilisateurs d'un site Web de QCM par l'affichage de bulles d'aide. Les systèmes conseillers proposent souvent à l'utilisateur de choisir entre plusieurs modes

d'assistance qui peuvent notamment être catégorisés par le degré d'intervention du système d'assistance [PAQ96].

D. Les agents conversationnels : sont des personnifications de la fonction d'assistance qui proposent une aide à l'utilisateur. Leur but est d'inciter au dialogue et de le faciliter par effet de sympathie [LER07]. Ils peuvent avoir plusieurs apparences [BOU06]: textuelle [STE77], [MAT00], ou graphique [DUF06]. Les agents graphiques peuvent être animés et exprimer des émotions (empathie, surprise, mécontentement...), ce qui facilite la communication avec l'utilisateur et augmente la crédibilité de l'agent [JOH00]. Parmi les agents conversationnels animés, l'un des plus *tristement* célèbres est Clippy [SWA03], l'assistant sous forme de trombone proposé par Microsoft. Très bien accueilli par les utilisateurs dans un premier temps, il est rapidement devenu très impopulaire en raison du manque de pertinence de l'assistance qu'il fournit et de son apparition intempestive et non contrôlable par l'utilisateur. D'autres agents conversationnels remportent cependant un plus grand succès, comme l'assistant dans l'hypermédia adaptatif MICAME [RET03]. Il existe également des agents conversationnels capables de comprendre des questions en langage naturel oral, ce qui peut faciliter le dialogue entre l'utilisateur et l'assistance [FER09].

E. Un système de recommandations: est un « système qui produit des recommandations individualisées comme sortie ou a pour effet de guider l'utilisateur de manière personnalisée vers des objets utiles ou intéressants parmi un large choix d'options possibles » [BUR02]. Les systèmes de recommandations sont souvent mis en œuvre dans des applications commerciales sur internet, pour suggérer aux utilisateurs des produits susceptibles de les intéresser. Reviewer's Assistant est quant à lui un système de recommandation qui vise à aider les clients de sites Web à rédiger des critiques de qualité, en leur suggérant des mots clé [DON12]. Ils peuvent également aider un utilisateur à gagner du temps en le guidant vers des choix pertinents, comme dans Spyglass destinés aux programmeurs [RUS09]. Les recommandations peuvent être transmises dans des fenêtres Pop-Up qui apparaissent pendant l'activité (de manière moins fréquente) via des agents animés, comme dans le système de recommandations pour la planification de visites touristiques CTPlanner [KUR14], ou dans une zone de l'application dédiée aux recommandations et dont le contenu évolue durant l'activité, comme pour le système de recommandation basé sur les traces de Wanaclip [ZAR12].

F. Un tutoriel : est un outil pédagogique permettant à un utilisateur de se former de manière autonome à l'utilisation d'un logiciel. Un tutoriel peut se présenter sous diverses formes

(application, vidéo, texte descriptif...) et contient des explications détaillées pas à pas. Ils sont fréquemment utilisés pour assister les utilisateurs, en particulier pour des logiciels grand public. Un tutoriel peut être intégré dans une application ou être indépendant : il existe ainsi de nombreux tutoriels en ligne, qu'ils soient créés par les concepteurs de l'application concernée ou par des utilisateurs désireux de faire partager leur expérience. Le site Tutoriel_Animé en propose de nombreux exemples pour des applications variées [TUT14]. Vismod, un EIAH permettant la visualisation de profils d'apprenants [ZAP04], offre aux apprenants un tutoriel intégré pour les aider à comprendre la représentation de leur profil et à utiliser le logiciel. Les MOOC (Massively Online Open Courses) proposent des supports de cours en ligne, qui peuvent notamment intégrer des tutoriels [GIL13].

G. Une interface adaptative : est « capable d'adapter son comportement aux besoins, capacités et préférences de l'apprenant courant pendant l'interaction, grâce à ses capacités de perception et d'interprétation de l'interaction et de son contexte» [SIM07]. Elles permettent d'aider l'apprenant en personnalisant l'interface de l'environnement, comme le fait par exemple Pixed [HER04], qui adapte des documents pédagogiques pour les apprenants, ou les menus adaptatifs de MS-OFFICE qui placent en tête des menus, les items les plus fréquemment utilisés par l'apprenant [OFF03], [OFF10]. Bien qu'une telle adaptation de l'interface puisse permettre à l'apprenant de gagner du temps en accédant plus rapidement aux options qu'il utilise le plus, la modification de l'interface peut aussi le perturber s'il ne parvient plus à retrouver une option qui a été déplacée.

H. La réutilisation de l'expérience : peut constituer une approche d'assistance en permettant à un apprenant de réutiliser des actions passées [MIL06a]. Ces actions peuvent avoir été effectuées lors d'une utilisation antérieure de l'environnement, soit par l'apprenant lui-même, soit par un autre apprenant dans une situation analogue. Ainsi, dans Wanaclip, les actions passées d'un apprenant sont utilisées par le système d'assistance pour lui recommander de nouvelles actions [ZAR10]. Pixed exploite quant à lui les actions passées des apprenants pour leur proposer de nouvelles ressources [HER04].

I. Les communautés de pratiques : désignent un ensemble de personnes qui partagent des pratiques communes, rassemblées par des relations informelles [LAV91], par une expertise partagée ou un centre d'intérêt commun [WEN00]. Par exemple, la communauté Sésamath réunit des enseignants de mathématiques, et leur permet notamment d'échanger des cours et des exercices [SES12]. Les communautés de pratiques peuvent constituer une approche

d'assistance en regroupant les apprenants d'un même environnement d'apprentissage et en leur permettant de s'entraider, par exemple via des forums. Dans un tout autre contexte, le site Web de Lancôme [LAN14] propose à ses utilisateurs une fenêtre de *chat* d'assistance dans laquelle ils peuvent non seulement poser une question, mais aussi répondre à une question posée par un autre utilisateur. Même lorsque l'utilisateur n'est pas personnellement actif dans un *chat* ou un forum, il peut trouver des informations pertinentes en consultant les questions posées et les réponses qui ont été données par d'autres utilisateurs.

2.7. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre deux (02) types d'assistance : l'assistance humaine qui peut être, soit en présentiel soit à distance et l'assistance logicielle qui peut être aussi, intégrée ou extérieure à l'environnement d'apprentissage. Ainsi, nous avons vu qu'ils existent de nombreuses approches permettant d'assister les apprenants dans les environnements d'apprentissage à distance, qui peuvent adopter plusieurs moyens et techniques d'assistance et qui répondent aux différents besoins particuliers d'assistance (découverte du système, réalisation d'une tâche...). L'assistance proposée par ces approches est soit proactive, soit réactive, soit mixte ou paramétrable.

Chapitre 3:

Les Systèmes d'Assistance Pédagogique

✓ Objectif du chapitre

Étudier et analyser les forces et les faiblesses des systèmes d'assistance existants.

✓ Points clés

En réalisant notre état de l'art sur l'assistance à l'apprenant dans un environnement d'apprentissage à distance, nous nous sommes particulièrement intéressés aux systèmes d'assistance adaptatifs basés traces. Nous en avons identifié deux catégories : les systèmes d'assistance adaptatifs prédéfinis (séquences d'apprentissage prédéterminées) et les systèmes d'assistance adaptatifs génériques.

Ces différents systèmes sont généralement constitués d'intéressantes ressources, qui pourraient être proposées à l'apprenant lorsqu'un besoin d'assistance est détecté. Néanmoins, ils sont basés sur l'idée que l'apprenant est autorégulé, c'est-à-dire qu'il gère son apprentissage de façon autonome, et qu'il doit lui-même identifier son problème avant de consulter ces systèmes d'assistance, pour cela, ils ne proposent l'assistance qu'à la demande de l'apprenant, c'est-à-dire que de manière réactive, non proactive.

Chapitre 3:

Les Systèmes d'Assistance Pédagogique

3.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons un état de l'art sur les systèmes d'assistance compatibles avec une approche adaptative. Cet état de l'art a été fait indépendamment des domaines des environnements d'apprentissage. Il en ressort que les systèmes d'assistance compatibles avec une approche adaptative sont de deux types : les systèmes d'assistance adaptatifs prédéfinis et les systèmes d'assistance adaptatifs génériques. La distinction entre ces deux catégories tient au fait qu'un système d'assistance adaptatif prédéfini intègre une approche pédagogique traditionnelle (behavioriste) basée sur des modèles prescriptifs et spécifiques pour un environnement précis. Dans le cas d'un système d'assistance adaptatif générique il adopte des approches didactiques plus récentes (constructivisme et socio-constructivisme) qui sont basées sur des modèles ouverts pour fournir des environnements du monde réel plutôt que des séquences d'apprentissage prédéterminées.

3.2. Les systèmes d'assistance adaptatifs prédéfinis

Beaucoup de recherches se sont penchées sur la dimension de l'assistance, et sur son impact sur la persévérance de l'apprenant dans un dispositif de formation à distance.

3.2.1. Le navigateur Web Letizia

L'approche proposée par H. Lieberman [LIE01] permet l'élaboration d'un environnement qui propose des interfaces qui « donnent et prennent conseils » en interaction avec l'utilisateur. Ces interfaces reflètent les calculs faits sur les interactions utilisateur-environnement stockées en mémoire, en proposant à l'utilisateur des suggestions d'actions. Le navigateur Web Letizia [LIE01] « donne des conseils » et propose une assistance à l'utilisateur en tentant de faire l'action qu'il est en train de faire à sa place, l'utilisateur pouvant accepter, ignorer ou rejeter la proposition. Pendant que l'utilisateur « surfe » dans la fenêtre de gauche, Letizia « surfe » aussi, et propose des conseils dans la fenêtre de droite.

L'éditeur graphique Mondrian [LIE01] prend conseil auprès de l'utilisateur par l'exemple. L'utilisateur utilise des exemples concrets et visuels pour montrer ce qu'il attend, associés à des actions pour que l'environnement puisse interpréter les exemples. Les conseils peuvent être de trois (3) types : démonstratif, graphique ou verbale.

3.2.2. Le Manuel d'aide de l'application de gestion bibliographique EndNote

Les formats WinHelp [WIN14] et Microsoft Compressed HTMLM permettent d'ajouter à des applications un manuel d'aide, en ligne ou en local. Il s'agit d'une assistance à la demande de l'utilisateur final, accessible à tout moment en appuyant sur la touche F1. Ces manuels d'aide se présentent sous la forme de pages structurées et de définitions, et proposent une fonctionnalité de recherche par mots clés. À titre d'exemple, la Figure 3.1 présente une capture d'écran de l'application de gestion bibliographique EndNote .

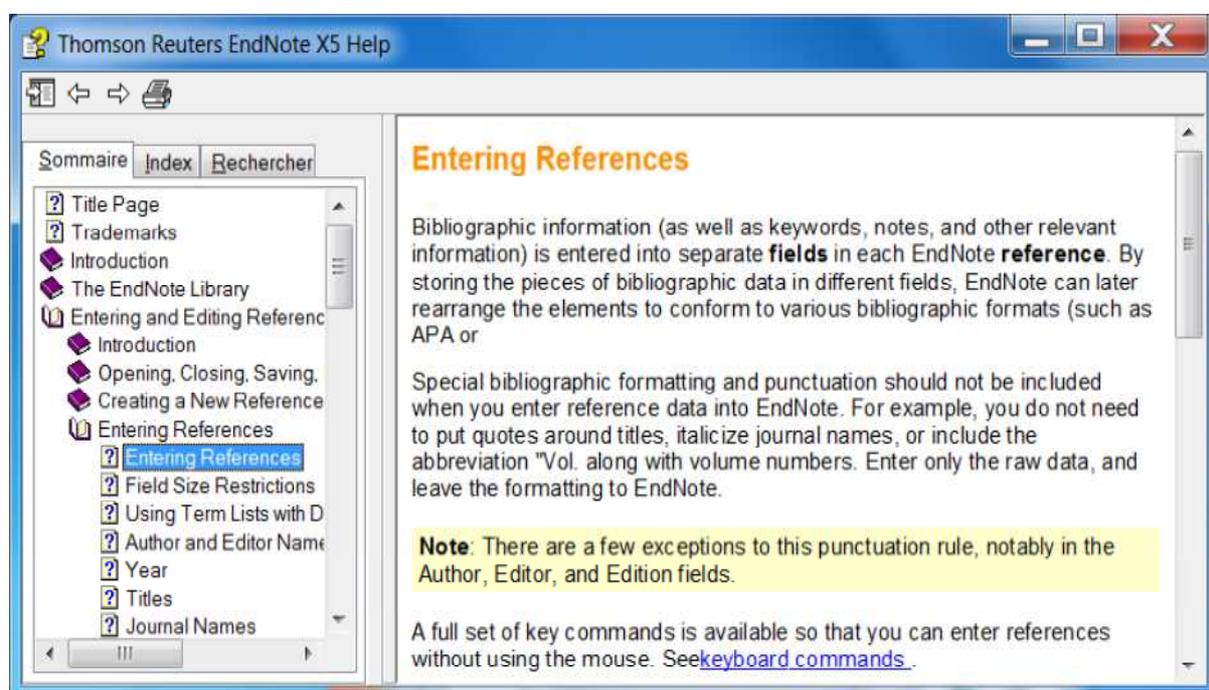


Figure 3.1: Manuel d'aide de l'application de gestion bibliographique EndNote [END14].

Par rapport à un manuel d'aide classique et totalement externe à l'application, l'avantage de ce type de manuels est que l'aide fournie est contextualisée : en pointant avec le curseur un bouton donné avant d'appuyer sur la touche F1 de demande d'aide, l'utilisateur final recevra de l'aide relative à la fonctionnalité correspondante. De plus, l'association entre la touche F1 et la demande d'aide est très répandue dans les applications existantes sous Windows, ce qui rend les utilisateurs finaux plus susceptibles d'y avoir recours. Néanmoins, l'utilisateur peut avoir du mal à trouver l'information qu'il cherche parmi la grande quantité d'informations généralement présente dans ce type de manuels [KAN98].

De plus, pour bénéficier d'un tel manuel d'aide contextualisé, les applications doivent avoir été conçues en prévision de l'ajout de ce manuel : seules les exécutables Windows qui exploitent la bibliothèque MFC (Microsoft Foundation Class) sont compatibles. Par ailleurs, la création d'un tel manuel d'aide contextualisée peut être longue, bien qu'ils existent des outils auteurs pour en faciliter la création, tels que WinHelp [WIN14] ou PowerCHM [POW14], FlyHelp [FLY14] et HTML Help COM Assistant [HTM14] pour Microsoft Compressed HTML.

3.2.3. L'Aide à la navigation sur des sites complexes

L'approche proposée par B. Richard permet l'élaboration d'un système conseiller pour une application Web, avec une architecture épiphyte [RIC08]. Le système conseiller exploite un modèle de tâche sous la forme d'un graphe modélisant les différentes actions de navigation que l'utilisateur peut effectuer au sein de l'application Web. Sur ce graphe, les nœuds représentent les pages et documents proposés par l'application Web et les arcs représentent les liens permettant d'accéder à une autre page ou document du site. Le modèle d'utilisation du système conseiller épiphyte correspond au modèle de tâche de l'application Web dans lequel des conseils sont associés à certains arcs, ces conseils seront déclenchés pour aider l'utilisateur lorsque celui-ci cliquera sur le lien correspondant à l'arc. Dans cette approche, les conseils ont pour but d'apporter directement de l'information supplémentaire à l'utilisateur, de simplifier sa navigation ou de le guider. Les conseils sont présentés à l'utilisateur sous forme d'une fenêtre Pop-Up au contenu textuel pouvant inclure des liens internes au site Web ou vers une ressource externe. À titre d'exemple, la Figure 3.2 présente une capture d'écran du site EducaSource pendant l'affichage d'un message d'aide. Le déclenchement de conseils peut être conditionné en fonction de l'historique de navigation de l'utilisateur.

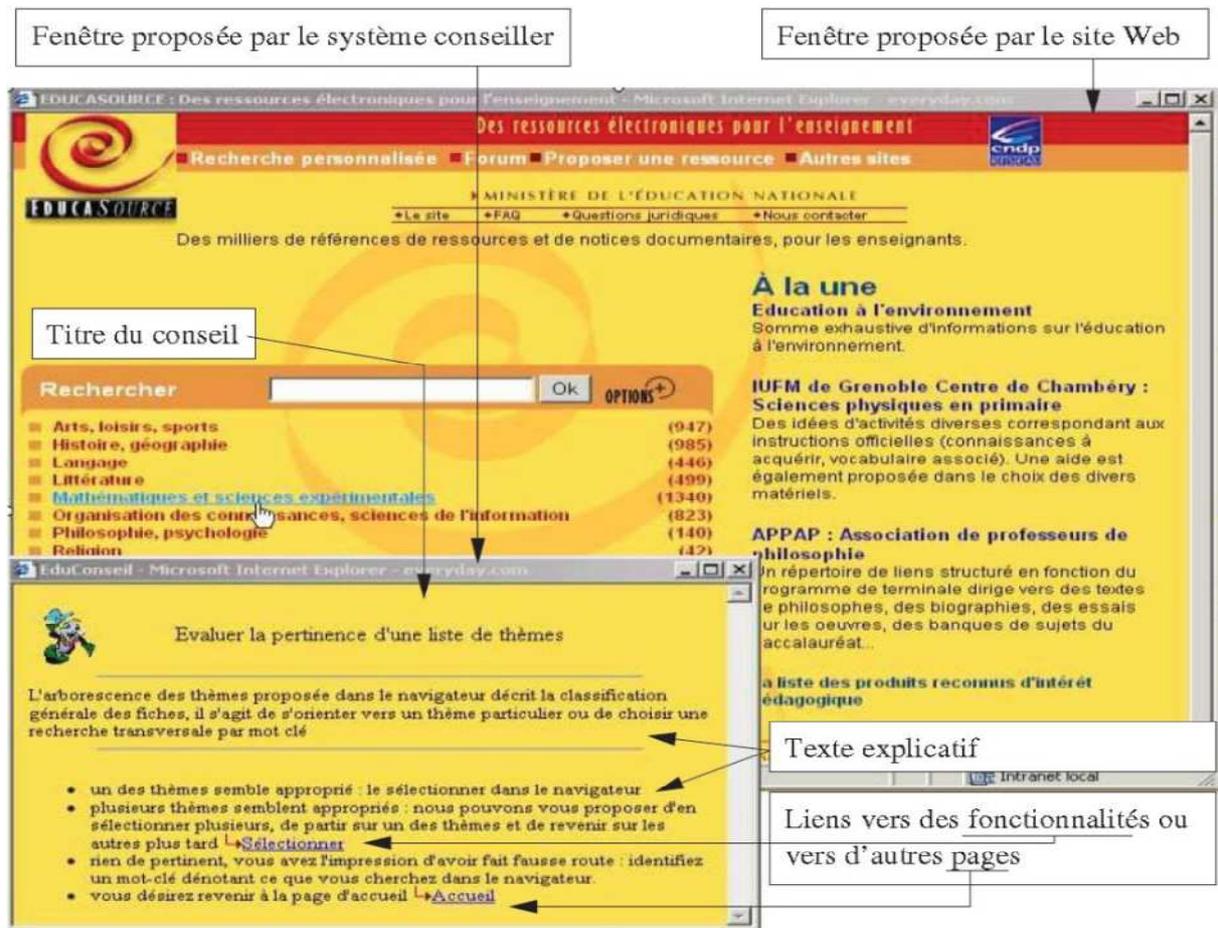


Figure 3.2 : Exemple d'un message d'aide pour le site EducaSource [RIC08].

Cette approche intéressante concerne uniquement les applications Web. De plus, le déclenchement des messages d'aide peut uniquement avoir lieu lors d'un clic sur un lien. Il n'est pas possible avec cette approche d'associer un conseil au passage de la souris sur une image ou au clic sur un bouton donné par exemple.

3.3. Les systèmes d'assistance adaptatifs génériques

3.3.1. EpiTalk

Le système ÉpiTalk [PAQ96] sert à développer un conseiller sous forme de graphe conceptuel qui se greffe à un environnement d'apprentissage ou à un système d'aide à la tâche existant sans en perturber le fonctionnement. Pour la phase de spécification de l'assistance, EpiTalk propose des outils pour décrire l'environnement d'apprentissage sous la forme d'un graphe organisationnel et pour décrire le système conseiller sous forme d'un graphe de tâches (Figure 3.3), qui permettra par la suite de générer automatiquement ce système conseiller lors de l'exécution de l'assistance. Le concepteur de l'assistance peut spécifier les conseils à donner, et leur associer des métadonnées. Ainsi, les conseils peuvent être associés à un niveau d'importance qui permettra au système conseiller de sélectionner le conseil le plus pertinent

lorsque plusieurs conseils peuvent être proposés en même temps. Les conseils peuvent également être associés à un nombre maximal d'utilisations avant leur désactivation temporaire. Le concepteur peut également déterminer si un conseil sera donné à l'initiative de l'apprenant ou à l'initiative du système conseiller. Dans EpiTalk, un conseil se présente sous la forme d'une fenêtre Pop-Up, qui peut être accompagnée d'une alarme sonore pour attirer l'attention de l'apprenant, et son contenu peut être contextualisé avec des informations spécifiées par le concepteur de l'assistance.

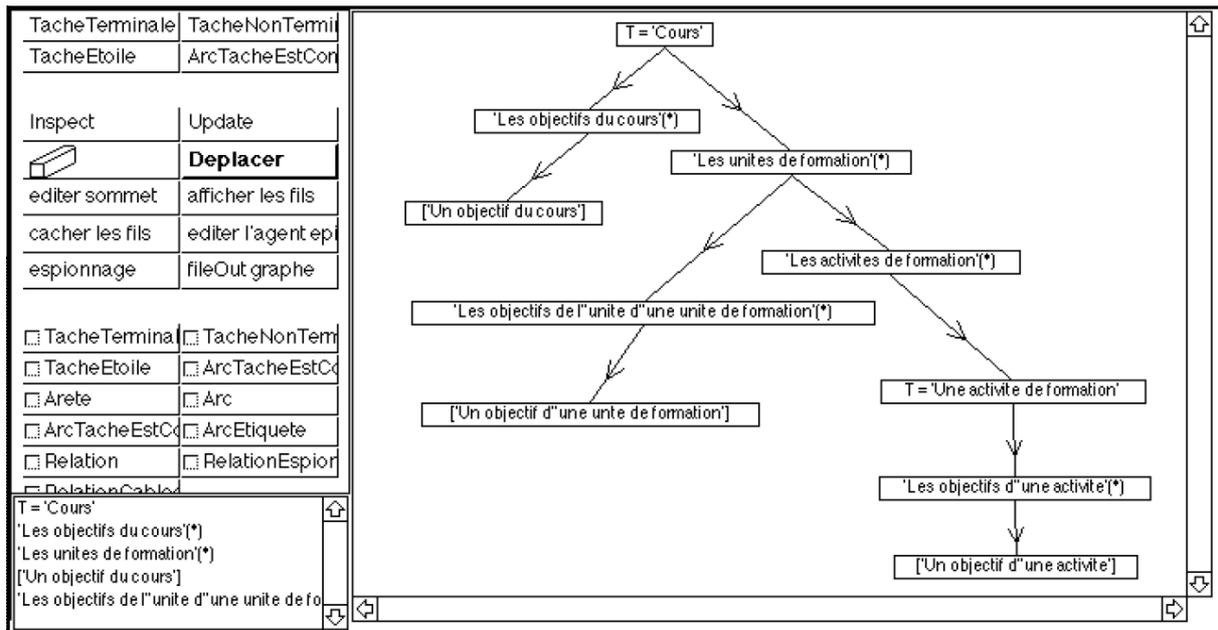


Figure 3.3 : Édition d'un graphe de tâches dans EpiTalk [PAQ96].

Pour permettre la phase d'exécution de l'assistance, EpiTalk propose des objets informatiques appelés "espions", qui s'insèrent dans le système sans en troubler le fonctionnement. Ces espions peuvent surveiller toute interaction entre l'apprenant et l'environnement d'apprentissage, et transmettre les messages surveillés aux agents conseillers. Les «espions» sont paramétrés par le concepteur de l'assistance, qui définit quels composants de l'environnement d'apprentissage doivent être surveillés, ainsi que le type de messages à surveiller. Ces messages concernent notamment les interactions entre l'apprenant et l'interface de l'environnement, par exemple les clics.

De plus, EpiTalk génère automatiquement un graphe d'agents épiphytes, isomorphe au graphe des tâches fourni par le concepteur : un agent épiphyte est associé à chaque tâche. Par défaut, les agents créés automatiquement par EpiTalk ne font rien. Le concepteur peut définir le comportement d'un agent, notamment en lui associant une base de règles respectant le formalisme NéOpus [PAQ95]. Lors de l'exécution de l'assistance, les agents épiphytes sont

informés des événements survenant dans l'environnement d'apprentissage par les « espions » et déclenchent l'affichage des conseils selon les règles spécifiées par le concepteur.

Selon B. Ginon, la principale force de l'approche mise en œuvre dans EpiTalk est de rendre possible la mise en place d'un système conseiller dans un environnement d'apprentissage existant qui n'a pas été conçu spécifiquement pour permettre l'ajout d'un tel système conseiller [GIN14]. De plus, les systèmes conseillers mis en place via EpiTalk sont greffés sur l'environnement, ce qui permet de proposer une assistance fortement contextualisée. Néanmoins, EpiTalk ne concerne que les environnements développés en Smalltalk-80. De plus, des connaissances en programmation en Smalltalk-80 sont requises pour le concepteur de l'assistance, même si EpiTalk limite l'usage de la programmation.

Les systèmes conseillers mis en place via EpiTalk peuvent proposer à l'apprenant des conseils sous forme de messages textuels. Ces conseils peuvent porter sur les connaissances manipulées dans l'environnement comme sur des points de méthodologie. Les conseils peuvent être déclenchés de manière proactive à l'initiative du système d'assistance ou de manière réactive à l'initiative de l'apprenant.

3.3.2. ExploraGraph

L'environnement ExploraGraph est un hypermédia adaptatif [DUF01], qui offre la possibilité d'avoir une représentation de l'activité de l'apprenant et de pouvoir ainsi apporter une aide adaptée. Cet environnement a été développé afin d'aider l'apprenant lors de la navigation au sein des scénarios d'activités ou des graphes de concepts, de façon flexible. L'environnement ExploraGraph est composé de trois (03) outils : un éditeur à destination des concepteurs pédagogiques pour la description des contenus pédagogiques ; un éditeur à destination des concepteurs d'assistance pour la description des règles d'assistance ; et un navigateur à destination des apprenants pour la réalisation des activités pédagogiques. L'assistance définie à l'aide de l'éditeur de règles d'assistance peut être exécutée dans le navigateur apprenant, pour n'importe quel scénario d'ExploraGraph.

Côté apprenant, ExploraGraph propose un graphe conceptuel dans lequel l'apprenant peut naviguer. L'exemple de la Figure 3.4 montre un graphe conceptuel dont les nœuds sont des activités liées à un cours de design de sites Web [DUF06]. Sous chaque nœud du graphe, deux barres de progression sont affichées : une représente la progression du groupe et l'autre celle de l'apprenant dans l'activité correspondante ; ces informations étant issues du profil du groupe ou du profil de l'apprenant. Les arcs du graphe sont associés à un code couleur et

représentent un lien entre les activités (précédence, production ou de composition par exemple).

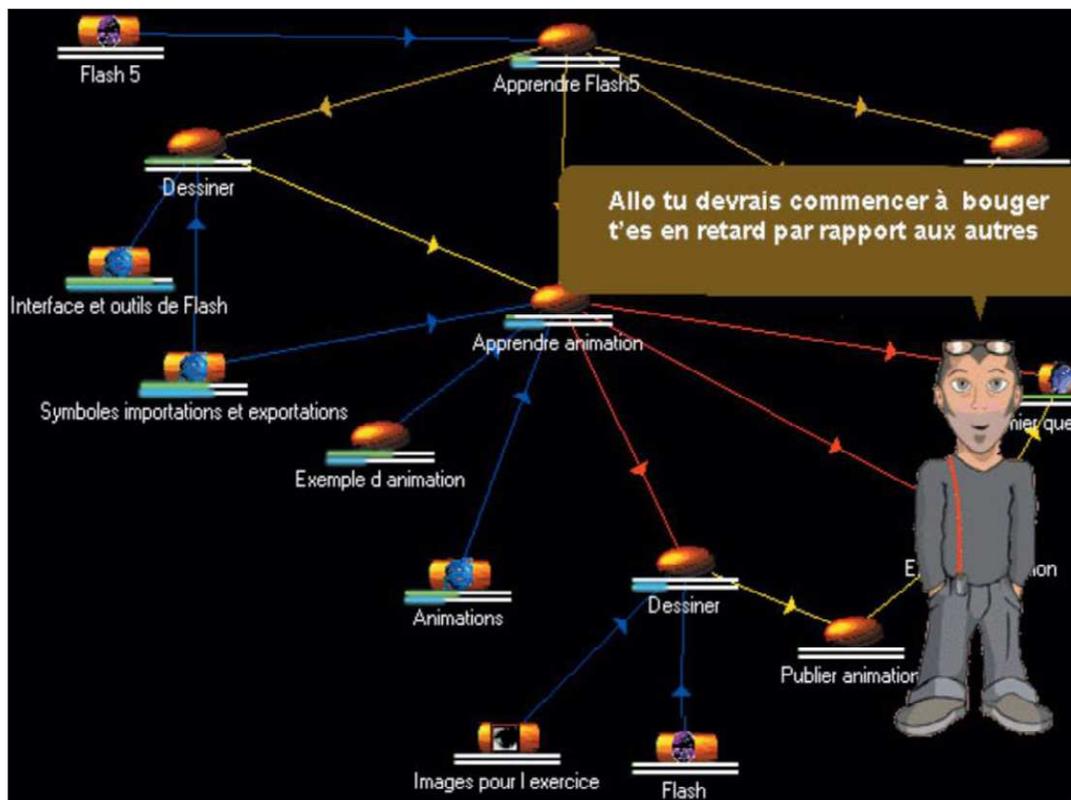


Figure 3.4 : Navigateur d'ExploraGraph : exécution d'une action d'assistance de type message [DUF06].

Côté concepteur pédagogique, l'éditeur de règles d'assistance d'ExploraGraph permet à un concepteur pédagogique de définir sous forme d'un ensemble de règles l'assistance qui sera proposée à l'apprenant dans le navigateur. Les règles d'assistance exploitées dans ExploraGraph sont de la forme <événement déclencheur, condition de déclenchement, actions d'assistance> [DUF03]. Chaque règle est de plus associée à un type de conseil (présentation, explication, rappel, feedback, motivation) qui définit l'objectif de la règle d'assistance.

Les événements déclencheurs permettent de contextualiser l'assistance, ils peuvent concerner l'ouverture ou la fermeture d'un graphe, le clic sur un nœud et l'inactivité de l'apprenant pendant une durée donnée. Les conditions de déclenchement permettent de personnaliser l'assistance, elles peuvent concerner le profil de l'apprenant ou le profil du groupe, elles peuvent être relatives à une période (pour imposer par exemple qu'une action d'assistance ne puisse être déclenchée que dans une période donnée), ou être relative à une question posée directement à l'apprenant (pour lui demander s'il souhaite de l'assistance par exemple). Les actions d'assistance permettent de fournir à l'apprenant de l'aide sont principalement de type *message* et *animation* : un agent animé peut afficher ou lire un

message, se déplacer à l'écran, mettre en valeur un point donné de l'environnement ou réaliser des animations (par exemple saluer, sourire ou applaudir). Le système d'assistance peut également réaliser des actions de type *action automatisée*, pour ouvrir un graphe de l'environnement ou cliquer sur un nœud à la place de l'apprenant, ou de type *modification du profil* de l'apprenant ou d'un groupe d'apprenants. Par exemple, sur la Figure 3.5, une action d'assistance de type *message* affichée par un agent animé est déclenchée car, à une date donnée, le profil de l'apprenant indique qu'il a moins progressé que la moyenne du groupe dans certaines activités.

La Figure 3.5 présente une capture d'écran de l'éditeur de règles d'assistance d'ExploraGraph. Cette interface permet au concepteur pédagogique de définir des actions d'assistance. Dans cet exemple, le concepteur pédagogique définit une action de type message: le message « bonjour, bonne chance c'est dur aujourd'hui » sera lu par l'agent animé « Prof ».

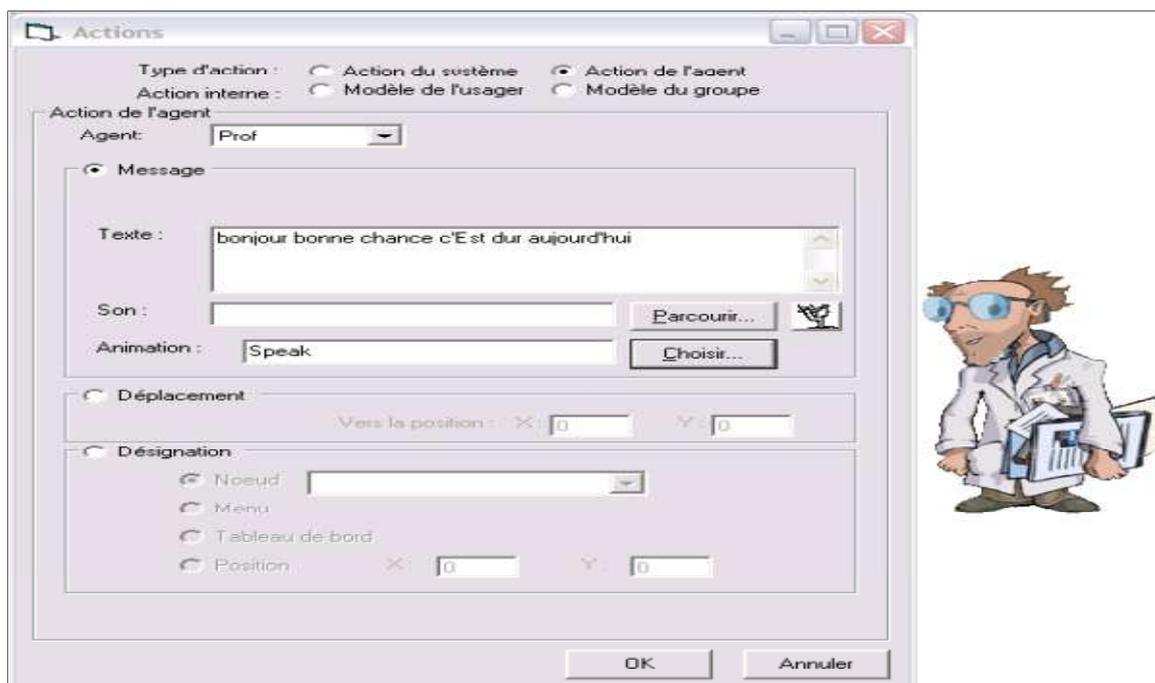


Figure 3.5: Éditeur de règles d'assistance d'ExploraGraph: définition d'une action de type «message» [DUF06].

L'environnement ExploraGraph propose par ailleurs à l'apprenant un tableau de bord qui lui permet de spécifier ses intentions (explorer une matière ou un scénario donné, planifier une tâche ou faire le point). À partir de ce tableau de bord, l'apprenant peut demander de l'aide en fonction de ses intentions ou définir des préférences vis-à-vis de l'aide qui lui est fournie. Ainsi, l'apprenant peut ajuster le niveau d'aide qui lui sera proposée à l'initiative du système d'assistance, en définissant un seuil d'aide souhaitée qui peut être utilisé comme

condition de déclenchement des règles d'assistance ; l'apprenant peut également définir un personnage préféré pour les agents animés (Prof, la Religieuse, le Coach ou le Hacker)[DUF06].

L'approche d'assistance à base de règles mise en œuvre est riche et intéressante, elle permet notamment une contextualisation et une personnalisation fine de l'assistance. Cependant, la portée de cette approche est limitée car elle est spécifique à l'environnement Exploragraph : seuls les scénarios pédagogiques de cet environnement sont concernés par cette assistance.

3.3.3. Telos

Telos est un système d'assemblage d'environnements en ligne, permet la définition de scénarios d'activités ou de scénarios pédagogiques multi-acteurs pour la gestion des connaissances et la formation, s'appuyant sur des ontologies [PAQ12]. Telos est composé de cinq (05) principaux outils: un gestionnaire des ressources, un éditeur graphique des scénarios, un éditeur de connaissances semi formelles, un éditeur d'ontologies et un gestionnaire des tâches en exécution, qui permet l'exécution d'un scénario en générant une interface graphique à partir de laquelle les acteurs du scénario pourront réaliser les activités du scénario

L'éditeur de scénarios de Telos utilise le langage graphique MOT (Modeling with Object Types) [PAQ08]. Un exemple de scénario pédagogique défini dans Telos est donné en Figure 3.6. À partir de l'éditeur de scénarios de Telos, il est possible d'ajouter dans un scénario un agent assistant, ou un agent conseiller, lié à une tâche du scénario. Dans l'exemple donné par la Figure 3.6, on peut voir qu'un agent conseiller a été associé à la tâche « Regrouper les propriétés des planètes en fonction des compétences cibles ». Les agents conseillers utilisés dans Telos sont définis par le concepteur du scénario via un ensemble de règles de la forme <événement déclencheur, condition de déclenchement, actions d'assistance>, comme dans ExploraGraph. Chaque règle d'assistance est associée à l'acteur du scénario auquel l'agent conseiller fournira l'assistance. Les événements déclencheurs permettent de contextualiser l'assistance sont liés à une tâche ou à une ressource du scénario, par exemple « tâche complétée » ou « ressource ouverte ». Les conditions de déclenchement permettent de personnaliser l'assistance en fonction des connaissances et des compétences de l'acteur ciblé par la règle d'assistance. Il est possible de déclencher une règle d'assistance uniquement pour les apprenants dont le niveau est plus faible que le niveau attendu dans une compétence pré-

requis pour la tâche à laquelle l'agent conseiller est lié ; en effet ces apprenants peuvent se trouver en difficulté.

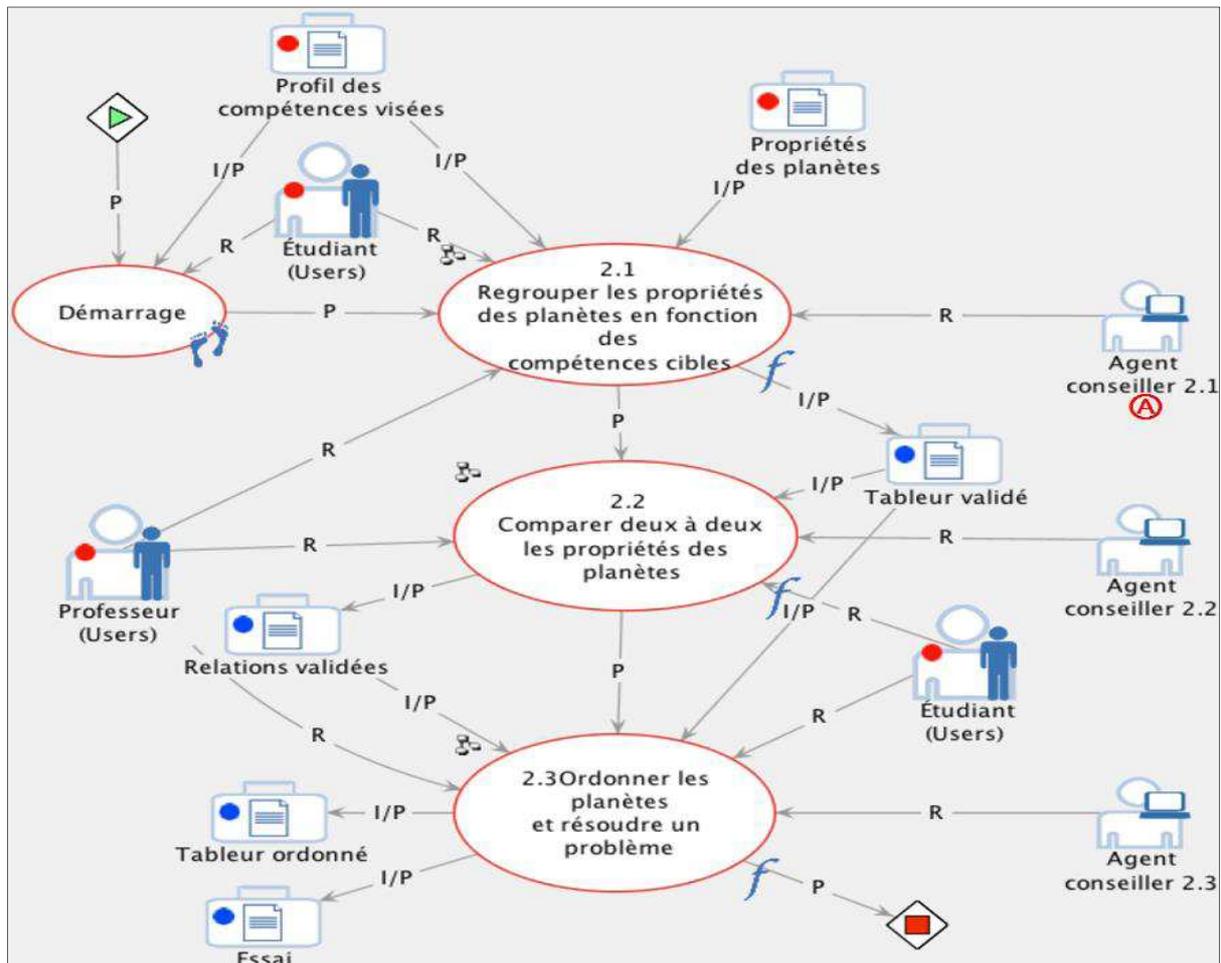


Figure 3.6 : Exemple de scénario pédagogique défini en MOT dans Telos [PAQ08].

Les actions d'assistance peuvent être de type *modification du profil* de l'acteur concerné, par exemple pour mettre à jour les compétences d'un apprenant suite à une activité, elles peuvent également être de type *message*, affiché dans une fenêtre Pop-Up, par exemple pour donner un conseil à un apprenant ou notifier à un enseignant qu'un apprenant est en difficulté.

La Figure 3.7 présente une capture de l'écran d'édition de règles d'assistance incluse dans l'éditeur de scénarios de Telos. Sur cet exemple, le concepteur définit une règle d'assistance qui sera déclenchée lorsque l'acteur concerné par l'assistance, un apprenant, aura complété l'activité « *Regrouper les propriétés des planètes en fonction des compétences cibles* », à laquelle l'agent conseiller est associé. La règle ne sera déclenchée que pour un apprenant dont une compétence est plus faible que la compétence visée par l'activité. Dans ce cas, une notification sera envoyée à un autre acteur du scénario, un facilitateur, par exemple un

enseignant, qui a pour contenu « *Veillez donner un conseil à l'apprenant en utilisant la ressource suivante* », avec un lien vers la ressource « *Le système d'apprentissage* ».

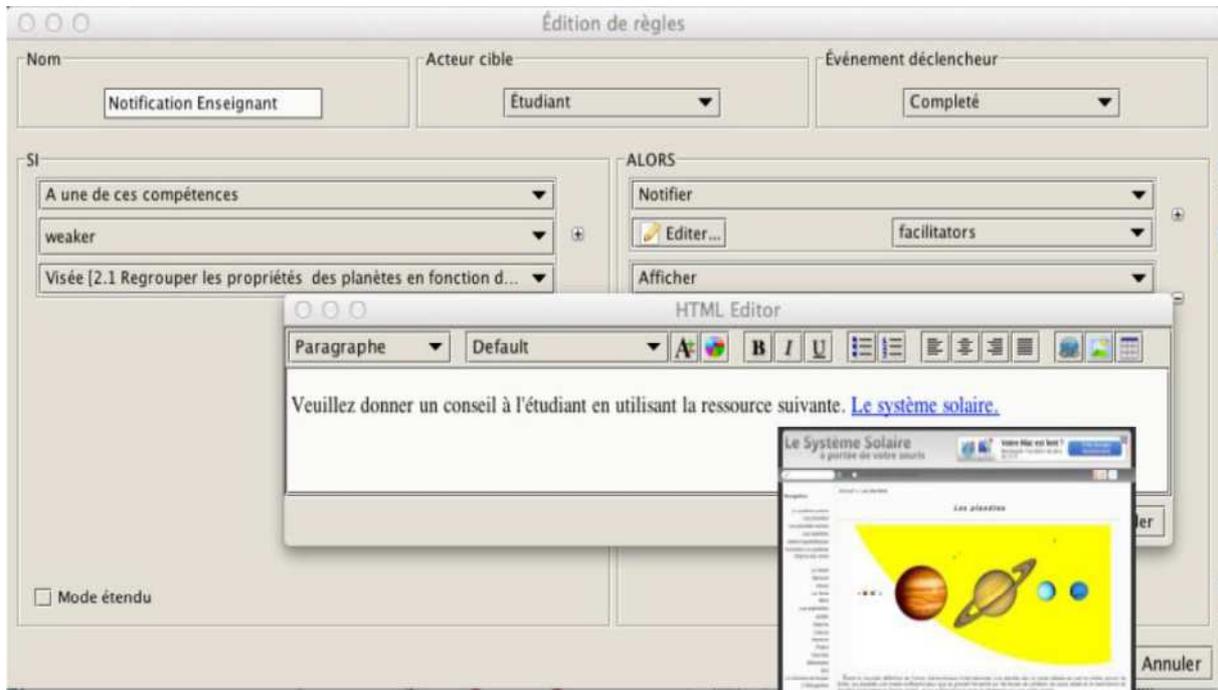


Figure 3.7 : Édition de règles d'assistance dans l'éditeur de scénarios de Telos [PAQ08].

L'approche d'assistance à base de règles mise en œuvre est particulièrement intéressante, notamment pour la richesse des actions d'assistance proposées et pour les possibilités de personnalisation qu'elle offre au concepteur de l'assistance. Cependant, tout comme l'approche proposée dans Exploragraph, la portée de cette approche est limitée car elle est spécifique à l'environnement Telos uniquement.

3.3.4. Musette

L'approche Musette (*Modelling USEs and Tasks for Tracing Experience*) [CHA04] a été mise en place dans l'objectif de fournir un cadre pour l'assistance à base de traces au sein de l'équipe CEXAS (Cognition, EXpérience et Agents Situés) du LIRIS [MIL06b]. Ce modèle utilisé dans le projet Pixed (Figure 3.8), traite les traces en trois (03) étapes : une phase d'observation, une phase d'analyse et une phase d'assistance.

La phase d'observation est une phase de collecte de traces primaires réalisée par un agent observateur suivant un modèle d'observation. La phase d'analyse produit une structuration des traces primaires en « épisodes » (traces de haut niveau). Cette structuration est en accord avec des signatures de tâches expliquées. Une signature de tâche expliquée est un motif interactionnel que les utilisateurs reconnaissent dans une trace comme typique d'une tâche

qu'ils peuvent alors expliquer ou décrire [MIL06a]. Les épisodes sont, par la suite, analysés lors de la phase d'assistance qui propose, le cas échéant, une régulation à l'apprenant [MIL06a], [DES04].

Il convient de déterminer de quoi la trace sera constituée (modèle d'utilisation MU), et comment celle-ci sera générée (modèle d'observation MO). Les éléments d'interaction constituant la trace sont des objets d'intérêt (OI) de trois (03) types : entités, évènements et relations. Un modèle d'utilisation décrit les entités, les évènements et les relations à observer pour construire une trace primitive, à la manière d'une « ontologie d'observation ». Associé au modèle d'utilisation (MU), un modèle d'observation (MO) décrit les règles nécessaires à la détermination des données pertinentes issues de l'environnement, et à la construction effective de la trace primitive. Le modèle d'observation n'est pas spécifié dans l'approche Musette et doit être adapté à chaque environnement observé.

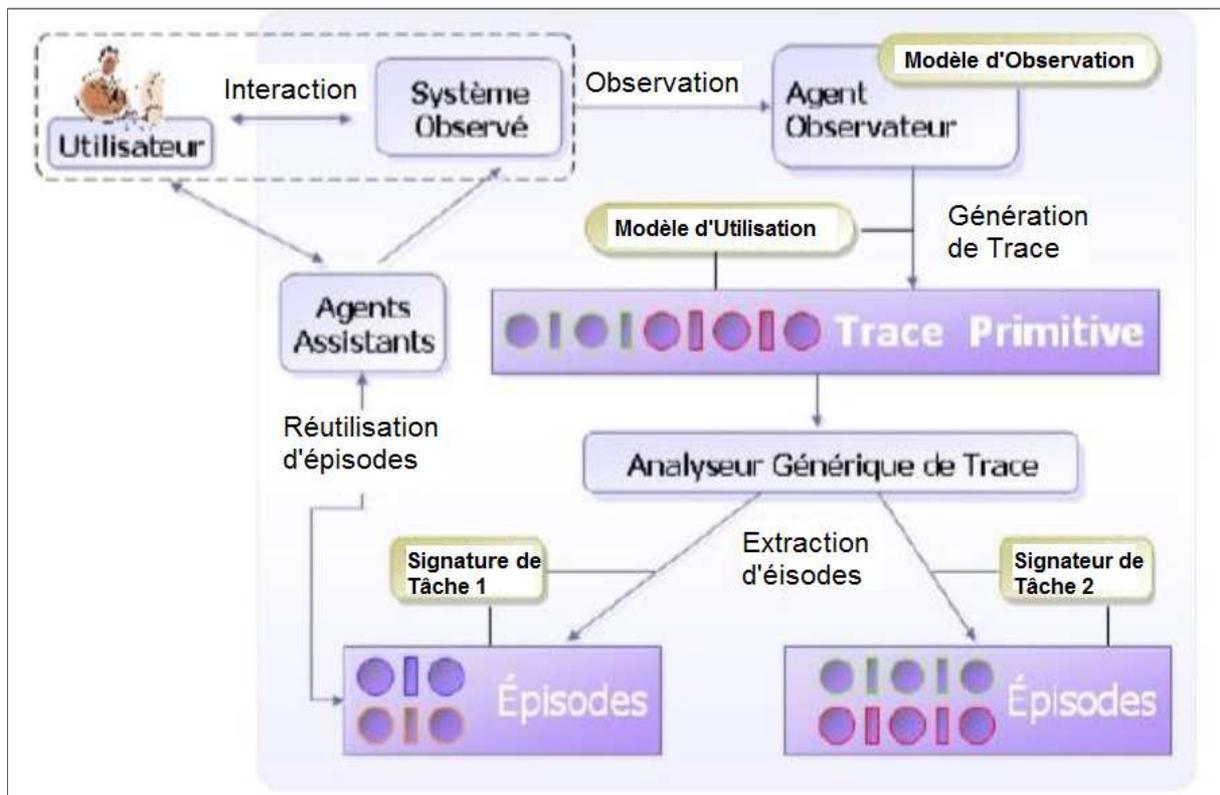


Figure 3.8 : L'approche Musette [MIL06a].

Ainsi, la trace primitive est structurée selon deux types de structures : les états, regroupant des entités, et les transitions regroupant des évènements. La trace est donc une séquence d'états et de transitions. La Figure 3.9 présente un exemple simplifié d'un modèle d'utilisation de navigateur Web, associé à un fragment de traces primitives. Les entités du modèle d'utilisation sont les pages Web (*Page*), les hyperliens (*Lien*), les images (*Img*) et les

préférences (*Pref*). Les évènements du modèle d'utilisation sont les clics de l'utilisateur (*Clic*), ses pages sauvegardées localement (*Sauv*), ses marques de pages (bookmarks *Bm*) et le changement de langue (*Lang*). Par exemple, lorsqu'un utilisateur trouve une page intéressante, il lui arrive souvent de vouloir enregistrer l'URL du site qui la contient dans ses favoris. Ce genre de tâche est aisément repérable dans les traces primitives : depuis une page (*Page1*) d'un site, l'utilisateur remonte à la page d'accueil (*Page 2*) et y pose une marque (*Bm1*). Afin de construire la signature de tâche expliquée pour cette interaction, l'évènement bookmark (*Bm*) est annoté avec une explication textuelle, potentiellement utile pour l'interprétation de l'épisode et les deux pages web impliquées peuvent être annotées par « page interne » et « page de garde », selon une ontologie des sites Web, définie en dehors de Musette, et utilisable par un assistant dédié [MIL06a].

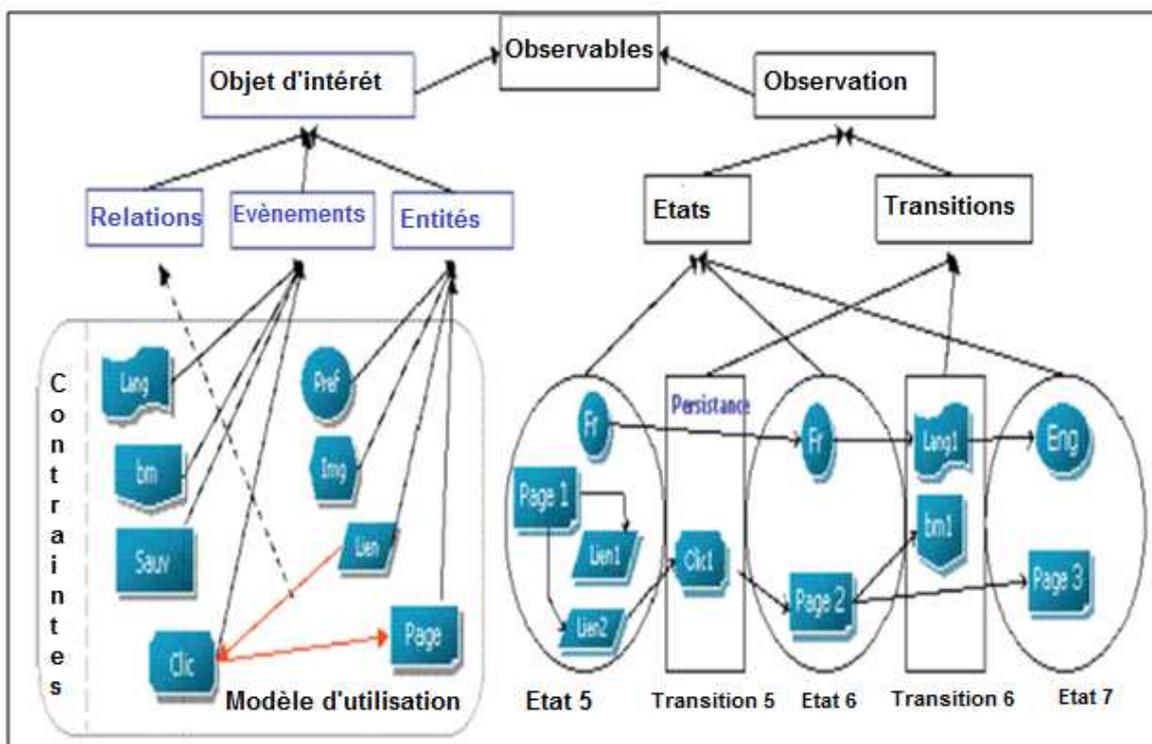


Figure 3.9 : Un modèle d'utilisation simplifié et un fragment de trace de navigation selon Musette [CHA04].

3.3.5. aLDEAS

aLDEAS (a Language to Define Epi-Assistance Systems) est un langage qui permet la définition de systèmes d'assistance pour des applications existantes sous la forme d'un ensemble de règles [GIN14]. Ce langage est au cœur du processus d'adjonction de systèmes d'assistance épiphytes : il permet au concepteur de modéliser l'assistance souhaitée lors de la phase de spécification de l'assistance, et de l'exploiter lors de la phase d'exécution de

l'assistance au travers de sa mise en œuvre. aLDEAS est constitué de différents types de composants qui peuvent être combinés pour créer des règles et actions d'assistance, afin de répondre à des besoins d'assistance variés (Figure 3.10). Les principaux éléments d'aLDEAS sont les attentes d'événements sur l'application-cible, les consultations (de l'utilisateur, de l'historique de l'assistance, du profil de l'utilisateur ou des traces de l'utilisateur) et les actions d'assistance. Une attente d'événement permet d'attendre qu'un événement donné ait lieu pour déclencher une action du système d'assistance. Les événements attendus peuvent notamment concerner des actions de l'utilisateur, comme le clic sur un bouton donné, l'absence d'action pendant une durée donnée ou la réalisation d'une tâche de «haut-niveau» (telle que la correction des yeux rouges sur une photo), combinant plusieurs actions de «bas-niveau». Les consultations permettent de personnaliser et de contextualiser l'assistance en conditionnant les actions du système d'assistance à des informations relatives aux actions passées de l'utilisateur, à son profil, à ses choix et à l'état de l'application-cible.

Enfin, aLDEAS propose un large choix d'actions d'assistance : messages, mises en valeur ou actions automatisées sur un composant de l'interface de l'application-cible, et des propositions de ressources externes (comme des vidéos de démonstration, forum, supports de cours), etc.

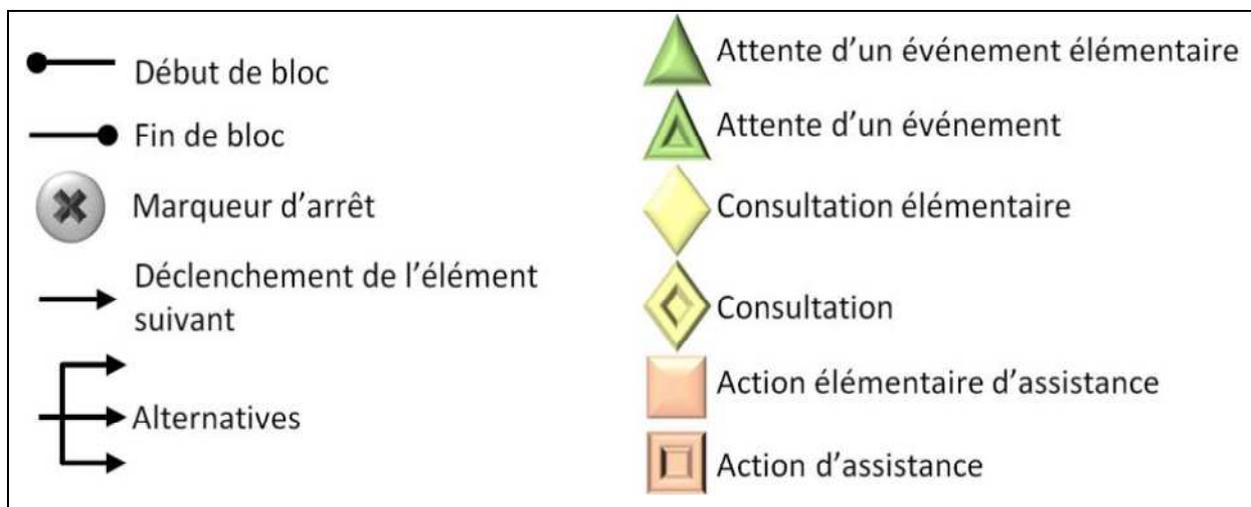


Figure 3.10 : Les composants du langage aLDEAs[GIN14].

Le langage aLDEAS est complété par plusieurs patrons qui facilitent la définition d'actions d'assistance [GIN14].

Les concepteurs d'aLDEAS ont mis en œuvre ces propositions théoriques à travers le système SEPIA (Specification and Execution of Personalised Intelligent Assistance)

[GIN14], constitué de deux principaux outils opérationnels : l'éditeur d'assistance et le moteur générique d'assistance (Figure 3.11).

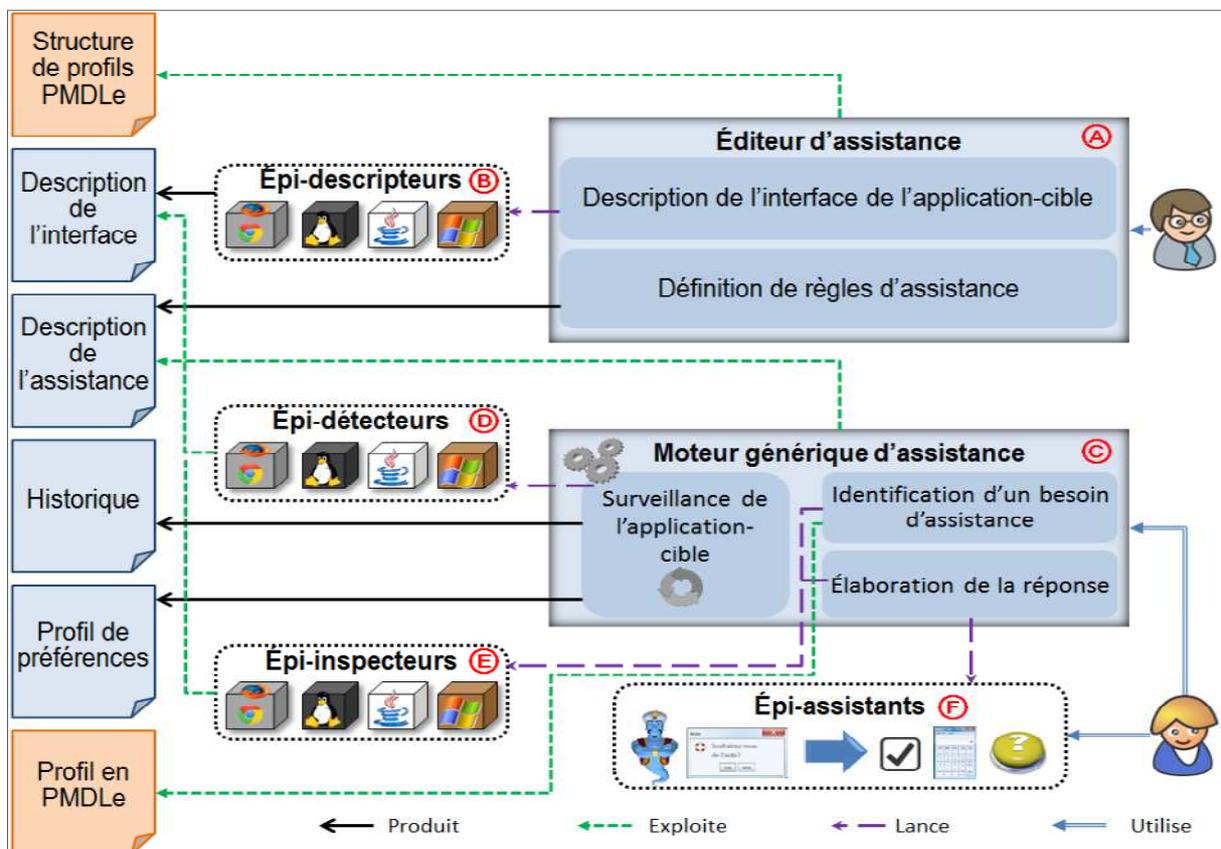


Figure 3.11 : Architecture du système SEPIA [GIN14].

L'éditeur d'assistance opérationnalise la phase de spécification de l'assistance du processus d'adjonction d'un système d'assistance épiphyte. Il fournit une interface à destination des concepteurs d'assistance afin de leur permettre de définir l'assistance qu'ils souhaitent pour une application-cible, sous la forme d'un ensemble de règles d'assistance respectant le langage aLDEAS.

Le moteur générique d'assistance opérationnalise la phase d'exécution du processus et permet de fournir de l'assistance à chaque utilisateur d'une application-cible en fonction de l'assistance spécifiée par le concepteur. Le moteur est complété par un ensemble de détecteurs qui permettent la surveillance épiphyte d'une application-cible donnée. Actuellement, trois (03) détecteurs ont été développés : un détecteur pour les applications Windows natives, un détecteur pour les applications Java et un détecteur pour les applications Web. Enfin, le moteur exploite un ensemble d'assistants épiphytes qui peuvent agir sur une application-cible donnée à la demande du moteur. Les assistants épiphytes développés permettent de réaliser les actions d'assistance proposées par aLDEAS, en particulier, afficher ou lire des messages,

mettre en valeur un composant, faire appel à des agents animés capables de s'exprimer oralement, textuellement, par gestes et animations (par exemple le compagnon Merlin peut applaudir et dire «*Bravo, tu as réussi !*»)[GIN14]. Il existe également des assistants épiphytes capables de réaliser des actions sur l'interface de l'application-cible à la place de l'utilisateur, par exemple pour cliquer automatiquement sur un bouton, saisir un texte ou sélectionner un item dans une liste déroulante.

3.4. Conclusion

Les différentes approches présentées dans ce chapitre permettent la mise en place des systèmes d'assistance adaptatifs.

Nous avons identifié un ensemble de catégories d'approches d'assistance adaptatives prédéfinies (tutoriel, manuel d'aide). En conséquence, l'apprenant doit être capable d'identifier ses besoins d'assistance avant de se tourner vers ce type d'assistance. Une telle démarche requiert un certain recul de la part de l'apprenant vis-à-vis de son utilisation de l'environnement d'apprentissage. Cela demande également à l'apprenant d'avoir la volonté de trouver une réponse à son besoin d'assistance. Or, une situation problématique peut entraîner une démotivation de la part de l'apprenant, qui peut aboutir à un abandon de l'apprentissage s'il ne propose spontanément aucune solution pour résoudre la situation problématique. Une alternative consiste à identifier le besoin de l'apprenant et de lui proposer de manière proactive une ressource d'assistance répondant à ce besoin.

Nous avons présenté les approches d'assistance adaptatives génériques. Cependant, ces approches ne peuvent pas être utilisées dans n'importe quel environnement d'apprentissage. Elles sont en effet spécifiques à un environnement donné, comme c'est le cas pour les approches d'assistance proposées dans ExploraGraph, à un langage donné, comme c'est le cas d'EpiTalk, ou au Web, comme c'est le cas de Telos. Pour chacune de ces approches, les actions d'assistance proposées sont de types peu variés : principalement des messages textuels ou des actions d'agents animés.

Dans le cadre d'aLDEAS [GIN14], les auteurs se sont intéressés à l'adjonction, a posteriori, de systèmes d'assistance dans des applications existantes, sans que ces applications soient spécifiques à un domaine ou à un environnement. De plus, ils ont proposé des actions d'assistance très variées, pour correspondre aux désirs des concepteurs d'assistance et pour permettre une adaptation fine de l'assistance en fonction des spécificités et de l'état de l'application-cible, ainsi que des spécificités des utilisateurs finaux.

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés au développement d'un système d'assistance générique et proactif pour un environnement d'apprentissage à distance sans que cet environnement soit spécifique à un domaine. De plus, nous souhaitons proposer des actions d'assistance adaptées en fonction des spécificités et de l'état de l'environnement d'apprentissage, ainsi que des spécificités des apprenants.

Chapitre 4:

Les Traces d'Interactions

✓ Objectif du chapitre

Etudier et caractériser les traces d'interactions dans les environnements d'apprentissage à distance (EAD).

✓ Points clés

Ce chapitre est composé de deux (02) parties : dans la première partie, nous avons présenté un état de l'art sur les traces d'interactions dans les environnements d'apprentissage à distance. Nous avons identifié les différents types de traces, les objectifs d'observation ainsi que les méthodes de collecte de traces et les approches d'observation: centrées Serveur, centrées Utilisateur et basées sur un logiciel spécifique. Nous avons aussi décrit le processus de transformation des traces : fusion et synchronisation, filtrage et enfin structuration.

Dans la deuxième partie, nous avons défini les indicateurs d'apprentissage et nous avons exploré certains systèmes qui suivent la démarche d'utilisation des traces et des indicateurs d'apprentissage.

Chapitre 4:

Les Traces d'Interactions

4.1. Introduction

Les systèmes d'aide ou d'assistance, quelle que soit leur forme, ont deux types d'objectifs dont le premier vise l'*appropriation* de l'outil. Nous entendons par ce terme, l'acquisition par l'apprenant (utilisateur) des connaissances relatives aux fonctionnalités de l'outil, indépendamment de la tâche effectuée. Pour le second, l'enjeu est l'*assistance à la tâche* qui elle est, au contraire, intimement liée à la tâche effectuée et à son contexte. Si l'appropriation de l'outil reste (et restera) un objectif important, il nous semble que le véritable enjeu aujourd'hui est bien, la création d'un système capable d'être un support à la réalisation de la tâche plus qu'un guide prescriptif à l'utilisation de l'outil [LAF05].

Pour atteindre ces objectifs, il faut donc prendre en compte à la fois les caractéristiques liées à la tâche réalisée ainsi que les particularités des apprenants de ces systèmes. Cependant, l'identification de ces caractéristiques est un problème difficile dans le domaine de l'apprentissage à distance en générale. En effet, l'observation de l'apprenant, est rendue difficile par l'absence du contact face-à-face. Par conséquent, les recherches se sont orientées vers l'analyse des interactions de l'apprenant dans l'environnement d'apprentissage pour remplacer, en partie, l'observation informelle de son activité. Cette analyse est basée sur l'interprétation d'informations recueillies pendant la session d'apprentissage, appelées traces. Ces traces, définies comme des conteneurs des informations, fournissent des connaissances sur l'activité grâce à des paramètres calculées que nous appelons indicateurs. Ces indicateurs sont utilisés pour comprendre la situation d'interaction et pour assister l'apprenant dans sa tâche.

4.2. La Notion de Trace et de Modèle de traces

4.2.1. Définitions de trace

Avant de s'intéresser à l'utilisation des traces, il faut d'abord considérer la définition associée au terme de trace.

Dans [CRA07a], les auteurs définissent une "trace d'interaction" comme "*tout objet informatique dans lequel s'accumulent des données à propos des interactions entre un système informatique et son utilisateur*".

Dans [CHA04], les auteurs définissent la trace comme étant une séquence d'états et de transitions représentant l'activité de l'utilisateur : "*la séquence temporelle des objets et opérations mobilisés par l'utilisateur lorsqu'il utilise le système est appelée trace d'utilisation*".

Dans le cadre spécifique des EIAH, dans [JER01] les auteurs définissent la trace d'apprentissage comme "*une observation ou un enregistrement de l'interaction de l'apprenant avec un système en vue d'une analyse*".

Pour J.P. Pernin, la trace représente "*un indice de l'activité des acteurs d'une situation d'apprentissage qu'elle soit ou non instrumentée*". Il précise aussi qu'il s'agit "*d'un résultat obtenu au cours ou au terme d'une activité, d'un événement ou d'un ensemble d'évènements relatif au déroulement de la situation d'apprentissage*" [PER05].

D'un autre côté, dans leurs travaux liés à la réingénierie des EIAH, dans [CHO07] les auteurs considèrent la trace comme "*un objet pédagogique au même titre que les ressources ou les scénarios pédagogiques*".

Ainsi que dans les travaux liés à l'assistance [LAF05], les auteurs considèrent "*la trace primitive comme un conteneur de connaissances par rapport à la tâche, qui peut être analysée a posteriori à l'aide de signatures de tâche expliquées permettant d'y localiser des épisodes signifiants*". Ces épisodes pourront alors être réutilisés par des assistants logiciels comme connaissances contextualisées afin de soutenir l'utilisateur dans sa tâche.

Pour K. Sahaba, la trace est « *un objet informatique représentant l'historique des actions de l'utilisateur collectées en temps réel à partir de son interaction avec l'environnement informatique* » [SAH12]. Le principe est de considérer ces traces, représentant l'activité des utilisateurs, comme des sources de connaissances que le système peut exploiter pour faire évoluer ses stratégies d'aide et adapter ses réponses aux différentes situations rencontrées.

Une définition plus générale, est celle donnée par L. Settouti et al. : « *la trace est définie comme une séquence temporelle d'observés* » [SET06]. Le terme 'séquence temporelle' dénote l'existence d'une relation d'ordre organisant les données de la trace par

rapport à un repère de temps. Le terme '*observé*' dénote que les données de la trace sont issues d'une observation.

Au vu de ces différentes définitions, le mot trace regroupe finalement beaucoup de sens. Dans notre travail, nous nous focalisons sur la notion de trace numérique telle qu'elle est considérée comme une séquence temporelle d'observés.

Chaque trace possède sa propre structure et son propre sémantique, et ceci selon le système qui l'a généré et la nature de l'activité tracée. Donc pour pouvoir être utilisée, une trace est toujours accompagnée de son modèle, le modèle de trace.

4.2.2. Types de traces

Les traces se présentent sous des formes de plus en plus variées, incluant des relations riches et des possibilités de navigation poussées : allant des simples clics de la souris, URLs visitées et temps de consultation jusqu'à la voix enregistrée, le parcours chronologique au sein d'une activité, l'usage des services de communication dans l'espace pédagogique et les réponses aux exercices et questionnaires [BOU11].

D'autres auteurs regroupent les traces suivant le contenu de l'information qu'elles portent [DAV05], [GWE05]. Ainsi, quatre (04) groupes de traces ont pu être dégagés :

- (i) les traces informatives (les informations personnelles, exemples : nom, prénom, etc.) et les informations techniques (exemples : adresse IP, navigateur, etc.) ;
- (ii) les traces liées à l'exploitation d'une ressource (référence de la ressource, origine et historique des accès, etc.) ;
- (iii) les traces associées à l'activité d'apprentissage (temps de réponse, résultats de tests, etc.) ;
- (iv) et les traces attachées à l'activité de communication (contenu d'un message, destinataire, etc.).

La définition de ces groupes permet d'envisager un traitement unique pour l'ensemble des traces associées à un groupe. Les traces concernant la communication dans un groupe permettent d'évaluer la qualité de l'interaction. Les traces relatives à un historique de parcours peuvent permettre de dégager des profils d'apprenants. Et les traces faisant référence au temps passé sur une activité permettent d'évaluer les compétences d'un apprenant, etc.

Suite à cette classification, R. Gwenegan définit encore trois (03) classes d'exploitation [GWE05]: caractère de la situation (individuelle ou collective), valeur d'usage (qualitative ou quantitative) et cadre d'exploitation (étude du comportement ou étude de la connaissance).

Le choix des données à observer dépend de l'environnement d'interaction et des objectifs de l'observation.

4.2.3. Les objectifs de l'observation

Dans le cadre des EIAH, l'objectif principal de l'observation est d'avoir un outil de support et de gestion pour l'apprenant. Toutefois, N. Bousbia, dans [BOU11], a distingué divers objectifs :

- Caractériser l'activité de l'apprenant et analyser son comportement. Dans ce sens, nous pouvons citer les travaux présentés dans [GEO06], [SAN94] et [LOG08] ;
- Interpréter l'interaction de l'apprenant avec le système et avec les autres acteurs, comme dans Drew [SEJ04], ColAT[AVO05],[AVO07] et JCacheSim[BRA02].Les travaux décrits dans [SIE05], [GEO04], et [BAR00] s'insèrent aussi dans cet objectif;
- Identifier des comportements communs chez les apprenants, tels que les études présentées dans [CHE06] et dans [HOF06] ;
- Déterminer le niveau de compréhension des apprenants au contenu proposé, comme dans [MAN05], Synergo[AVO05] et APLUSIX [NIC87].
- Réguler les scénarii, tels que décrits dans FORMID [GUE04] et dans [KEP07].
- Créer des tutoriels d'aide intelligents, cas dans Pixed [HER04].

Dans [DAV05], les auteurs regroupent ces objectifs en trois (03) catégories principales, qui peuvent également se suivre comme trois étapes d'exploitation possibles des traces : l'observation (ou la validation des expérimentations et des hypothèses), l'évaluation et la régulation de l'apprentissage.

Selon son rôle dans le processus d'apprentissage, chaque acteur (apprenant, tuteur, concepteur) serait capable de :

- (i) analyser les données observées (activité d'observation) ;
- (ii) établir un diagnostic à partir des résultats observés (activité d'évaluation) ;
- (iii) et agir sur le processus d'apprentissage (activité de régulation).

Par exemple, l'analyse des traces peut être effectuée par :

- ✓ Un tuteur désirant obtenir une vue de l'activité d'un apprenant afin d'évaluer les comportements et réguler le processus d'apprentissage ;
- ✓ Un apprenant souhaitant analyser sa propre activité dans le cadre d'une autorégulation ;
- ✓ Un auteur concepteur du scénario prescrit pour la situation d'apprentissage afin de le comparer avec les résultats obtenus par l'apprenant, et l'adapter à ses besoins ;
- ✓ Un chercheur souhaitant obtenir une vue sur des indicateurs d'apprentissage afin d'analyser en détail les résultats obtenus et valider ses hypothèses ;
- ✓ ou enfin par d'autres acteurs (parents, institutions...), s'intéressant au déroulement de la formation.

4.3. Les Systèmes à Base de Traces (SBT)

L. Settouti et *al.* définissent le Système à Base de Traces (SBT) comme un système informatique permettant et facilitant l'exploitation des traces [SET06]. Il est composé de différents composants (Figure 4.1).

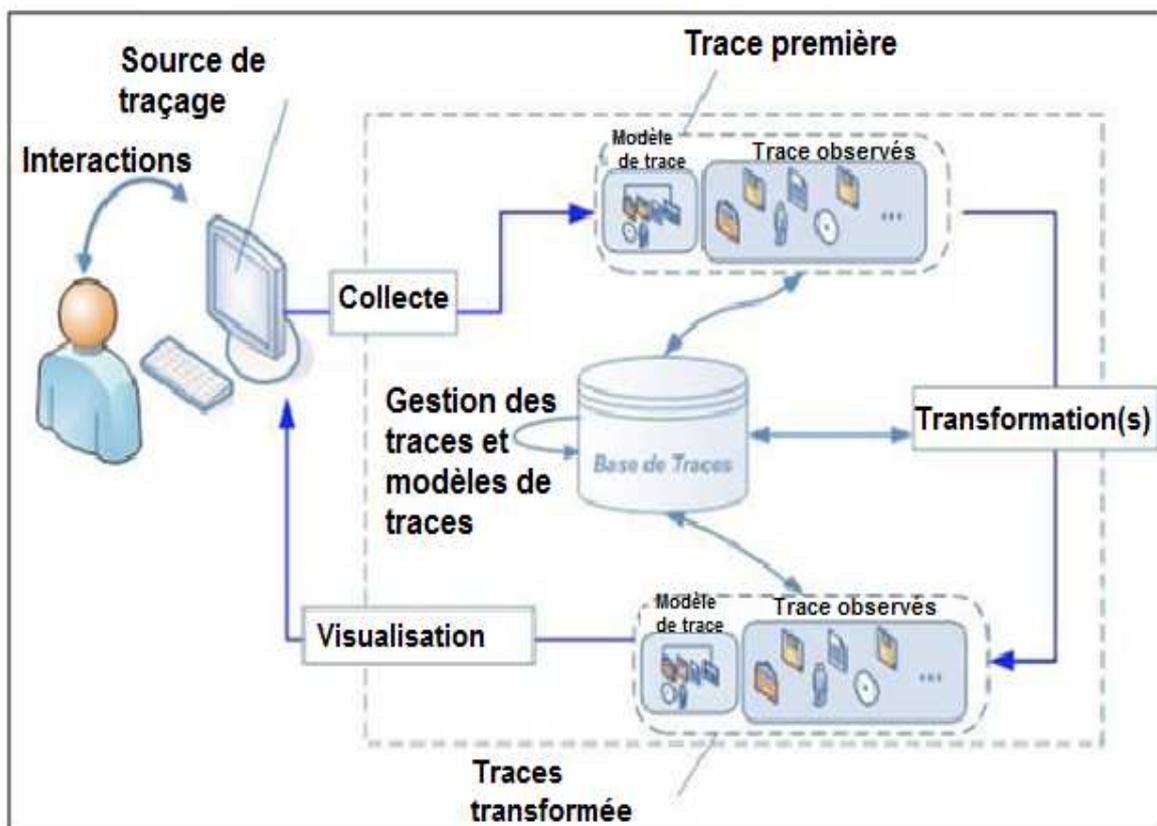


Figure 4.1 : Architecture générale d'un Système à Base de Traces (SBT) [SET06].

4.3.1. Collecte de traces

Avant d'être exploitées dans un SBT, les traces sont d'abord collectées à l'aide du système de collecte. La collecte dans un environnement d'apprentissage à distance peut s'effectuer manuellement par des observateurs humains ou automatiquement par les outils informatiques ou semi-automatiquement [BOU11].

- *Une Collecte manuelle* : procédée par un observateur humain, acteur ou non dans la situation d'apprentissage, ou par des questionnaires remis aux acteurs.
- *Une Collecte automatique* qui peut être :
 - o *Collecte audiovisuelle* : exécutée par un outil d'enregistrement visuel et audio de la situation d'apprentissage.
 - o *Collecte numérique* : menée en utilisant un environnement informatique sauvegardant l'activité de l'apprenant. Les résultats de la collecte numérique constituent une trace numérique.
- *Une Collecte semi-automatique* : procédée par un observateur humain et aussi exécutée par des outils informatiques.

Dans le présent travail, nous nous sommes focalisés sur la collecte des traces lors de l'utilisation d'un environnement d'apprentissage à distance, les interactions des apprenants avec leur environnement. Dans ce cas, il est possible de collecter ces traces en format numérique (des traces ayant une représentation textuelle) dans des fichiers de type *log*.

Nous pouvons aussi dire, que la collecte est le processus qui consiste à utiliser différentes approches de collecte selon les sources d'observation : le serveur, le poste client, ou des mécanismes d'observation spécifiques au système d'apprentissage pour obtenir une trace numérique.

4.3.1.1. Les Approches centrées Serveur

Les approches centrées Serveur s'intéressent à la recherche des motifs de navigation des utilisateurs sur un site donné en se basant sur l'analyse des *logs* des serveurs Web. Ces *logs* contiennent l'ensemble des actions effectuées sur le serveur. La création des traces à partir de ces *logs* est un processus complexe qui nécessite de nombreuses opérations (filtrage, recomposition en sessions, etc.). De nombreuses informations peuvent ainsi être déterminées, telles que le navigateur et le système d'exploitation utilisés, le moment auquel une certaine activité a été effectuée, la durée passée sur une certaine page, le nombre de fois qu'une page spécifique a été visitée, ou encore l'adresse IP correspondant à chacun des événements [BOU11].

Dans un contexte de formation en ligne, si la plate-forme d'apprentissage est hébergée sur un serveur Apache, par exemple, les données présentes dans le fichier *log* peuvent être utilisées pour : évaluer l'efficacité d'un cursus en ligne ; quantifier les interactions entre les utilisateurs et les pages du cours ou de l'environnement de formation, etc. Ces données peuvent ainsi répondre à certaines questions [BRO07]:

- les pages web du cours sont-elles adaptées au navigateur le plus utilisé par les apprenants?
- Les apprenants accèdent-ils facilement aux pages essentielles du cours ?
- Une page spécifique est-elle réellement nécessaire à ce cours ?
- Le temps passé par les apprenants sur une page particulière est-il adapté pour atteindre l'objectif visé ?
- Etc ...

Parmi les travaux qui ont utilisé cette démarche, nous pouvons citer ceux présentés dans [IKS05] qui s'appuient sur les fichiers *log* pour l'acquisition des traces. Dans le même ordre d'idée, dans [STE07], les auteurs cherchent à exploiter les fichiers *log* des apprenants et les métadonnées des pages HTML pour déduire leurs profils et ainsi proposer des mécanismes de filtrage d'informations.

Ces approches sont intéressantes, cependant, elles tiennent pour acquis que le contenu des pages est connu. En effet, les informations enregistrées dans les fichiers *log*, côté Serveur, ne renseignent que sur les activités liées au serveur en question. Les données produites par les applications s'exécutant sur le poste client, ou celles issues d'applications produisant du contenu dynamique, ne sont pas collectées, empêchant ainsi de connaître les informations réellement consultées par les utilisateurs [FAN04]. De plus, ces fichiers ne sont généralement pas disponibles pour n'importe quel utilisateur (juste les administrateurs du réseau et du système).

Pour pallier aux inconvénients des approches fondées sur l'analyse des fichiers *log* côté Serveur, d'autres approches proposent des mécanismes d'observation côté Utilisateur.

4.3.1.2. Les Approches centrées Utilisateur

Si, pendant un exercice, l'apprenant effectue des recherches sur le Web, cette interaction n'est pas observée sur le serveur. Pourtant cette interaction peut être un élément important d'explication du parcours de l'apprenant [BOU11]. Il est donc intéressant d'instrumenter le poste client afin d'observer toutes les interactions propres à l'apprenant.

Cette démarche n'est pas largement utilisée. En effet, si le recueil de données de trafic centrées Serveur est maintenant relativement standardisé, la collecte d'informations au niveau des postes utilisateurs est encore un domaine d'activité, du fait des différents choix technologiques possibles et du degré de finesse des informations que l'on souhaite recueillir [BEA04].

Parmi les travaux adoptant cette approche, nous pouvons citer *WebIC* [ZHU03] qui est un système de recommandation de liens, focalisé sur la recherche d'information. Son objectif est de proposer à l'utilisateur les liens qui semblent le mieux convenir à ses attentes, en fonction des recherches qu'il a effectuées dans des moteurs de recherche et des liens qu'il suit. Le système installé sur le poste client, repère les mots importants au fur et à mesure de la navigation et propose des pages qui ont un contenu susceptible de contenir une information correspondant aux mots récoltés lors du parcours. Dans [BLA05], le système trace les actions des utilisateurs en enregistrant les pages visitées par ces derniers et le mode de navigation. De plus, le système mesure la diversité thématique des dernières pages visitées.

Dans le domaine des EIAH, G.C. Loghin et *al.* proposent un agent *keylogger* capable d'enregistrer tous les événements clavier et souris produits par l'apprenant, les processus qui sont exécutés ainsi que les titres et le contenu des boîtes de dialogue affichées sur l'écran [LOG08]. Néanmoins, très peu de travaux implémentent cette approche. Généralement, ils tracent uniquement les actions des apprenants dans l'environnement de formation en utilisant les *logs* Serveur ou des outils spécifiques intégrés à l'environnement tracé [BOU11].

4.3.1.3. Les Approches Basées sur des Logiciels Spécifiques

Au-delà des approches qui distinguent la source d'observation, selon que cela soit fait sur le poste client ou sur le serveur, d'autres approches se focalisent sur l'identification de l'interaction au moment de la collecte à travers un outil spécifique à l'environnement tracé.

Parmi ces travaux, nous pouvons citer eMédiathèque, un outil de travail collaboratif où toutes les interactions de l'utilisateur sont observées et traitées à partir de deux modèles [MIC01]: l'un définit les objets observables (les outils mis à disposition tels que le navigateur Internet, la messagerie instantanée, ou les ressources telles que les textes, les images, etc.) ; et l'autre spécifie les actions réalisables par l'utilisateur (création, modification, suppression de contenus, etc.). Les traces sont ensuite créées en fonction des

activités des utilisateurs, stockées dans un composant interne de l'application, et affichées en temps réel à l'utilisateur.

Dans le cas du *Knowledge Pool System* (KPS) de la fondation ARIADNE, chaque interaction de l'utilisateur avec l'outil *SILLO* (l'interface entre les utilisateurs et le KPS) est enregistrée dans un fichier au format XML qui est centralisé dans chacun des viviers institutionnels qui constituent le KPS [NAJ04]. Chaque enregistrement donne des informations, telles que le titre des ressources ayant été indexées, téléchargées ou supprimées, l'utilisateur à l'origine de l'enregistrement, ou la date de création de l'enregistrement, etc. [CRA07b].

Selon N. Bousbia, si les approches spécifiques à un outil particulier présentent certains atouts qui comblent les lacunes des approches fondées sur les fichiers *logs*, elles souffrent de leur cloisonnement et de leur aspect propriétaire. Les traces collectées par les systèmes mentionnés ci-dessus présentent un format qui leur est spécifique et qui empêche leur traitement par d'autres systèmes à base de traces [BOU11].

4.3.2. Transformation des traces

Les traces obtenues à l'issue de la collecte appelées '*traces brutes*', ne sont pas toujours directement exploitables, du fait de l'hétérogénéité des données qu'elles contiennent. Donc il est nécessaire pour l'utilisateur de faire des transformations, afin d'avoir des traces plus au moins significatives et cohérente avec l'activité tracée. Cette phase peut être scindée en trois étapes : fusion et synchronisation, filtrage et structuration [LOG06].

4.3.2.1. Fusion et synchronisation

La phase de fusion consiste à réunir ou à assembler temporellement des traces homogènes (avec une même représentation) provenant de différentes sources afin de pouvoir être analysées en même temps. Cette phase permet par exemple d'assembler les traces collectées et enregistrées sur les stations des différents apprenants afin de permettre une analyse d'un point de vue global de l'activité de tout un groupe. D'un autre côté, la synchronisation est l'étape de mise en correspondance temporelle des traces de natures différentes. Cette dernière étape est habituellement employée pour la synchronisation des traces numériques avec des traces audiovisuelles.

4.3.2.2. Filtrage

Les phases de collecte et éventuellement de fusion (lorsqu'on a besoin de garder les traces d'origine) produisent généralement une très grande quantité de traces. La phase de

filtrage (ou de sélection) permet d'extraire seulement les traces pertinentes pour l'objectif d'observation visé. L'approche permet d'un côté de séparer les traces pertinentes du bruit, mais aussi de classifier l'ensemble des traces collectées.

Par exemple, dans l'ensemble de traces provenant d'un serveur Web, il est possible de considérer que les traces qui décrivent les chargements des images ne sont pas pertinentes pour l'analyse et ainsi de ne pas les sélectionner pour l'analyse en cours (ou de les sélectionner en vue d'une suppression). En effet, la sélection successive en utilisant des filtres de sélection adéquats permet de classifier l'ensemble de traces selon plusieurs angles d'observation (selon l'utilisateur, selon un écart temporel, selon le type d'action). Enfin, la sélection permet de réduire la grande quantité de traces généralement collectées, ce qui permet ensuite d'effectuer des analyses plus détaillées (raffiner l'analyse par la sélection des traces pertinentes) et dans des temps plus courts grâce à la réduction du volume de données à traiter par la suite.

4.3.2.3. Structuration

Les traces collectées sont généralement constituées de paramètres de bas niveau ce qui rend le processus d'interprétation difficile. Pour la bonne compréhension de ces traces, une bonne structuration est nécessaire. Dans ce sens, la phase de structuration consiste à regrouper, réarranger ou annoter les traces afin de faciliter leur interprétation [BOU11]. Par exemple, l'identification de patterns ou de motifs dans l'ensemble des traces collectées permet de générer des traces plus abstraites (par réécriture des traces) qui deviennent alors plus facilement interprétables. Enfin, cette transformation peut toucher une seule trace (c.-à-d. réécriture ou annotation de la trace) mais aussi des séquences de traces qui ne doivent pas forcément se suivre (c.-à-d. regroupement ou abstraction de traces).

4.3.3. Modélisation des traces

Certains travaux se sont intéressés à l'étude des traces d'interactions issues de situations d'apprentissage et leur représentation par la proposition de modèles plus ou moins génériques. Dans cette section, nous présentons : Trèfle [EGY02], Musette [CHA02], et Trails [DIM04].

4.3.3.1. Trèfle

Le modèle Trèfle est composé de 3 grands éléments : Objets, Procédés et Utilisateurs. *«L'utilisateur, lors de l'utilisation d'une application informatique, manipule des objets à travers des procédés»* [EGY02].

L'ensemble des objets qui peuvent être manipulés forme le modèle d'utilisation, par exemple, pour une application de traitement de texte, le modèle d'utilisation est composé de caractères, sections, chapitres, figures, tableaux, documents. L'ensemble des contraintes de manipulation imposé par l'interface d'une application forme le modèle de tâches. Ce modèle peut se représenter à l'aide de procédés. Les procédés sont typiquement les actions accédées par des menus/sous-menus, boutons ou icônes de l'interface graphique. L'ensemble des procédés avec la représentation des utilisateurs constitue le modèle d'observation

Pour utiliser le modèle Trèfle dans une application donnée, il faut tout d'abord définir l'ensemble des objets dont nous désirons tracer la manipulation (tiré du modèle d'utilisation), ensuite l'ensemble des procédés permettant d'effectuer ces manipulations (tiré du modèle de tâches) et enfin décider si l'application est mono ou multi-utilisateurs. Une instance du modèle Trèfle est composée de [DIA06] :

- un graphe (G), qui contient un scénario constitué des objets, les procédés par lesquels ils sont manipulés ainsi que les utilisateurs qui doivent les manipuler. La trace de l'exécution de ce scénario est appelé *trace brute expliquée*.
- l'ensemble des graphes potentiels (GP), qui sont composés des éléments du scénario et qui sont utilisés dans le modèle Trèfle pour calculer des traces, découper et adapter des épisodes d'utilisation. L'épisode contenant tous les procédés et objets concrets est la *trace linéaire brute*.

Le but du modèle est de fournir un cadre riche de traçage des actions de l'utilisateur pour capitaliser et réutiliser son expérience. Pour cela, il construit à partir des traces, des épisodes qui pourront devenir des cas réutilisables dans le cadre d'un système basé sur le raisonnement à partir de cas (RàPC) [EGY02].

La figure 4.2 présente un exemple du graphe global (G). Le modèle d'utilisation est composé des objets « Oabs1 », « Oabs2 » et « Oabs3 ». Leur manipulation se fait à travers les procédés « Pabs1 », « Pabs2 », « Pabs3 » et « Pabs4 » du modèle d'utilisation. Cette utilisation est observée pour un seul utilisateur : « Uabs1 ». Les traces de la figure 4.2 nous indiquent que l'utilisateur a effectué deux sessions, chaque session se traduit par la création d'un nœud d'utilisateur concret : les nœuds « Uconcr1, t0 » et « Uconcr2, t5 » qui sont situés dans le temps. « Pconcr1, t1 » est l'instance du procédé « Pabs1 » situé dans le temps. Il est relié à l'instance de l'utilisateur « Uconcr1, t0 » ainsi qu'à l'instance de l'objet « Oconcr1, t2 » qu'il manipule.

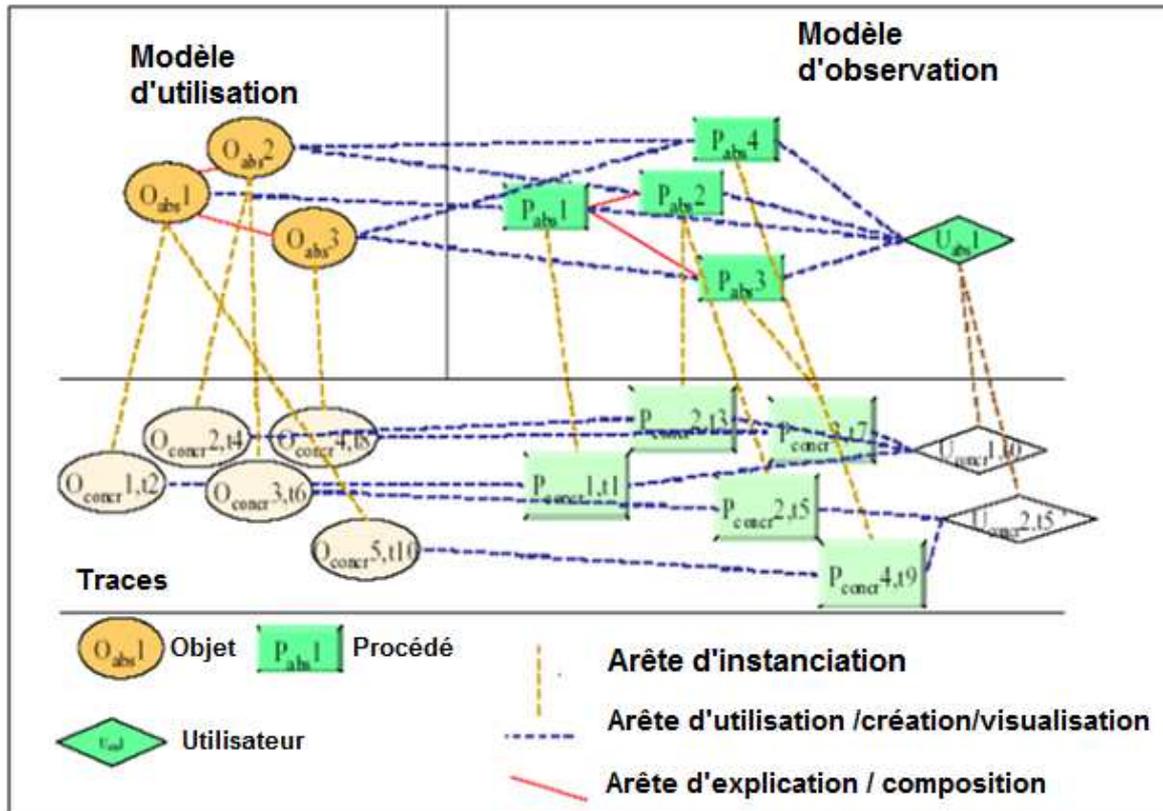


Figure 4.2 : Les traces dans Trèfle [EGY02].

Ainsi le modèle Trèfle permet de modéliser les tâches, les utilisateurs et les contextes d'utilisation. Il permet également de faire émerger de nouvelles façons d'utiliser un système. Enfin, il s'agit d'un modèle qui s'enrichit avec l'utilisation et qui donne la possibilité à l'utilisateur d'intervenir dans la manière dont ces actions sont tracées et réutilisées.

4.3.3.2. Trails

Le projet Trails (Personalized and Collaborative Trails of Digital and Non-Digital Learning Objects) est un travail européen qui fait partie du projet Kaléidoscope [SCH04]. Ce projet s'est centré sur la caractérisation des traces d'utilisation dans un environnement de formation à distance sur Internet. Il a fourni une taxonomie de traces issues de l'utilisation d'objets pédagogiques (OP) et de la navigation entre ces OP interconnectés par des liens temporels et conceptuels.

Trails étudie la trace que l'apprenant génère au moment de sa navigation à travers l'espace des objets pédagogiques (OP) constituant le scénario pédagogique. L'apprenant interagit ainsi avec l'objet pédagogique sous forme d'une file de séquences d'objets

pédagogiques consultés pendant son parcours, comme nous pouvons le constater sur la figure 4.3.

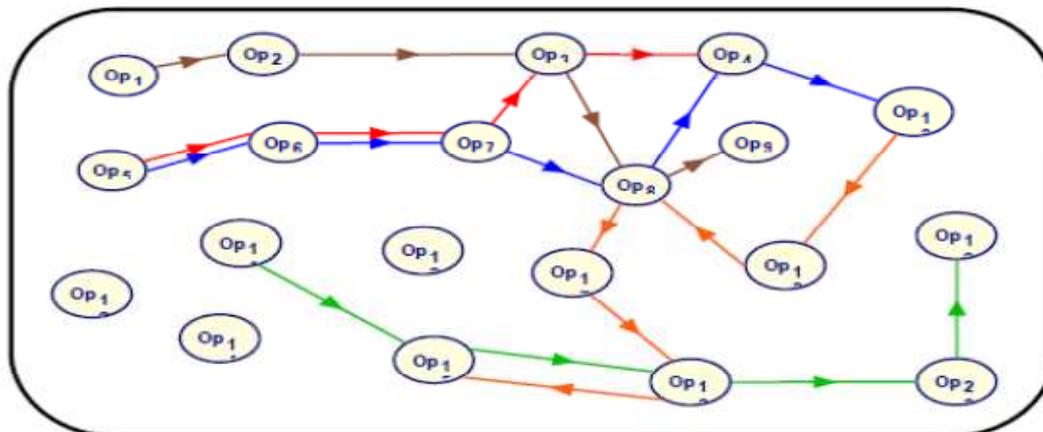


Figure 4.3 : L'Espace Trails [SCH04].

Trails se concentre sur les traces des activités individuelles de l'apprenant en analysant la séquence d'objets pédagogiques qu'il a parcourus. La navigation entre les OP, l'envoi de messages et le score de l'apprenant calculé par le système constituent la liste des traces d'apprentissage existantes. Cette approche est très similaire à celle dans [CHA04] et dans [EGY03]. En effet les auteurs considèrent la trace d'utilisation dans les systèmes hypermédias semblable à une séquence d'actions, et l'utilisent pour identifier le but général de l'utilisateur. De plus, les traces sont modélisées comme un scénario descriptif « *emergent trails* » pour être lié et comparé avec le scénario prédictif « *planned trails* ».

4.3.3.3. Musette

Le modèle Musette (Modélisation des Usages et des Tâches pour Tracer l'Expérience) est un modèle générique de traces [CHA04]. Il permet de représenter l'expérience concrète, en relation avec le contexte d'utilisation d'un système informatique. Ce modèle peut être appliqué au domaine des EIAH. Il se compose du *modèle d'utilisation* qui comprend l'ensemble des *objets* observables du système et des *opérations* que l'on peut effectuer sur ces objets. Lorsqu'un utilisateur manipule ces objets avec des opérations, il laisse une *trace d'utilisation*. Sur la Figure 4.4, la trace montre que l'utilisateur était sur la « Page1 » et avait à sa disposition 2 liens. En cliquant sur « Lien1 », il a fait une transition vers la « Page2 ». Les traces d'utilisation peuvent être comprises grâce à des *modèles de tâches*. Un *modèle de tâche* est « une restriction du modèle d'utilisation décrivant les propriétés de ses objets qui sont toujours vérifiées lors de la réalisation de la tâche en question. Il peut aussi être accompagné d'explications sur le rôle des éléments du modèle

d'utilisation impliqués dans cette tâche » [CHA04]. Des exemples de *modèles de tâches* sont proposés sur la Figure 4.4.

Lorsqu'on arrive à comprendre une partie de la trace d'utilisation grâce à un modèle de tâche, cette partie est appelée *cas d'utilisation*. Par l'extraction de cas d'utilisation, Musette permet de comprendre l'utilisation qui est faite du système observé. Pendant l'exécution d'une tâche, le raisonnement à partir de cas (RàPC) permet de fournir une aide contextualisée à l'utilisateur sur l'utilisation du système [MIL06b].

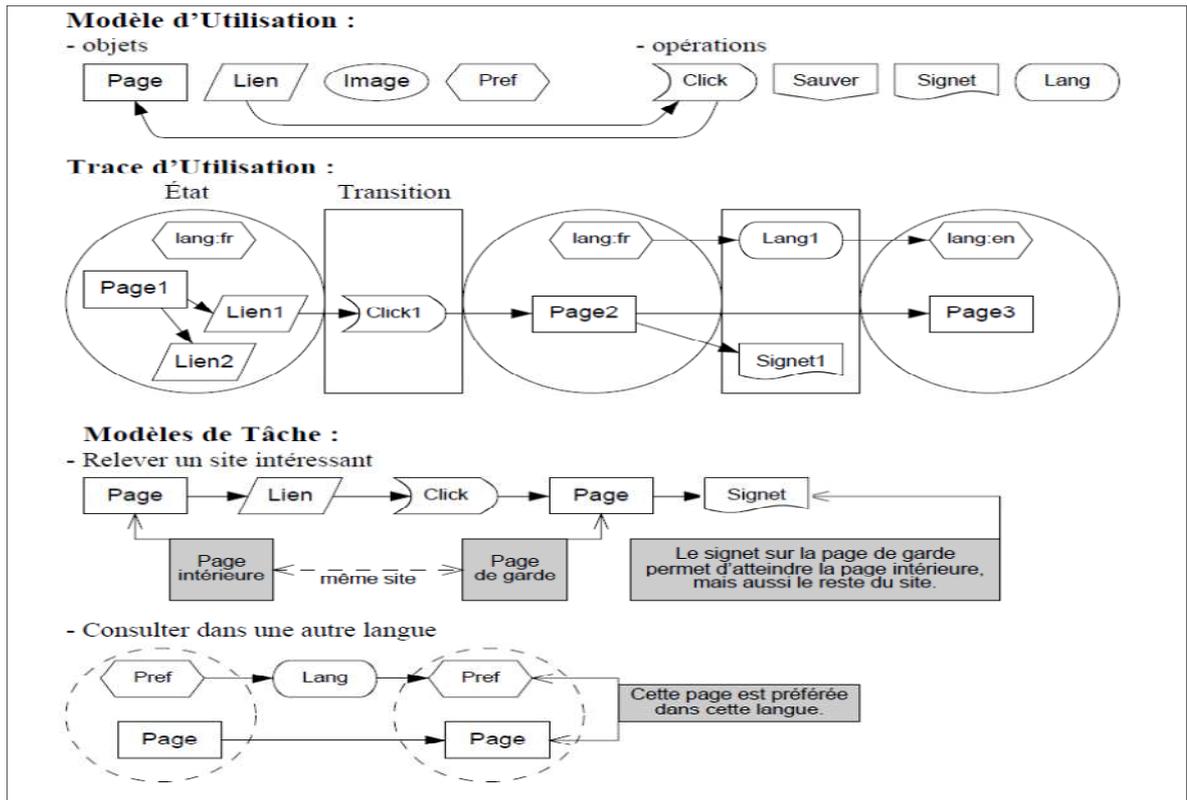


Figure 4.4 : Les composants du modèle de traces Musette [CHA04].

Le Tableau 4.1 illustre une étude comparative des différents modèles de traitement de la trace proposée par M. Ben Sassi et al.[BEN12].

Modèles de trace	Principales caractéristiques	Propriétés de la trace générée
<i>Modèle de jermann</i> [JER01]	La trace brute est récupérée, analysée et interprétée dans le système .	La nature de la trace générée dépend de la phase finale du traitement. Le format est souvent propriétaire au système
<i>Modèle Musette</i> [CHAM03]	Récupère des traces issues de la navigation d'un utilisateur dans l'environnement	La trace est une séquence d'états (les entités) et de transitions (les évènements)
<i>Modèle CSE</i> [PER05]	La trace brute est fusionnée à partir de plusieurs sources de traçage et est transformée finalement en des conseils et des directives.	La trace générée est propriétaire et est fortement jointe à la situation de l'apprentissage analysée.

<i>Modèle Trefle</i> [EGY03]	Capitalise les traces d'utilisation et les exploite afin d'assister l'utilisateur à la navigation.	La trace modélisée est propriétaire.
<i>Modèle MTSA</i> [DIA06]	Structure des traces issues de fichier « log » relatives aux actions et aux productions des apprenants et calcule les indicateurs d'activités, sociaux et cognitifs.	Transforme la trace brute en des indicateurs pédagogiques permettant la supervision de l'apprentissage.

Tableau 4.1: Tableau comparatif des différents modèles de traitement des traces [BEN12].

4.4. Processus d'analyse de traces

Un processus d'analyse des traces est un ensemble d'actions appliquées (dans un ordre logique) qui vise à manipuler un corpus de données afin de produire des résultats pertinents et utilisables, comme peuvent l'être les modèles mathématiques, les indicateurs, les vues...

Pour mettre en œuvre ce processus, plusieurs techniques ont été proposées. Parmi celles-ci, l'Educational Data Mining (EDM) est l'adaptation de la fouille de données aux données pédagogiques complexes dans le milieu éducatif [ROM07]. L'état de l'art de R. Baker et al. [BAK09] nous propose une classification des analyses spécifiques aux EIAH. Les auteurs réforment la paire classique « analyse prédictive » et « analyse descriptive » avec cinq (05) éléments : (1) *prediction*, (2) *clustering*, (3) *relationship mining*, (4) *distillation of data for human judgment*, et (5) *discovery with models*.

4.5. Exploitation

L'exploitation est l'étape où les traces obtenues sont utilisées. Elles peuvent être exploitées telles quelles ou bien servir à l'élaboration d'indicateurs plus complexes. Il existe plusieurs méthodes d'exploitation des traces.

- La visualisation : cette méthode nécessite de faire quelques ajustements sur les traces comme la transformation pour les mettre dans le format demandé ou la transformation sous forme de primitives graphiques qui permet la visualisation des données.
- Le calcul d'indicateurs. Un indicateur est une variable à laquelle est attribuée une série de caractéristiques. Les valeurs de l'indicateur peuvent prendre des formes numériques, alphanumériques ou mêmes graphiques.
- Il est aussi possible d'utiliser les techniques de *Data Mining* (ou fouille de données) qui permettent l'analyse de grandes quantités de traces numériques [LOG08].

4.6. Les Indicateurs

Une des productions possibles des processus d'analyse des traces est ce qu'on appelle un *indicateur*.

4.6.1. Définition

Les indicateurs d'apprentissage sont des variables qui peuvent décrire: le mode, le processus ou la qualité du système cognitif de l'activité d'apprentissage; les fonctionnalités ou la qualité de l'interaction; le mode, le processus ou la qualité de la collaboration [DIM04]. Leurs valeurs dérivent du traitement d'une ou de plusieurs traces. Chaque indicateur possède un nom, une définition, éventuellement une description en langage naturel, un objectif, un domaine de valeurs, une durée de validité ainsi qu'une interprétation qui naturellement dépend du contexte dans lequel il est calculé. Ainsi, nous pouvons distinguer plusieurs classes d'indicateurs.

4.6.2. Types d'indicateurs

Dans [BOU11], l'auteur a relevé que pour interpréter l'indicateur, il est nécessaire de tenir compte :

- De l'environnement et de l'activité d'apprentissage : activité individuelle ou collaborative ;
- De l'aspect traité de l'interaction : les caractéristiques ou la qualité de l'activité liée à une tâche d'apprentissage spécifique 'indicateur cognitif' ; les caractéristiques ou la qualité de la collaboration ' indicateur social ' ou indicateur affectif ;
- Du profil des acteurs et leurs rôles : à qui fait référence cet indicateur (l'apprenant, un groupe d'apprenants, toute la communauté ou à l'enseignant) et qui va l'utiliser (l'apprenant, l'enseignant, le système ou le chercheur) ;
- De la dépendance du temps et/ou du contenu ;
- Ainsi que d'autres variables.

Les partenaires du projet ICALT ont défini la structure d'un outil générique fournissant des indicateurs[BOU11]. Le processus de mise en place d'un indicateur comprend plusieurs phases (Figure 4.5):

- La sélection ou le filtrage des données à partir des sources de données : ces données peuvent être des productions collaboratives ou des actions individuelles ;

- La préparation des données : cette étape n'est pas toujours indispensable, mais elle permet de transformer les données ou de les préparer en un format nécessaire à la prochaine phase ;
- L'exploitation des données : l'utilisation des techniques d'exploitation de données peut permettre d'obtenir plusieurs indicateurs de divers niveaux ;
- La visualisation des indicateurs : l'utilisateur peut voir et même manipuler les indicateurs visualisés sur l'interface de l'outil. Les indicateurs peuvent être présentés sous forme textuelle, numérique ou de diagramme, parfois accompagnés d'interprétation.

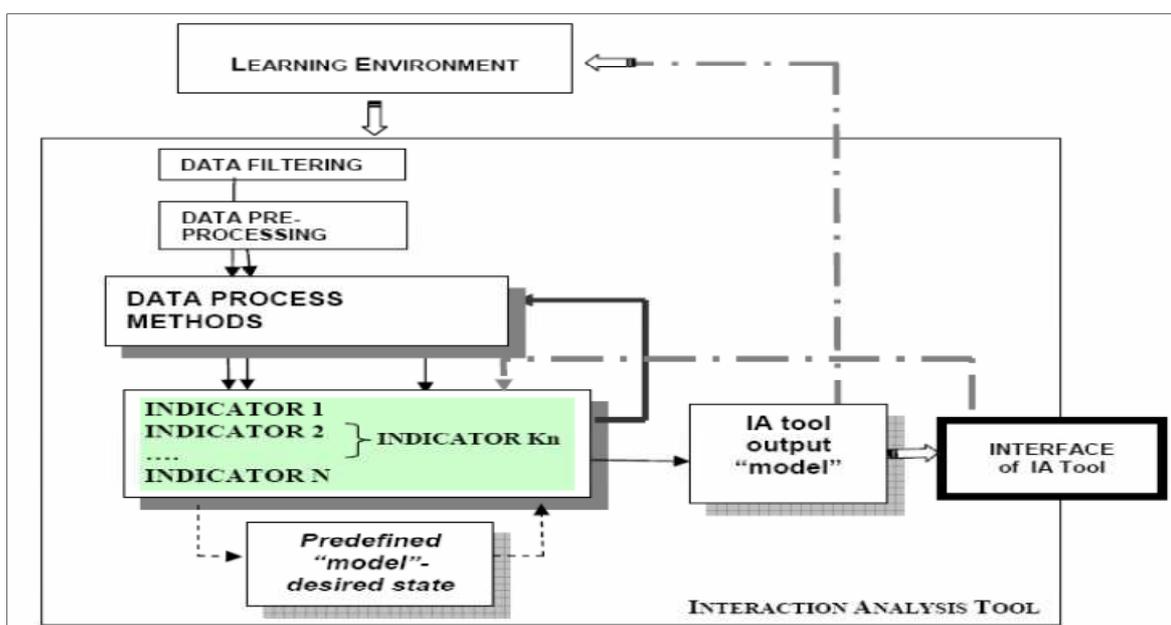


Figure 4.5: Principaux processus d'un outil générique d'analyse d'interaction [DIM04].

L'outil d'analyse des interactions peut proposer des informations sur certains aspects de l'activité, ou une information plus complète, plus cohérente qui devient un modèle d'interaction. Au-delà des aspects liés au contexte, les indicateurs peuvent être classés selon leur type de valeurs (quantitative ou qualitative), ou selon le niveau d'interprétation associé.

A. Dimitracopoulou et al. distinguent trois (03) niveaux d'indicateurs [DIM05]:

- Les indicateurs de haut niveau qui ont une valeur interprétative inhérente et sont obtenus avec des techniques d'exploitation de données complexes. Ils sont souvent dérivés, obtenus à partir d'indicateurs de bas niveau ;
- Les indicateurs intermédiaires, ou composites ;

- Les indicateurs de bas niveau qui n'ont pas de valeur interprétative propre et sont obtenus en exploitant directement les traces.

Dans [DIM04], les auteurs conseillent lorsque l'on utilise un ensemble d'indicateurs, de l'accompagner d'un schéma interprétatif permettant de les comprendre. Ils distinguent deux types de schémas interprétatifs :

- Un modèle d'interaction explicite qui est implémenté et constitue un système complexe d'indicateurs ;
- Un modèle d'interprétation implicite de l'interaction qui consiste en la définition d'un schéma d'interprétation des indicateurs produits, permettant de comprendre les aspects de l'interaction.

Les indicateurs peuvent être aussi classés selon leurs types. Dans [DIM06], les auteurs présentent trois (03) types d'indicateurs :

- **Cognitif** : qui concerne les interactions des participants reliées à la tâche et au contenu de l'activité de dialogue. Ces indicateurs se réfèrent au processus de l'activité (exemple : la profondeur de l'enchaînement) ou au produit/contenu de l'activité (exemple : le sujet des contributions de chaque membre) ;
- **Social** : qui se réfère aux modes ou à la qualité de communication ou même de coopération et de collaboration d'un petit groupe ou d'une communauté, participant à un travail dans un même environnement d'apprentissage. Dans [DIM06], les auteurs classent les indicateurs sociaux significatifs en trois ensembles : ceux qui favorisent la prise de conscience de l'espace du travail (exemple : le nombre de messages postés, le nombre de messages lus dans un forum), ceux qui rendent compte de la qualité de la collaboration (exemple: le degré de présence, le niveau d'interaction) et enfin ceux qui fournissent un état des relations entre participants (exemple : la centralité d'un acteur, la cohésion d'un groupe) ;
- **Affectif** : qui caractérise la façon plus ou moins personnelle et approfondie d'interagir. Dans leurs travaux, A. Dimitracopoulo et *al.* identifient deux cas [DIM04] : des indicateurs sur l'état émotionnel et de motivation qui peuvent procurer un sentiment de bien-être ; des indicateurs représentant le statut social d'un membre dans le groupe de participants qui peuvent être déterminés par les autres membres ou par le système. Selon les auteurs, des recherches sur le plan sociocognitif ont ainsi mis en évidence l'importance des dimensions affectives dans le processus d'autorégulation [DIM06].

Aussi, F. Diagne a proposé trois (03) autres catégories [DIA09] : *activités, cognitifs, sociaux*. La distinction entre indicateurs “*cognitifs*” et “*d’activités*” nous semble adaptée pour différencier le produit et le procédé de l’activité, mais la catégorie “*affectifs*” nous semble aussi nécessaire pour distinguer ces éléments des éléments sociaux. Ainsi, M. JI et al. [JI13], ont classé les indicateurs en quatre (04) catégories :

- Les **indicateurs d’activité** présentent les informations sur le contenu des activités et des comportements des utilisateurs. Nous trouvons dans cette catégorie, le temps passé à travailler, le temps prévu a priori pour chaque activité ou l’organisation des activités, le niveau de réalisation attendu pour une activité, la densité d’activités sur une période, le ratio de chaque type d’activité, le sentiment des apprenants sur les activités (facile, difficile, intéressante, ennuyeuse, etc.) ou encore l’identification de l’apprenant le plus /le moins actif.
- Les **indicateurs cognitifs** reflètent le niveau de connaissance et les résultats en lien avec les objectifs du projet. Cette catégorie intègre la progression du niveau de connaissance, les connaissances les plus facile/difficile à acquérir, le nombre de solutions proposé par chaque apprenant, les objectifs d’apprentissage, etc.
- Les **indicateurs affectifs** représentent l’état émotionnel des membres du groupe durant le projet. Ce type d’indicateur inclut l’humeur, la motivation, la tendance des émotions sur une période de temps donné (pour les individus ou le groupe), etc.
- Les **indicateurs sociaux** donnent des informations sur les acteurs et les espaces de travail. Cette information reflète certains aspects de l’état de la collaboration, de la coordination, de l’organisation sociale et des relations harmonieuses ou conflictuelles dans le groupe. Si des objectifs de collaboration sont inclus dans la formation, ils seront renseignés ici.

4.6.3. Les indicateurs pédagogiques dans les environnements d’apprentissage à distance

Les indicateurs pédagogiques générés à partir des traces des apprenants permettent l’amélioration, la régulation et l’adaptation des processus d’apprentissage selon les besoins des apprenants et la situation pédagogique individuelle ou du groupe. Ces indicateurs donnent des informations relatives à l’apprenant telles que sa progression ou son état d’avancement [GUE09];[FRA07], son profil [LEF09], ses performances [MAZ07], son parcours [DES01], sa production [DEL06] ou son style d’apprentissage [BOU09]. L’intérêt

des indicateurs réside dans le fait qu'ils fournissent des informations pédagogiquement pertinentes.

▪ **Indicateur de performance**

Cet indicateur a été défini et implémenté dans un outil de visualisation de traces CourseVis [MAZ07] qui exploite les traces d'activités de WebCT pour construire différents indicateurs graphiques représentatifs du comportement d'apprentissage, social, et de l'évolution cognitive des étudiants à distance :

- **Aspects sociaux** : communications entre apprenants. Cet indicateur montre pour chaque message l'expéditeur, la date et l'objet, et pour chaque apprenant le nombre de messages envoyés ;
- **Aspects cognitifs** : performances dans le cours et pour des concepts spécifiques. La visualisation a pour but de montrer les apprenants qui ont des difficultés avec un concept et de permettre la comparaison entre les progrès d'un apprenant et ceux du groupe ;
- **Aspects comportementaux** : Activité des apprenants. Il se base sur les accès aux pages, les accès totaux au cours, la progression dans le planning du cours, les messages, la soumission des quizz et devoirs.

▪ **Indicateur du type de navigation**

Cet indicateur défini et implémenté dans un système à base de traces, nommé IDLS (*Indicators for the Detection of the Learning Styles*) [BOU11], Il est utilisé pour détecter les styles de navigation et d'apprentissage des apprenants. Il est interprété à l'aide d'un graphe de dépendance qui présente les indicateurs intermédiaires et les données additionnelles nécessaires pour le calcul de l'indicateur du type de navigation (Figure 4.5).

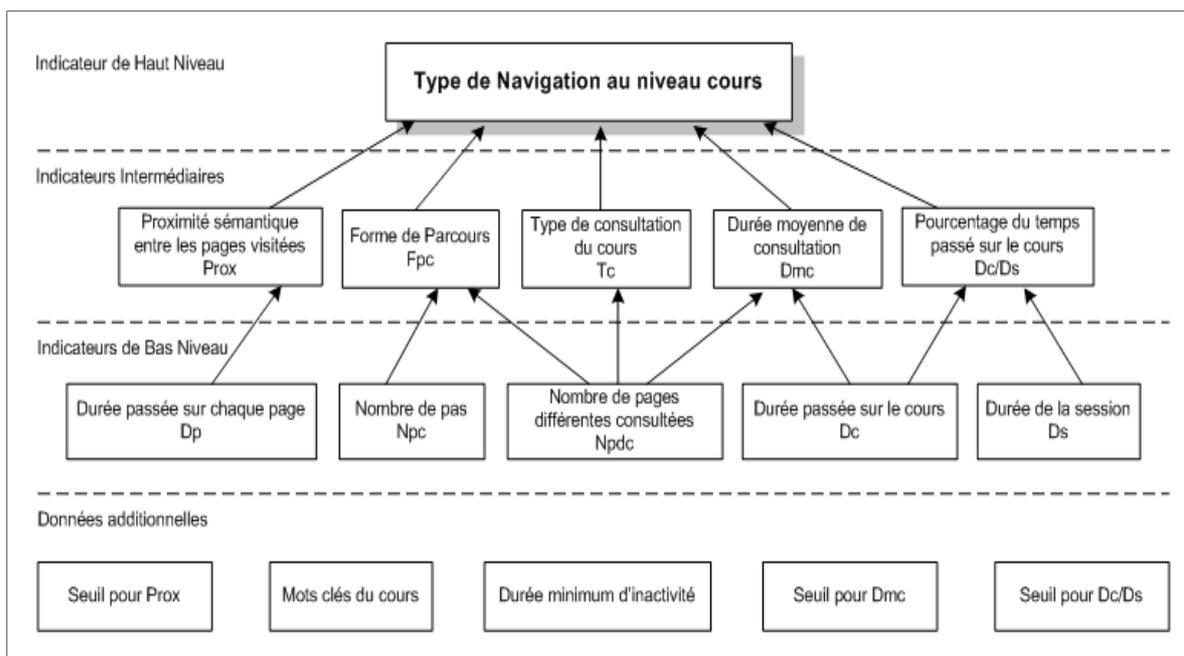


Figure 4.6 : Graphe de dépendance de l'indicateur de type de navigation au niveau cours [BOU11].

4.7. Conclusion

Nous avons remarqué que beaucoup de travaux se font actuellement sur les traces, et sur l'extraction d'indicateurs d'apprentissage à base de ces traces. Nous pouvons alors reprendre les idées des travaux concernant l'exploitation des traces d'interactions des apprenants avec leur environnement d'apprentissage.

Ces travaux sont également utilisés pour l'identification des informations relatives à l'apprenant (sa progression et sa production, son style d'apprentissage, ses performances). Dans ce sens, les indicateurs étudiés peuvent être classés en deux (02) types : (1) des indicateurs temporels, (2) des indicateurs contextuels.

Notre travail s'inscrit dans une démarche de proposition d'indicateurs pour la description des situations d'apprentissage, afin de déduire les difficultés d'apprentissage et de fournir une assistance active. Nous visons à produire des indicateurs de haut niveau, relatifs à l'interaction des apprenants dans l'environnement d'apprentissage.

Partie 2 :

Conception et Mise-en-Œuvre

Chapitre 5 : Démarche d'Assistance et de Détection des Difficultés
d'Apprentissage à Base de Traces.

Chapitre 6 : MISNA: Un Outil d'Identification et de Modélisation
de Situations de Besoins d'Assistance

Chapitre 5:

Démarche d'Assistance et de Détection des Difficultés d'Apprentissage à Base de Traces

✓ Objectif du chapitre

Rendre possible la détection des difficultés d'apprentissage à base de traces d'interactions des apprenants avec leur environnement d'apprentissage, ainsi que la proposition d'une assistance adéquate en fonction des spécificités des profils.

✓ Points clés

Dans ce chapitre, nous allons préciser le contexte de notre travail et les concepts clés de notre approche. Nous présentons par la suite notre modèle IMAC qui modélise les situations d'assistance à l'aide de quatre (04) paramètres (Indicateur, Modalité, Aspect, Catégorie). Nous détaillons la démarche de détection proposée, composée de trois (03) étapes : une étape de description de l'environnement d'apprentissage, une étape pour l'identification des indicateurs révélateurs de difficultés, et une étape d'exécution de l'assistance. Aussi, nous proposons une démarche d'identification des situations de difficultés d'apprentissage et de propositions d'assistance.

Cependant, vu la complexité de la définition des méthodes de calcul de chaque indicateur, et la procédure de validation nécessaire pour chacun, nous détaillons dans le cadre de ce travail les méthodes de calcul de certains indicateurs seulement, que nous avons jugés plus pertinents.

Chapitre 5:

Démarche d'Assistance et de Détection des Difficultés d'Apprentissage à Base de Traces

5.1. Introduction

Nous nous intéressons à la mise en place d'un système d'assistance adaptable et individualisable pour favoriser la persistance des apprenants dans un environnement d'apprentissage à distance (EAD). Pour cela, nous nous appuyons d'une part sur l'analyse des traces d'interactions des apprenants pour l'adaptation et l'individualisation et d'autre part, sur l'influence positive des interventions proactives sur la motivation des apprenants pour la persistance.

Une assistance adaptable et individualisable, que nous appelons dans notre démarche "assistance spontanée et contextualisée", est une assistance proposée par le système à l'apprenant dont il a réellement besoin, et au moment opportun. Pour cela, nous proposons une stratégie d'intervention d'assistance qui prenne en compte les besoins spécifiques de chaque apprenant, comme sa stratégie d'apprentissage, ses préférences, ses capacités, ses objectifs et ses expériences, afin de lui offrir une assistance adéquate à l'aide d'une intervention proactive ou réactive. Pour caractériser cette stratégie d'intervention et ainsi déterminer ses composants, nous avons porté notre raisonnement, d'une part, sur des enjeux relatifs à l'identification des conditions et des critères d'interventions, et d'autre part, sur des enjeux relatifs à la proposition d'une approche d'assistance personnalisée.

Néanmoins, pour déterminer le moment adéquat de l'intervention et pour identifier les conditions et les critères de ces interventions, il est nécessaire d'identifier les difficultés que l'apprenant va rencontrer au cours de son apprentissage. Comme il n'est pas possible de prédire toutes les difficultés au moment de la conception du système d'assistance [GAO05], il est envisageable de les détecter au fil du déroulement des sessions d'apprentissage par le calcul des indicateurs révélateurs de ces difficultés. Ainsi, ces difficultés peuvent être exploitées pour enrichir et faire évoluer le contenu du système d'assistance afin de s'adapter à de nouvelles situations non anticipées lors de la phase de conception.

Cependant, il est nécessaire, avant tout, de définir correctement les concepts clés de notre approche :

- **Difficultés d'apprentissage** : Selon M. Perraudeau, « la difficulté est une étape normale de l'apprentissage, et peut recouvrir des causes très diverses. Étudier la difficulté signifie qu'on la considère comme un moment ordinaire de l'apprentissage, il ne s'agit pas de sanctionner mais de la prendre comme indicateur de l'activité de l'apprenant. Cette difficulté est, soit d'une source individuelle ou sociale, l'individuelle se révèle dans les rapports complexes entre le développement de la pensée et du savoir à acquérir. Cependant, le social se révèle dans les relations de l'apprenant aux autres, à travers deux dimensions, l'une macrosociale (famille, culture), l'autre microsocial (relations aux autres apprenants, aux professeurs, au contexte d'apprentissage) » [PER05].

Dans le contexte présent, nous nous intéressons au type de difficultés qui trouvent leur origine dans la mobilisation des opérations de la pensée et des procédures mises en œuvre, comme les tâches complexes de recherche ou de découverte, ainsi qu'aux difficultés de type microsocial.

- **Situation d'assistance** : Une situation d'assistance est un formalisme de spécification d'assistance, formulé par un couple de situation problématique et de proposition d'assistance.
- **Situation problématique** : Dans les environnements d'apprentissage, une situation problématique est une stratégie d'apprentissage générale, où l'enseignant confronte les apprenants aux problèmes les plus importants. Dans notre approche, la situation problématique est une situation d'apprentissage proposée par le concepteur avec un problème de prévention.
- **Proposition d'assistance** : C'est une action d'assistance proposée par le concepteur d'assistance pour répondre aux besoins des apprenants. Les actions d'assistance dans un environnement d'apprentissage à distance sont réalisées par un ensemble de moyens d'assistance tels : *Message, Exemple et Modification des interfaces*.

5.2. Le Modèle IMAC

Le modèle IMAC (Indicateur, Modalité, Aspect et Catégorie) est un modèle qui permet de caractériser les situations problématiques que nous souhaitons proposer aux apprenants dans un système d'assistance pour un environnement d'apprentissage à distance [BEG14]. Le

modèle repose sur quatre (04) composants: un Indicateur (I) de traces qui révèle les difficultés des apprenants, une Modalité (M) pour spécifier la forme d'intervention, un Aspect (A) qui détermine les dimensions d'assistance et une Catégorie (C) qui indique le type de situation.

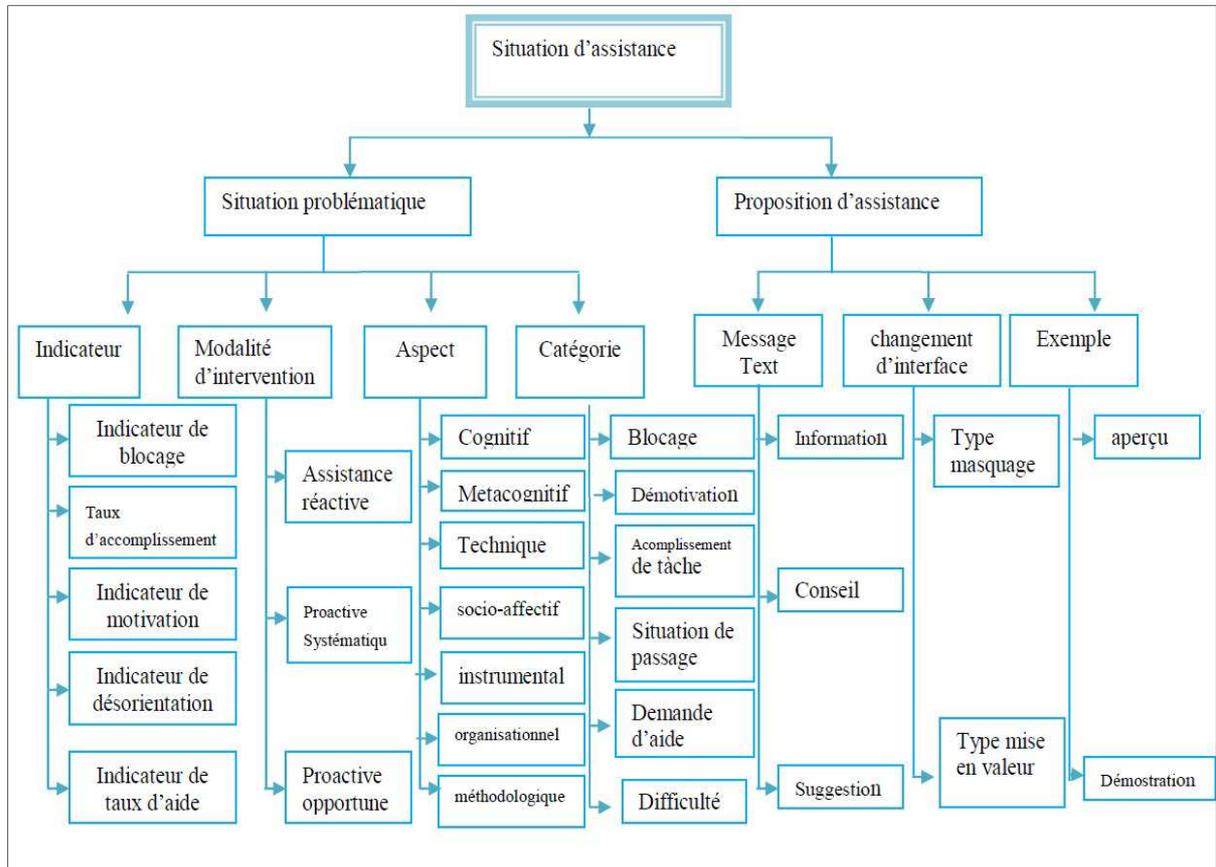


Figure 5.1: Le Modèle IMAC [BEG16].

5.2.1. Indicateur de traces

Afin de suivre et d'assister l'activité de l'apprenant, et déterminer les conditions d'interventions proactives, des indicateurs révélateurs de difficultés des apprenants sont proposés. Pour déterminer ces indicateurs, nous utilisons des traces transformées (les traces collectées après un processus de traitement). Chaque indicateur est défini par une règle de calcul et un domaine de valeurs permettant d'identifier la situation critique, qui peut être une situation d'assistance. Le système d'assistance intervient si la valeur de l'indicateur appartient au domaine de valeurs (pour exemple : *quand la valeur d'un indicateur de la durée d'inactivité est supérieure à un seuil (défini par un expert) peut être un indicateur d'une situation d'assistance de type blocage ; quand un apprenant clique sur de nombreuses zones de l'interface pendant un temps relativement long, cela pourrait signifier qu'il est à la recherche de quelque chose , qu'il se soit perdu ,ou qu'il est désorienté*).

5.2.2. Modalités d'intervention

Dans un environnement d'apprentissage à distance, on trouve deux modalités d'intervention : proactive et réactive. L'intervention est proactive quand l'assistant ou le tuteur intervient spontanément auprès de l'apprenant, cependant, l'intervention réactive est une réaction à une demande de l'apprenant. Ainsi, la modalité proactive se décompose en deux (02) sous-modalités : une *systematique* dont les interventions sont planifiées à des moments bien définis considérés comme des moments critiques d'apprentissage, le début et la fin de la formation; et une *opportune* consistant à intervenir lorsque les apprenants semblent être en difficultés, comme le changement d'activité, ou bien la situation de passage d'une phase de travail à une autre.

Dans le présent travail, nous nous basons particulièrement sur la modalité proactive afin d'anticiper les difficultés rencontrées par les apprenants, et ainsi réduire les perturbations qui pourraient y être associées.

Ainsi, nous avons pu identifier trois (03) types d'assistance, selon les trois modalités d'interventions :

- *Une assistance réactive* qui représente les sollicitations de l'apprenant envers son assistant ou ses pairs et inversement, permettant à ces derniers d'avancer dans leur tâche.
- *Une assistance proactive* qui représente les moyens et les stratégies prévus par l'assistant en amont, et avant toute utilisation des acteurs, afin de médiatiser ce processus [KAS13].

L'assistance proactive peut être *systematique* ou *opportune*.

- Dans une assistance proactive **systematique**, l'assistant décide d'intervenir de manière proactive organisée lorsque, par exemple, à l'issue d'une étape, l'assistant apporte des informations signifiantes pour la suite de l'activité.
- Dans une assistance proactive **opportune**, un indice déclencheur (une erreur particulière commise, un choix non pertinent, etc...) est l'occasion pour l'assistant d'intervenir, pour orienter l'utilisateur vers des stratégies d'apprentissage plus efficaces.

5.2.3. Aspect

La situation d'assistance peut être caractérisée par un aspect ou une dimension, qui détermine le contenu qu'il comporte. Beaucoup de recherches se sont penchées sur cette caractérisation, tel que Ch. Rodrigues [ROD12], qui s'est intéressé à la dimension didactique de l'aide, et donc à tout ce qui porte sur les contenus. C. Loisy et *al.* [LOI12] se sont intéressés

pour leur part à la dimension cognitive, quant à K. Sehaba [SEH12], lui s'est intéressé à la dimension technologique.

Ainsi, sur la base de la typologie des dimensions d'aide proposée dans [KAS13], nous avons associé à la situation de besoins d'assistance sept (07) aspects :

- **Aspect cognitif** : Nous rattachons à l'aspect cognitif toute situation critique dont le contenu est porté sur l'activité de compréhension et d'appropriation. Par exemple: la mise en relation des concepts abordés, l'analyse du problème envisagé, la confrontation des points de vue et l'incitation à appliquer concrètement les notions découvertes, le blocage dans les apprentissages théoriques, une difficulté de mémorisation ou de raisonnement, on parlera alors de difficultés cognitives.
- **Aspect métacognitif** : L'aspect métacognitif regroupe toutes les situations critiques comportant des problèmes sur les activités de la construction des nouvelles connaissances, qui nécessite une réflexion métacognitive.
- **Aspect organisationnel** : L'aspect organisationnel rassemble toutes les situations critiques qui portent sur l'organisation du travail des apprenants. Selon J-J. Quintin, il est d'usage de regrouper ces situations dans une catégorie distincte, qualifiée, d'«organisationnelle», de «régulatrice» ou de «managériale» [QUI08], par exemple, les situations des problèmes de la gestion du temps qui facilite la planification des activités afin de respecter les échéances fixées [BER95].
- **Aspect technique** : Nous rattachons à l'aspect technique, toute situation relevant de la technique, par exemple, signaler un problème technique ou un dysfonctionnement sur sa machine, un problème de connexion, des problèmes liés à l'utilisation des logiciels dédiés à la formation, demander comment faire fonctionner un logiciel donné, ...etc.
- **Aspect socio-affectif**: regroupe les situations d'assistance destinées à soutenir l'assistance socio-affective d'ordre social, par exemple, les situations de difficultés pour établir des relations positives entre les utilisateurs (apprenants et enseignants), les problèmes de contact et les situations des problèmes d'utilisation d'espace en commun et de partage, et des outils de communication.
- **Aspect méthodologique** : Pour cet aspect, nous nous intéressons beaucoup plus aux situations destinées aux principaux problèmes méthodologiques que rencontrent les apprenants, par exemple, les problèmes de la gestion des ressources d'apprentissage, la recherche des méthodes et des approches afin de réaliser certaines activités.
- **Aspect instrumental**: Dans les environnements d'apprentissage à distance (EAD), deux

(02) types de demande d'aide peuvent être distinguées : une demande d'aide instrumentale de l'apprenant pour que l'assistant lui fournisse un indice, une explication, une démonstration qui lui permet ensuite de réaliser la tâche par lui-même ; et une demande d'aide exécutive lorsque l'apprenant cherche à obtenir directement la réponse à son problème et il demande à l'assistant de réaliser la tâche à sa place [NOU07]. Nous rattachons à l'aspect instrumental toutes les situations critiques de recherche et de demande d'informations sur le même thème. On peut déterminer ce type de situations grâce à un indicateur d'intérêt et un indicateur de similarité sémantique entre les concepts recherchés.

5.2.4. Les Différentes Catégories de Situations d'Assistance

Le but des systèmes d'assistance est de répondre à un besoin particulier, spécifique à chaque apprenant du système d'apprentissage qui se trouve en situation de blocage, d'échange, ou encore d'interrogation face à plusieurs choix qui s'offrent à lui [PEL12].

Ces situations sont liées à un domaine précis. Nous avons essayé de généraliser afin d'établir une typologie :

- **Situation de blocage** : Nous parlerons de blocage lorsqu'après une période normale d'essais, plus ou moins fructueux, un apprenant ne réussit toujours pas à progresser. De ce fait, son comportement est caractérisé par un refus, une incapacité apparente et provisoire de poursuivre un apprentissage, de réagir à une situation [GDP16].
- **Situation de démotivation** : Selon R. Viau «*les élèves en difficultés d'apprentissage ont souvent des problèmes de motivation. Leurs difficultés à apprendre, leurs nombreux échecs et l'image qu'ils ont aux yeux des autres élèves amènent bon nombre d'entre eux à se démotiver et à perdre tout intérêt à apprendre en contexte scolaire*» [VIA02]. Ainsi, selon ce principe, on peut révéler une situation de difficulté grâce à la valeur de l'indicateur de motivation, où selon le même auteur, «*les élèves qui ont des difficultés d'apprentissage sont plus susceptibles que les autres d'avoir une motivation faible ou une motivation 'fragile'*», c'est-à-dire, si l'indicateur de motivation est faible, nous sommes devant une situation de difficulté.
- **Situation de non-accomplissement de tâche** : Dans le cadre d'une session d'apprentissage, l'apprenant doit apprendre, améliorer et développer ses connaissances et ses compétences à partir des tâches professionnelles qui sont des unités de travail bien définies. Chaque unité est divisée en séquences ordonnées d'étapes pour les tâches de type procédure (Exemple : créer un tableau dans Microsoft Word) ; ou en lignes directrices qui doivent être appliquées

pour les tâches fondées sur des principes comme «organiser une conférence». De ce fait, l'apprenant peut être bloqué dans une étape ou dans une ligne directrice qui l'empêche d'accomplir sa tâche correctement et d'atteindre l'objectif du cours.

- **Le cas lors du passage d'une phase de travail à une autre** : Le contenu d'une formation à distance peut inclure des ressources d'apprentissage, des leçons en ligne interactives, des simulations électroniques, ou des outils de travail. Ces différents composants mettent l'apprenant dans une situation de confusion où il ne va pas pouvoir choisir la méthodologie la plus optimale de navigation et ne pas pouvoir répondre à une série de questions : « *Quel chemin dois-je choisir ?* », « *Quel composant dois-je consulter ?* », « *Que dois-je faire maintenant ?* », « *Quelle est la prochaine étape ?* ». De ce fait, l'assistant doit intervenir pour fournir à l'apprenant des directives afin de lui permettre d'atteindre l'objectif d'apprentissage.
- **La Demande d'Aide** : Dans une session d'apprentissage, l'apprenant réagit en fonction du contexte et de la tâche : Il pose des questions sur la consigne, ses étapes et le temps qui lui est alloué, ce qui relève de l'organisationnel, puisqu'à travers de telles questions, l'apprenant cherche les balises à suivre pour réaliser le travail qu'il a à faire [KAS13].
- **La Difficulté** : Etre en difficulté d'apprentissage, c'est avoir des problèmes au niveau de la perception, de la compréhension et/ou de l'utilisation de concepts. Ces problèmes causent un retard de développement et/ou des difficultés avec un ou tous les aspects suivants : l'organisation dans le raisonnement, l'attention, la mémoire, le raisonnement, la coordination, la communication, la lecture, la rédaction, l'orthographe, le calcul, l'habileté sociale et la maturité affective.
- **La Désorientation** : Pour un apprenant, en termes de progression dans un système d'apprentissage, être désorienté c'est avoir des difficultés pour identifier sa position dans la structure d'ensemble d'informations, reconstruire le parcours qui l'a mené à ce nœud, discerner les choix possibles qui s'offrent à lui, choisir une destination et générer un chemin vers un nœud dont il sait qu'il existe devient un problème [FAS02]. Aussi, dans [ELM85], les auteurs définissent la désorientation par la difficulté à extraire des informations en vue de réaliser une tâche ou à effectuer des traitements sur le contenu, comme la compréhension, la sélection ou l'apprentissage.

5.3. Approche d'Assistance pour un Environnement d'Apprentissage à Distance

Pour proposer une assistance active aux apprenants dans un environnement d'apprentissage à distance, nous avons besoin de déduire, automatiquement, les situations

d'assistance par les indicateurs révélateurs de difficultés. De ce fait, nous proposons une approche d'assistance basée sur un processus de conception qui comprend trois (03) phases. Les deux premières phases concernent le concepteur de l'assistance : la première permet la description de l'environnement d'apprentissage et la spécification de l'assistance qu'il souhaite proposer aux apprenants, la seconde permet l'identification des indicateurs révélateurs des situations de besoin d'assistance, et la troisième phase qui concerne les apprenants consiste en l'exécution de l'assistance proposée pour l'apprenant.

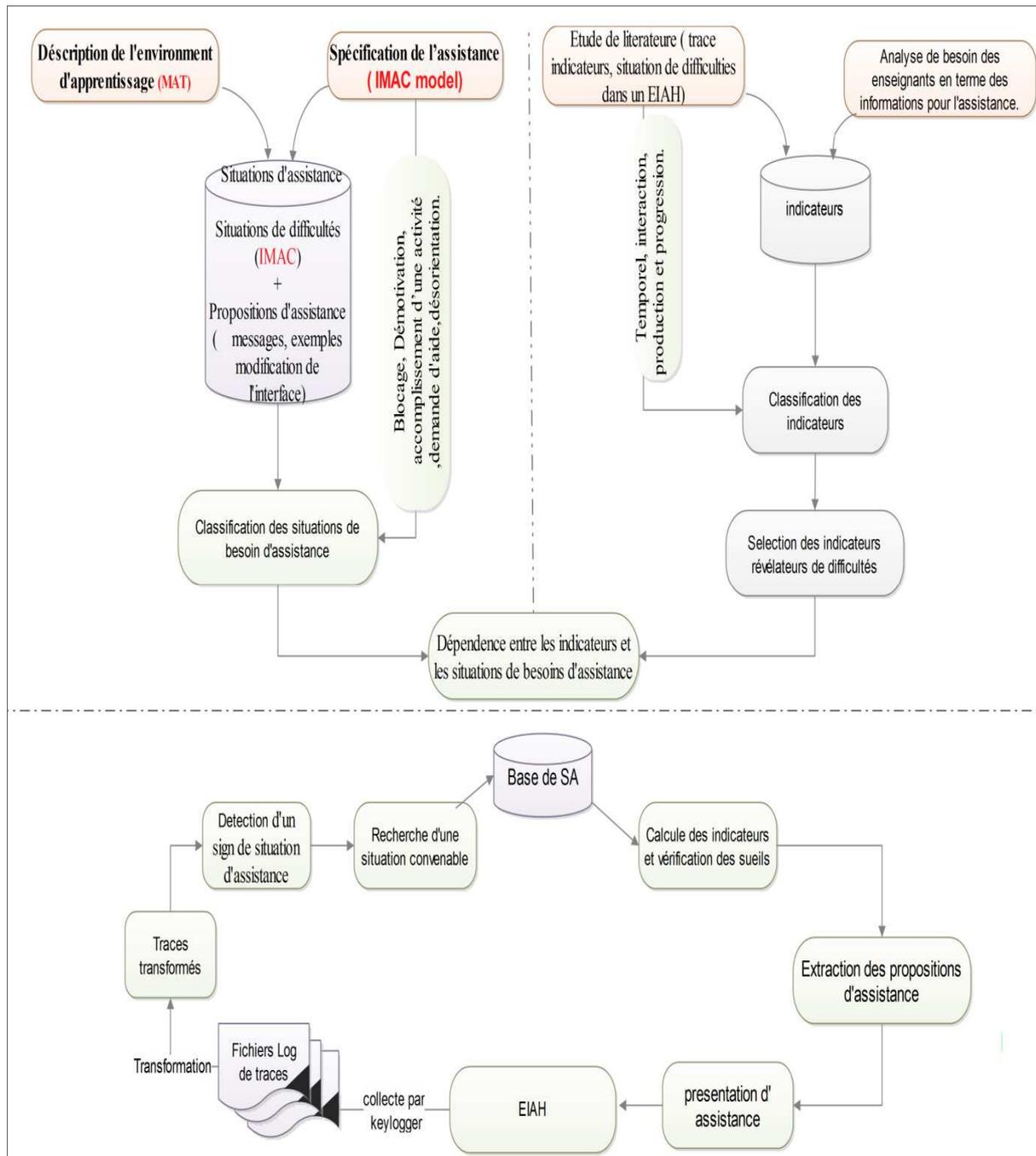


Figure 5. 2. Processus de conception d'un système d'assistance [BEG16].

5.3.1. Phase Spécification de l'assistance

Cette phase permet au concepteur de l'assistance de définir, par un ensemble de situations, l'assistance qu'il souhaite pour les apprenants. Elle comporte deux (02) étapes : une étape de description de l'interface et une autre étape de définition des situations d'assistance.

- **La description de l'interface de l'environnement d'apprentissage** est nécessaire pour obtenir des informations relatives à l'environnement d'apprentissage, à son contenu et à son interface. En effet, il est indispensable d'identifier de manière unique chaque composant de l'environnement, afin de pouvoir par la suite désigner un composant donné. La description de l'environnement s'appuie sur une représentation structurée inspirée des travaux de J. Després *et al.* [DES04]. Elle permet de décrire l'environnement selon une structure arborescente à trois niveaux : MAT (Module-Activité-Tâche). Dans cette représentation, un module peut contenir d'autres modules (des sous-modules) et/ou des activités. Les activités, quant à elles, contiennent uniquement des tâches. Ainsi une tâche pourra être *un devoir à rendre, un exercice à réaliser* ou *un cours à étudier*. Ces différents types de tâches seront représentés sous forme de pages Web ou d'écrans, composées de plusieurs objets (lien, texte, image, menu...). Les différents composants de l'environnement sont regroupés, selon leur type (Module, Activité, Tâche), dans une base de données, qui peut évoluer tout au long du cycle de vie du système grâce à l'analyse des traces d'interactions des apprenants avec l'environnement d'apprentissage.
- **La définition des situations d'assistance** est l'étape principale de la spécification de l'assistance. Elle permet au concepteur d'exprimer l'assistance qu'il souhaite par un ensemble de situations de la forme d'un couple de situation problématique et d'une proposition d'assistance. Les situations problématiques sont modélisées par le modèle IMAC. Pour les propositions d'assistance, nous adoptons trois (03) moyens d'assistance : *les messages, les exemples* et *la modification de l'interface* associées aux composants de l'environnement.

5.3.2. Phase Identification des indicateurs

Dans le but de proposer aux apprenants une assistance proactive et personnalisable, des indicateurs révélateurs de leurs difficultés ont été définis. Ils constituent des conditions de déclenchement de l'assistance. Grâce à leurs valeurs, le système détecte si l'apprenant est dans une situation de besoin d'assistance ou non. Le calcul de ces indicateurs s'appuie sur

l'analyse des traces d'interactions des apprenants avec l'environnement d'apprentissage.

Pour l'identification de ces indicateurs, nous nous sommes appuyés d'une part, sur une étude de l'état de l'art sur les indicateurs d'apprentissage, et d'autre part, sur les résultats d'analyse des réponses d'un questionnaire élaboré auprès de plusieurs enseignants, dont l'objectif est d'exploiter leurs expériences afin de déterminer certains paramètres permettant d'identifier les signes et les caractéristiques des moments et des situations de difficultés rencontrés par les apprenants au cours de sessions d'apprentissage.

5.3.2.1. L'Enquête d'analyse des besoins

A. L'Elaboration du questionnaire

Dans l'objectif de fournir aux enseignants impliqués dans un environnement d'apprentissage à distance le maximum d'informations pour l'observation et l'assistance des apprenants, nous avons commencé par une analyse de leurs besoins. Pour cela, nous avons élaboré un questionnaire (Annexe A) dont l'objectif est d'analyser le besoin des enseignants, en termes de traces ou d'indicateurs, qu'ils souhaitent avoir sur leurs apprenants pour déterminer les situations d'assistance et les moments d'intervention où ils jugent que leurs apprenants ont besoin d'une aide ou d'une éventuelle assistance.

Pour aider les enseignants à décrire et exprimer leurs besoins, nous avons décomposé le questionnaire en trois (03) volets :

- ↳ **Un Avis général** : Nous avons demandé aux enseignants de donner un avis général sur les systèmes d'aide et d'assistance disponibles sur certains environnements d'apprentissage et sur leurs composants.
- ↳ **La durée de la formation** : La durée de la formation reste tout le temps une donnée importante afin de d'évaluer la progression de l'apprenant et son état d'avancement. Cependant, ce n'est pas une information à prendre seule, pour cela, nous avons sollicité l'avis des enseignants sur l'importance qu'ils peuvent accorder à l'observation de ce paramètre, ainsi que sur les paramètres qu'on peut associer à ce dernier, comme les paramètres de production.
- ↳ **Les interactions de l'apprenant** : Lors d'une session d'apprentissage dans un EIAH, l'apprenant peut effectuer des activités parallèles. Pour avoir une vue globale sur le déroulement de la situation d'apprentissage, sur le comportement de l'apprenant et sur sa méthode de travail, nous avons sollicité l'avis des enseignants sur l'importance qu'ils peuvent accorder à l'observation de cet ensemble de comportements ainsi que le sens

qu'ils peuvent dégager pour évaluer l'interaction de l'apprenant avec son environnement de travail, et son degré d'acquisition des connaissances.

B. La Collecte de réponses

Nous avons soumis le questionnaire à plusieurs enseignants du département d'informatique et d'autres départements de l'université de Annaba, ainsi qu'à des enseignants ayant une expérience réelle dans le domaine des EIAH et des systèmes d'assistance. Nous l'avons également diffusé par mail.

A l'issue de cette enquête, nous avons recueilli seulement 17 réponses complètes et significatives sur 50. La répartition des participants est composée de 7 enseignants du domaine informatique, 6 de domaines littéraires (langue anglaise, communication), et 4 spécialisés dans les environnements d'apprentissage à distance (EAD) (Figure 5.3). Par ailleurs, nous leurs avons demandé s'ils avaient déjà travaillé avec une plate-forme de formation à distance afin de savoir si leurs réponses proviennent de leur expérience, ou de leurs attentes.

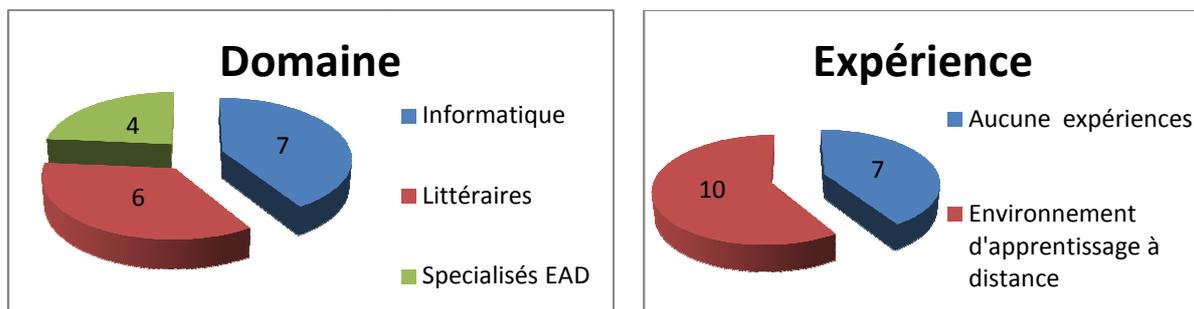


Figure 5.3 : Répartition des enseignants selon leurs domaines et leurs expériences.

Nous avons ensuite effectué un traitement des réponses pour la détermination des besoins en termes d'indicateurs et de traces.

5.3.2.2. Classification des indicateurs

Suivant les réponses sur le questionnaire, nous avons identifié un ensemble d'indicateurs que nous avons classés selon trois (03) dimensions : indicateurs de temps «L'aspect temporel», indicateurs sur les interactions des apprenants «L'aspect interaction», et indicateurs de production «L'aspect production et progression » (Figure 5.4).

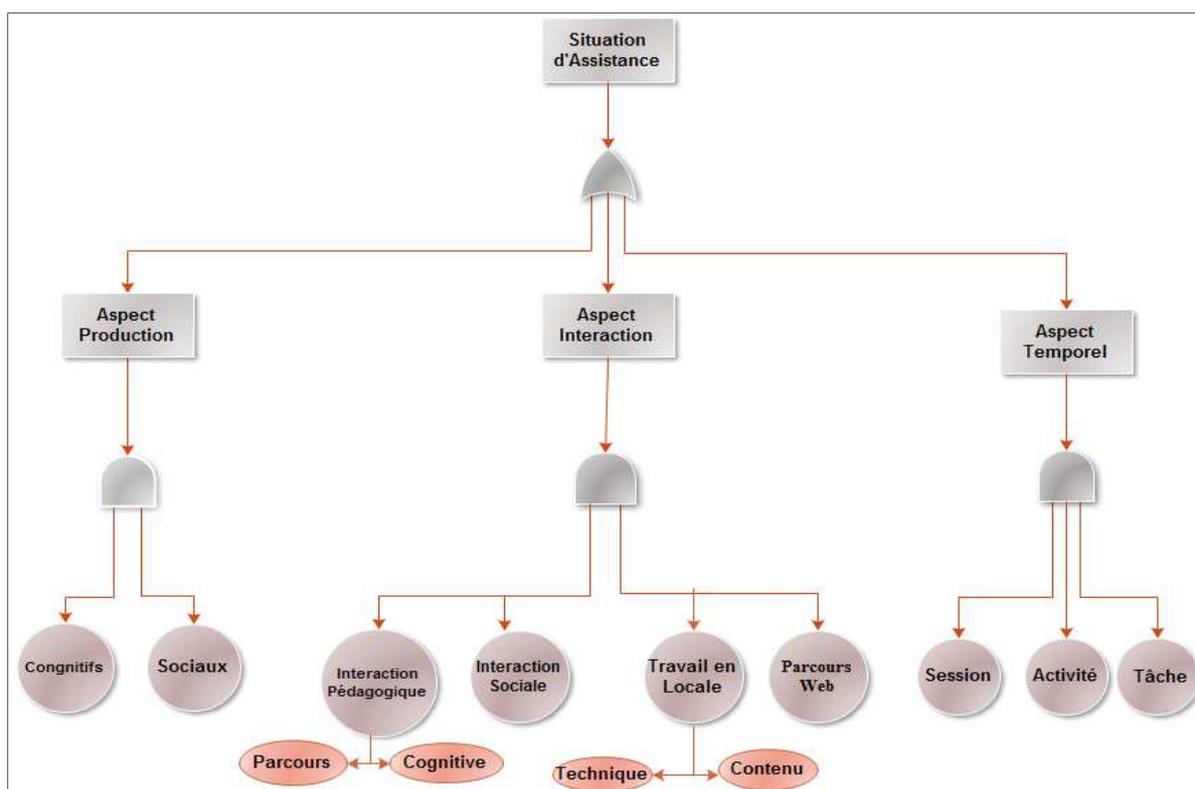


Figure 5.4 : Classification des indicateurs [BEG16].

A. L'aspect Temporel

La durée d'une session d'apprentissage reste tout le temps une donnée importante, afin de d'évaluer la progression de l'apprenant et son état d'avancement. En psychométrie, de nombreux travaux ont démontré son utilité comme indicateur de la facilité avec laquelle l'apprenant complète une tâche [LEM13], [TAR01], [THO09], [WAN05] et comme indicateur de la difficulté d'une tâche [JAR12], [LIN99], [WIS05], et aussi comme un indicateur de la motivation dans les environnements d'apprentissage [BAK07], [COC09], [COC11].

En effet, nous avons jugé qu'il est plus pertinent, pour détecter les situations de besoins d'assistance, de définir les données temporelles suivantes :

- La durée réelle de formation en session active.
- La durée de l'inactivité : ce paramètre peut être un révélateur d'une situation de blocage.
- La durée du passage d'une tâche à une autre : ce paramètre peut être révélateur d'une éventuelle désorientation.

B. L'aspect Interaction

Pour pouvoir offrir une assistance pertinente, le système doit analyser les interactions des

apprenants. De ce fait, nous avons pris en charge quatre (04) types d'interaction : les interactions cognitives, les interactions sociales, les interactions de navigation à l'intérieur de l'environnement, et les interactions de navigation à l'extérieur de l'environnement (actions sur des fichiers présents sur la machine ou navigation libre sur le Web).

1. Les Interactions Cognitives : Ce type de paramètre donne des informations sur la méthode de la manipulation des objets et des ressources pédagogiques disponibles sur l'environnement d'apprentissage. Ces informations permettent au système de comprendre les objectifs des apprenants.

Nous distinguons deux (02) sous-types :

- Les informations sur l'utilisation et la manipulation des ressources, nous les appelons les *paramètres de parcours*. Par exemple, un apprenant peut manipuler des objets pédagogiques en accédant à leur contenu, à certains de ses composants techniques qui peuvent être des boutons, des barres de défilement (Scrollbar), un menu, et ceci en naviguant d'un objet pédagogique à un autre. Ce type de paramètre peut permettre au système d'assistance de définir les moments critiques en fonction de l'environnement. Par exemple, quand l'apprenant clique sur le Bouton X.
- Les informations sur les connaissances manipulées par les apprenants, nous les appelons les *paramètres cognitifs*. Ces paramètres permettent la personnalisation de l'assistance en fonction des informations relatives à la stratégie d'acquisition des connaissances, du savoir-faire et de résolution de problèmes adoptés par l'apprenant.

2. Les Interactions Sociales : Les paramètres sociaux informent sur les interactions de communication des apprenants avec les autres participants (enseignants-tuteurs et pairs) par les technologies de l'information et de communication (TIC) (mail, forum ...etc.). Par exemple, un apprenant peut faire appel aux forums pour avoir certaines informations sur un cours, ou solliciter l'aide de son tuteur ou de son enseignant. Ce type de paramètre permet au système de détecter certaines situations de demande d'aide grâce à l'indicateur de la proximité sémantique entre les mails envoyés, les forums consultés et le contenu du cours.

3. Les Interactions de Navigation à l'intérieur de l'environnement : Ce type de paramètre comporte des informations sur l'utilisation et la manipulation d'outils et de fonctions du système.

Nous distinguons deux (02) sous-types d'interaction:

- *Les Interactions techniques :* Ce paramètre informe sur d'éventuels problèmes techniques

que peuvent rencontrer les apprenants lors de l'utilisation des ressources ou des outils de l'environnement d'apprentissage.

- *Les Interactions avec le système d'assistance* : Grâce à la collecte de ces informations, le système peut définir les difficultés pratiques que peuvent avoir les apprenants durant les sessions d'apprentissage, par exemple : selon les mots clés de recherche utilisés par l'apprenant lors de son interaction avec le système d'assistance.

4. Les Interactions de Navigations à l'extérieur de l'environnement : Certaines études, comme celle de A. Capobianco et *al.* [CAP06], ont montré que la plupart des apprenants, lorsqu'ils rencontrent des difficultés, ils préfèrent soit de recourir à la formation pour acquérir les premières connaissances nécessaires à l'utilisation des logiciels, soit de faire appel à d'autres acteurs grâce aux technologies de l'information et de communications (TIC). De ce fait, nous visons à analyser les traces d'interaction et de navigation de l'apprenant à l'extérieur de l'environnement pendant la session d'apprentissage pour identifier ces situations de difficultés.

Lors de la consultation d'un cours, l'apprenant peut naviguer sur le Web : ouvrir sa boîte mail, écrire et envoyer des mails, utiliser des moteurs de recherche (Google, Yahoo, Ask...), tchatter, consulter ou écrire dans un forum, ouvrir d'autres pages. Il peut aussi travailler sur sa machine en local, ouvrir ou écrire dans un document Word, PDF..., prendre des notes lors de la consultation d'un contenu. Il peut aussi faire des commentaires ou des remarques, souligne des mots ou du texte du cours en utilisant des outils d'annotation, etc. Le principe consiste à sauvegarder ces interactions et de les considérer comme une source de connaissance que le système peut exploiter pour détecter les situations d'assistance d'une part et construire et mettre à jour le contenu de l'aide, d'autre part, par exemple, l'extraction des mots clés des moteurs de recherche utilisés par les apprenants pendant la session d'apprentissage.

C. L'aspect Production et Progression

Durant les sessions d'apprentissage, l'apprenant découvre le logiciel en même temps qu'il cherche à accomplir sa tâche d'apprentissage. Il se trouve ainsi confronté à une double difficulté : apprendre à maîtriser les fonctionnalités du logiciel et mettre en application ses connaissances. Pour détecter ce type de difficulté, le système doit déterminer certains indicateurs, comme l'indicateur de progression dans le cours, l'indicateur de proportion des productions de l'apprenant, l'indicateur du taux de progression, de réussite et de complétion

pour chaque activité et tâche, ou encore l'indicateur de pourcentage et du niveau de la réalisation d'une activité.

Nous pouvons classer ces indicateurs en deux (02) types : *les indicateurs Cognitifs* et *les indicateurs Sociaux*.

- **Les indicateurs Cognitifs** : Nous rattachons au type cognitif, tout indicateur qui donne au système la possibilité d'obtenir des informations sur la progression de l'apprenant, sur son état d'avancement, sur sa progression individuelle et sur le pourcentage de réalisation de ses activités.
- **Les indicateurs Sociaux** : Le calcul de ce type d'indicateur offre au système des informations sur la production collective des apprenants (utilisation des forums de discussion), et sur la progression globale du groupe.

5.3.3. Phase Exécution de l'assistance

La phase d'exécution de l'assistance comprend quatre (04) étapes : la surveillance de l'environnement d'apprentissage pour collecter les traces des apprenants, la transformation et la formalisation des traces, la détection des difficultés et l'identification d'une situation de besoin d'assistance, et l'élaboration d'une proposition à cette situation de besoin. Cette phase exploite la base des situations d'assistance définie par le concepteur de l'assistance durant la phase *Spécification*.

5.3.3.1. La collecte des traces d'interactions

Le calcul des indicateurs de difficultés et la détection des événements déclencheurs nécessitent beaucoup d'informations sur l'utilisation de l'environnement et sur les actions des apprenants. Pour cela, nous nous sommes orientés vers la collecte des traces des activités réalisées par les apprenants.

Comme nous l'avons relevé dans le chapitre précédent, il existe trois (03) approches pour effectuer la collecte des traces: des approches centrées-Utilisateur, d'autres centrées-Serveur et d'autres basées sur des Logiciels Spécifiques. Chaque approche comporte des avantages et des inconvénients. Les *logs* sur les serveurs Web ne contiennent que des informations sur les actions effectuées sur le serveur, dans ce cas de nombreuses informations peuvent être indéterminées, telles que les informations sur les actions de l'apprenant sur sa machine (la durée passée sur certaine page, le nombre de fois qu'une page spécifique a été visitée). Aussi, les logiciels spécifiques n'enregistrent que les interactions effectuées dans un environnement dédié et selon un format propriétaire.

Pour avoir une perception complète de toute l'activité de l'apprenant et aussi des informations sur ses moments d'inactivité pendant les sessions d'apprentissage, nous avons opté pour une approche de collecte centrée-Utilisateur à travers un programme installé sur le poste de l'apprenant en utilisant un *Keylogger* existant. Parmi les programmes de collecte disponibles en version gratuite, nous avons choisi *Miniskey*, qui permet de sauvegarder, en temps réel, toutes les actions de l'apprenant sur sa machine, qu'elles aient été exécutées à l'intérieur ou à l'extérieur de l'environnement d'apprentissage.

Cependant, les traces générées par cet outil sont des traces primitives et difficiles à exploiter en tant que telles, nécessitant une transformation et une modélisation, de plus, elles doivent subir un processus de prétraitement afin d'éliminer les bruits (pages non trouvées, URLs erronées, etc...)

5.3.3.2. Transformation et formalisation des traces

Généralement, les traces collectées par les logiciels *Keylogger* sont des traces numériques, et contiennent des informations riches concernant le comportement de l'utilisateur. Mais la quantité des traces collectées est généralement énorme et les traces sont très détaillées (traces très bas niveau), ce qui rend le processus d'interprétation difficile du côté de l'analyste [LOG06]. Un mécanisme de transformation est nécessaire afin d'obtenir un volume adéquat de traces avec un bon niveau de granularité qui puisse rendre le processus d'interprétation plus facile. Ce processus de transformation s'appuie sur quelques méthodes : nettoyage, filtrage et structuration des traces.

- **Nettoyage** : Afin de réduire la quantité des traces collectées, nous avons besoin de les nettoyer. Cette phase consiste à éliminer le bruit : pages non trouvées (erreur 403, 404, etc.) ; action non-explicite par l'utilisateur (par exemple les images requises par la page Web) ; programmes à écarter du traitement des traces (l'outil de collecte, les programmes de messagerie instantanée, etc.), pages intermédiaires de la plateforme (les pages de traitement des formulaires de connexion).
- Le but du **filtrage** est d'extraire un sous-ensemble de traces pertinentes par rapport à l'objectif de l'analyse. Il s'agit de filtrer les pages pour ne garder que celles ayant une URI (Uniform Resource Identifier) valide (respectant le format standard des URIs). Pour cela, nous appliquons des expressions régulières aux URIs pour vérifier leur format.
- **Structuration** : Nous rappelons que notre objectif est de tracer les interactions des apprenants en vue de calculer des indicateurs révélateurs de difficultés, dans ce cas un

modèle de traces est donc nécessaire et devant l'absence d'un modèle standard de traces, nous avons appliqué le modèle proposé dans IDLS [BOU11] à notre contexte d'assistance.

La traces est donc définie comme une séquence temporelle d'observés, fournissent des connaissances sur les actions de l'apprenant collectées en temps réel à partir de son interaction avec l'environnement d'apprentissage et aussi avec les ressources externes au contexte d'apprentissage, comme les fichiers ou les programmes exécutés sur la machine ou sur Internet.

Nous décrivons une trace par :

$T < U, (O1, O2, O3...On) >$

Où : U désigne un utilisateur tracé

O_i désigne un observé de la trace

Chaque observé de la trace (O_i) est un couple de pages (P_i) et des actions effectuées (A_i) sur la page: O_i (P_i, A_i).

Pour chaque page P_i, nous enregistrons :

- son URI
- son titre Tr, s'il est disponible
- le programme qui l'a exécuté PG
- le type de contenu, qui comprend trois (O3) :
 - ✓ Une ressource pédagogique «R», si le contenu est un ensemble de notions à apprendre (les cours).
 - ✓ Une activité d'apprentissage «AP», si le contenu est un exercice, un devoir, ou un test.
 - ✓ Une activité de navigation «AC», si le contenu est un fichier ou un programme exécuté sur la machine de l'apprenant ou sur Internet.
 - ✓ Ainsi que son ordre d'apparition (premier accès).

Pour les actions A_i, nous enregistrons toutes les interactions de l'apprenant avec le contenu de la page où chaque action est identifiée par :

- ✓ Un ordre d'apparition
- ✓ Une date, une heure et une durée d'exécution
- ✓ Un type d'action (les actions souris : bouton gauche, bouton droit ou du milieu, les touches du clavier : F1, F2, les raccourcis CTL+C, CTL+X, etc.)
- ✓ Un objet sur lequel l'action a été effectuée (scroll, lien, texte, image, menu, etc.)

- ✓ et le type d'interaction effectuée (ouvrir un fichier, rechercher, copier, coller, imprimer, etc.).

Après avoir appliqué le mécanisme de transformation au fichier des traces collectées, il faut calculer les différents indicateurs afin de pouvoir déduire par la suite les situations d'assistance.

5.3.3.3. Démarche d'identification des situations de difficultés d'apprentissage

L'objectif de notre travail étant de proposer des indicateurs, indépendants que possible de la conception de l'environnement d'apprentissage, permettant de fournir une perception globale sur les interactions des apprenants et d'identifier les difficultés d'apprentissage qu'ils rencontrent. Pour atteindre cet objectif, nous avons, d'une part, étudié l'état de l'art sur les difficultés d'apprentissage, les indicateurs et les traces d'interactions dans les environnements d'apprentissage à distance. D'autre part, nous avons cherché les besoins des enseignants en termes d'informations sur les interactions des apprenants, afin de définir des indicateurs permettant d'identifier les situations de difficultés qu'il est possible de détecter dans un tel contexte. Ainsi nous avons modélisé les situations à identifier par le modèle IMAC et nous avons défini les indicateurs révélateurs de ces situations de difficultés avec leurs formules de calculs, qui sont basées sur les traces d'interactions.

5.3.3.4. Proposition d'assistance

La réponse à un besoin d'assistance permet de fournir de l'assistance à l'apprenant, sous la forme d'une action d'assistance, réalisée sur l'environnement d'apprentissage. En fonction des situations d'assistance définies par le concepteur, le processus d'élaboration d'une réponse à un besoin d'assistance consiste à élaborer une ou plusieurs actions d'assistance, contextualisées et personnalisées pour répondre de la manière la plus efficace possible au besoin d'assistance de l'apprenant.

5.4. Les Indicateurs Révélateurs

Les traces doivent être transformées en des indicateurs de plus haut niveau pour que leur interprétation soit possible. Pour ce faire, nous avons définis un ensemble d'indicateurs concernant le type de difficulté ainsi que leurs formules de calcul.

5.4.1. L'Indicateur de blocage

Cet indicateur peut être mesuré en calculant la durée d'inactivité pendant la session d'apprentissage. Cependant, il n'est pas toujours facile de distinguer le temps d'inactivité du

temps de travail effectif (durée réelle de l'apprentissage) [BOU11]. Pour cela, nous nous sommes orientés vers l'analyse des interactions de navigation en dehors de la session d'apprentissage, ceci permet de savoir si l'apprenant essaye d'accomplir sa tâche, ou au contraire, la changer ou l'abandonner complètement.

Afin de renseigner si l'apprenant est plutôt actif ou non, nous avons définis un indicateur du taux d'interactivité pour mesurer le taux d'activité lors de la réalisation d'une tâche donnée. Il calcule le nombre d'actions faites dans un intervalle de temps (temps de réalisation de tâche) et il prend en compte le nombre de pages et le nombre de concepts dans la page qui pose des problèmes (1) :

$$T_{\text{interactivité}} = \sum_{i=1}^N \frac{\text{Nb Actions } P_i}{\text{Nb Concepts } P_i} \quad (1)$$

Où

- N désigne le nombre de pages (chaque tâche peut être constituée de plusieurs pages).
 - Nb actions désigne le nombre d'actions effectuées par l'apprenant sur la page P_i .
 - Nb concepts désigne le nombre de concepts qui pose des problèmes sur la page P_i .
- ✓ Quand le *taux d'interactivité* tend vers 0, c'est-à-dire que le nombre d'actions de l'apprenant sur le contenu de la tâche est relativement faible, ceci indique que l'apprenant est **inactif**, donc il est dans une situation de blocage qui nécessite une intervention d'assistance.
 - ✓ Cependant, quand le nombre d'actions de l'apprenant sur le contenu de la tâche est relativement élevé, dans ce cas le *taux d'interactivité* tend vers 1, ceci indique que l'apprenant est **actif**, et dans ce cas, le système devra déterminer et calculer un autre indicateur : l'indicateur de similarité sémantique entre le contenu de la tâche et le contenu des pages visitées pendant la session d'apprentissage de l'apprenant. Cet indicateur a été inspiré des travaux de N. Bousbia et *al.* qui ont étudié la similarité sémantique entre les cours et les pages visitées lors des navigations d'un apprenant [BOU11], [KHA08].

La similarité sémantique entre un cours étudié et la page visitée $\text{Sim}(C,P)$ est obtenue par la formule (2) suivante [VAR05]:

$$\text{Sim}(C, P) = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times P_j \times \text{sim}(i, j)}{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m C_i \times P_k} \quad (2)$$

Où :

- n désigne les concepts du cours C
- m désigne les concepts de la page P
- j désigne le concept de la page P ayant la similarité maximale avec le concept i ;
- C_i et P_j désignent respectivement les poids des concepts i et j dans le cours C et la page P ;

$\text{sim}(i, j)$ décrit la similarité sémantique entre les deux concepts i et j, calculée par la formule de D. Lin [LIN98] (3) :

$$\text{sim}(i, j) = \frac{2 \cdot \text{CI}(\text{ppg}(i,j))}{\text{CI}(i) + \text{CI}(j)} \quad (3)$$

Où :

- $\text{ppg}(i, j)$ désigne le contenu informationnel du plus petit généralisant ;
- et $\text{CI} = -\log(P(i))$

Où $P(i)$ est la probabilité de retrouver une instance du concept i.

Elle est obtenue par la fréquence d'un concept i sur le nombre total des concepts n (4) :

$$P(i) = \frac{\text{Freq}(i)}{n} \quad (4)$$

- ✓ Quand la *similarité sémantique* est relativement **élevée**, cela signifie que l'apprenant a consulté d'autres contenus traitant le même sujet que celui de sa tâche, soit pour mieux apprendre, soit pour explorer de nouvelles perspectives. Nous estimons ici que cet apprenant est intrinsèquement **actif** et donc n'est pas bloqué. Nous considérons ce cas un cas problématique, qu'il faut traiter avec le calcul des autres indicateurs.
- ✓ Quand la *similarité sémantique* est très **faible**, cela signifie que l'apprenant a changé sa tâche ou l'a abandonné, à cause d'une perte de motivation face aux difficultés qu'il

a rencontré. Dans ce cas, nous considérons que cet apprenant est dans une situation de blocage ou d'abandon.

5.4.2. L'Indicateur du taux d'accomplissement d'une activité

La structure pédagogique d'un cours dans un environnement d'apprentissage est composée de modules, d'activités et de tâches. Pour calculer l'indicateur d'accomplissement, nous avons utilisé le principe de J. Després et *al.* [DES04], où chaque tâche est une entité réalisable en tout ou rien, c'est-à-dire qu'elle ne peut prendre que deux états : «**accomplie**» ou «**non-accomplie**». Ainsi, pour chaque tâche, nous avons associé un poids et un coefficient. La somme des poids des tâches d'une même activité doit être égale à 1. Ainsi, le pourcentage d'accomplissement d'une activité est calculé en fonction des poids des tâches que l'apprenant a accompli (5).

$$T_{accomplissement} = 100 \times \sum_i^n P_i \quad (5)$$

Où :

P_i désigne le poids de la tâche i ,

n désigne le nombre de tâches accomplies.

- Si $T_{accomplissement} \geq 70\%$, nous jugeons que l'apprenant a accompli ses tâches, et il n'a pas besoin d'aide.
- Si $50\% \leq T_{accomplissement} < 70\%$, nous jugeons que l'apprenant est dans une situation problématique qui peut être une situation d'assistance, où le système doit traiter afin de la détecter.
- Si $T_{accomplissement} < 50\%$, nous jugeons que l'apprenant est dans une situation de difficulté et qu'il a besoin d'une aide pour accomplir ses tâches.

5.4.3. L'Indicateur de motivation

Trois (03) types d'indicateurs sont définis dans la littérature pour mesurer la motivation chez l'apprenant: l'indicateur d'intérêt et du plaisir à accomplir une activité d'apprentissage, l'indicateur de l'engagement cognitif et l'indicateur de la persévérance [VIA05].

5.4.3.1. L'Indicateur d'intérêt

Il reflète le niveau d'intérêt et/ou du plaisir des apprenants vis-à-vis de l'activité exécutée. Cet indicateur peut être mesuré en comparant l'activité élaborée en dehors du contenu de la

formation à celle réalisée au sein de l'environnement d'apprentissage ou du cours, ainsi qu'en fonction des durées d'inactivité enregistrées (6) :

$$I_{\text{intérêt}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Sim}(C_i, P_i)}{n} \quad (6)$$

Où:

- C_i désigne le concept de la tâche réalisée i ;
- P_i désigne la page visitée lors de la réalisation de la tâche i ;
- n désigne le nombre de pages visitées.

Cet indicateur a été utilisé par R. Taraban et *al.*, pour déterminer les types de motivation [TAR01] et par N. Bousbia et *al.*, pour déterminer les styles d'apprentissage [BOU09]. Nous l'empruntons dans notre travail pour déterminer les situations de difficultés.

Cet indicateur peut prendre trois (03) valeurs :

- **Faible intérêt** : si la valeur de l'indicateur d'intérêt tend vers 0. Ici, la similarité sémantique entre la tâche proposée et le contenu des pages visitées est très faible. Cela signifie que l'apprenant a un faible intérêt envers la tâche proposée, et donc pas motivé. Dans ce cas, nous supposons qu'il est dans une situation de difficulté.
- **Pas intéressé** : si la valeur de l'indicateur d'intérêt est égale à 1. Ici, l'apprenant n'a consulté que le contenu proposé dans la formation. Cela signifie qu'il n'est pas intéressé essentiellement par l'activité en soi, mais il l'accomplit puisqu'elle est imposée. Dans ce cas, nous considérons qu'il n'est pas dans une situation de difficulté.
- **Intéressé** : si la valeur de l'indicateur d'intérêt est supérieure à 1. Ici, l'apprenant consulte d'autres contenus qui sont sémantiquement proche du contenu de la tâche proposée. Cela signifie qu'il a consulté ces contenus volontairement et par intérêt. Dans ce cas, il semble qu'il est motivé et donc n'est pas dans une situation de difficulté.

5.4.3.2. L'Indicateur du degré d'engagement cognitif

Pour calculer cet indicateur, nous nous sommes basés sur le principe de R. Viau [VIA05] qui traduit l'engagement cognitif par le fait qu'un apprenant va naviguer en profondeur sur les sites internet, c'est-à-dire qu'il va examiner toutes les facettes de ces sites et ne se limitera pas à examiner les images ou les effets sonores. Aussi, nous considérons que toutes les pages sont caractérisées par une profondeur qui mesure leur distance à la racine de l'arbre de navigation(7).

$$D_{\text{Engagement Cognitif}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Prof}(P_i)}{\sum_{i=1}^n D_i} \quad (7)$$

Où :

- Prof (Pi) désigne la profondeur de la page Pi
- Di désigne la durée de consultation de la page Pi.
- n désigne le nombre de pages de la tâche réalisée.

Cet indicateur peut prendre trois (03) valeurs :

- **Faible** : si l'apprenant consulte l'environnement de formation d'une manière superficielle, c'est-à-dire que l'apprenant n'examine que les pages d'accueils ou les images et les effets sonores. Cela signifie que l'apprenant n'est pas motivé et il est dans une situation de difficulté.
- **Moyen** : si l'apprenant utilise une stratégie *de navigation intermédiaire*. Cela signifie que l'apprenant est dans une situation d'apprentissage normale.
- **Fort** : si la stratégie de navigation de l'apprenant est plus en profondeur, c'est-à-dire que l'apprenant consulte et examine les concepts d'une grande profondeur. Cela signifie que l'apprenant est bien motivé.

5.4.3.3. L'Indicateur de la persévérance

La persévérance est l'un des indicateurs les plus pertinents pour mesurer la motivation à apprendre dans un environnement d'apprentissage à distance, que de l'intérêt et du plaisir à accomplir une tâche. En effet, selon R. Viau, on peut s'intéresser aux effets sonores ou visuels d'un site internet et prendre plaisir à «*surfer*» sur son contenu sans pour autant apprendre réellement. Cette persévérance se manifeste par le temps que l'apprenant consacre pour accomplir une tâche ou une activité et le nombre de fois qu'il y retourne [WIS05]. Pour cela, un indicateur du taux de correspondance entre la durée réelle de la réalisation d'une activité et la durée prévue par l'apprenant pour effectuer cette activité, a été défini (8) :

$$T_c = \frac{D_{\text{réel}}}{T_{\text{effect}}} \quad (8)$$

Où :

- T_c désigne l'indicateur «Taux de correspondance»
- $D_{\text{réel}}$ désigne la durée de réalisation de la tâche.

- T_{effect} désigne la durée effective de réalisation de la tâche (définie par l'enseignant ou le concepteur de cours).

Plusieurs scénarios peuvent se présenter :

- ✓ **Scénario 1:** Si $T_c > 1$, cela signifie que l'apprenant passe plus de temps à faire son activité. Dans ce cas, nous supposons que l'apprenant a persévéré jusqu'à l'accomplissement de ses tâches malgré les obstacles et les difficultés qu'il a rencontré.
- ✓ **Scénario 2:** Si $T_c < 1$ et $T_{accomplissement} < 50\%$, cela signifie que l'apprenant passe moins de temps à faire son activité. Ici, nous supposons que la persévérance de l'apprenant est très faible pour accomplir son activité et nous le considérons comme quelqu'un qui n'est pas motivé. Nous pensons que ces indicateurs sont des facteurs de décrochage dans l'apprentissage, nous sommes donc devant une situation de difficulté.
- ✓ **Scénario 3:** Si $T_c \leq 1$ et $T_{accomplissement} \geq 50\%$, cela signifie que l'apprenant est capable de réaliser son activité dans le temps effectif. Dans ce cas, nous supposons que la persévérance de l'apprenant tend vers la moyenne et donc sa motivation aussi, ce qui implique que l'apprenant est dans une situation d'apprentissage normale.

5.4.4. L'Indicateur de désorientation

L'environnement de formation à distance peut être considéré comme un espace problème où chaque déplacement ou interaction est un révélateur d'un type d'activité cognitive de l'apprenant (compréhension, désorientation, confrontation d'informations, etc.). Dans ce sens, B. Delievre et *al.* proposent quatre (04) variables pour révéler et identifier l'apprenant désorienté [DEL05]:

- La redondance (Red): cette variable mesure le nombre de nœuds ouverts plus d'une fois par l'apprenant pendant la phase d'apprentissage.
- Le nombre de lectures supplémentaires (LS): l'apprenant peut demander une lecture supplémentaire pour comprendre un concept du cours. Il y a un problème si cette demande est répétée plusieurs fois ;
- le nombre de solutions supplémentaires (SS) : le nombre de fois que l'apprenant répond à des questions auxquelles il a déjà fourni une solution, alors qu'il peut poursuivre son activité.

- Le nombre de retours à une partie antérieure (Ret) : le problème se pose quand l'apprenant a acquis des concepts et demande, ultérieurement, le retour à ces concepts.

Pour définir notre indicateur de désorientation, nous avons introduit une autre variable :

- Le nombre de clics (NbC): le problème se pose quand l'apprenant clique sur plusieurs concepts ou des zones de l'écran durant un temps relativement long. Cela peut être le signe qu'il cherche quelque chose ou qu'il est perdu dans l'environnement d'apprentissage.

La somme des valeurs prises par ces différentes variables détermine l'indicateur de désorientation(9):

$$I_{\text{Désorientation}} = \text{Red} + \text{LS} + \text{SS} + \text{Ret} + \text{NbC} \quad (9)$$

Selon B. Delievre et *al.* [DEL05], si toutes les valeurs de ces variables sont peu élevées, c'est un signe d'une bonne orientation dans l'environnement. Si l'une d'entre elles prend une valeur élevée, cela ne veut pas nécessairement dire que l'apprenant est désorienté. Il lui est loisible d'explorer l'environnement à sa guise, cette démarche d'exploration ne peut lui être reprochée. Par contre, cette affirmation nous semble devoir être modérée lorsque des valeurs élevées sont observées pour un ensemble de variables. Ils considèrent que lorsque plusieurs variables sont caractérisées par des valeurs élevées, cela témoigne d'une désorientation dans l'environnement. En conséquence, ils ont considéré comme indice de désorientation la somme des valeurs prise par les différentes variables.

Nous avons adopté ce principe et nous proposons plusieurs scénarios :

- ✓ **Scénario 1** : Lorsque les valeurs de ces variables sont peu élevées, cela signifie que l'apprenant est bien orienté dans l'environnement.
- ✓ **Scénario 2** : si l'une des variables prend une valeur élevée, cela ne veut pas nécessairement dire que l'apprenant est désorienté, mais, il peut confirmer un style d'apprentissage, dans ce cas, nous sommes devant une situation problématique.
- ✓ **Scénario 3**: lorsque plusieurs variables sont caractérisées par des valeurs élevées, cela témoigne d'une désorientation dans l'environnement.

5.2.5. L'Indicateur d'aide

Durant une session d'apprentissage, l'apprenant peut solliciter l'aide pour sortir d'une

situation de blocage. Selon la nature de cette sollicitation, nous pouvons déterminer : la désorientation de l'apprenant, ses difficultés de navigation dans l'environnement, ses appréhensions d'aller dans les détails...etc ; et aussi, nous pouvons détecter ses signes de défaillances (personnelles, techniques, compétences...), Pour cela, un indicateur d'aide pendant une activité réalisée a été définis (10).

$$I_{aide} = \sum_{i=1}^n \frac{nb\ Aide(i)}{nb\ concepts(i)} \quad (10)$$

Où :

- nb Aide (i) : désigne le nombre des appels d'aide pour la tâche (i) ;
- nb concepts (i) : désigne le nombre de concepts de la tâche (i) ;
- n : désigne le nombre de taches de l'activité réalisée.

Deux scénarios peuvent se présenter :

- ✓ Si $I_{aide} \leq 1$, nous sommes devant une situation d'assistance de type réactive.
- ✓ Si $I_{aide} > 1$, nous sommes devant une situation problématique. Premièrement, le système d'assistance doit extraire l'aspect de cette situation et le compare avec les aspects des situations de sollicitations d'assistance précédentes (situations de demande d'assistance sur la même activité) afin de détecter son type.

Nous avons associé à chaque aspect une valeur (A=1 pour Cognitif, A=2 pour Métacognitif, A=3 pour Organisationnel, A=4 pour Technique, A=5 pour Socio-Affectif, A=6 pour Méthodologique, et A=7 pour Instrumental).

- Si les aspects sont différents, nous sommes donc devant une situation de demande d'assistance peu compliquée, où l'apprenant sollicite l'assistance sur différents points.
- Si toutes les situations ont le même aspect, il y a peut être une situation plus compliquée qui nécessite des traitements.

Par exemple, si toutes les situations sont de type :

- *Technique* : alors l'apprenant a des difficultés dans la manipulation du système.
- *Cognitif* : alors l'apprenant a des difficultés d'apprentissage.

Ce raisonnement aide le système d'assistance dans la recherche des situations convenables

à la situation problématique.

5.5. Conclusion

Nous constatons que la détermination et le calcul des indicateurs est un travail laborieux, qui demande beaucoup de temps et de réflexion, et qui fait appel à plusieurs domaines de recherche. Dans ce sens, nous avons tenté d'identifier un grand nombre d'indicateurs, qui peuvent être utilisés pour la détection automatique des situations de difficultés d'apprentissage et aussi comme données dans le processus d'assistance.

Vu la complexité de la définition des méthodes de calcul de chaque indicateur, et la procédure de validation nécessaire pour chacun, nous nous sommes limité à développer les méthodes de calcul seulement de certains indicateurs jugés plus pertinents pour l'apprentissage.

Dans le chapitre qui suit, nous allons décrire l'outil MISNA développé dans le cadre de cette thèse, réalisé pour assister l'apprenant à accomplir ses activités pédagogiques suivi d'une expérimentation pour la validation des propositions adoptées.

Chapitre 6:

MISNA: Un Outil d'Identification et de Modélisation de Situations de Besoins d'Assistance

✓ Objectif du chapitre

Proposer un outil informatique permettant la description de l'environnement d'apprentissage selon le format de représentation MAT, la spécification de l'assistance avec le modèle IMAC et l'exécution automatique de l'assistance spécifiée.

✓ Points clés

Dans ce chapitre, nous présentons le système d'assistance MISNA, composé de deux outils principaux : un éditeur d'assistance et un détecteur de situations de besoin d'assistance.

L'éditeur d'assistance permet à un concepteur d'assistance, de spécifier avec le modèle IMAC, l'assistance qu'il souhaite pour un environnement d'apprentissage à distance. Il lui fournit deux interfaces, une pour la description de l'environnement, selon le format MAT, et une autre pour la spécification et la définition des situations d'assistance.

Le détecteur de MISNA détecte les situations de difficultés et de besoins d'assistance et exécute les propositions d'assistance pour fournir l'assistance adéquate aux apprenants.

Chapitre 6:

MISNA: Un Outil d'Identification et de Modélisation de Situations de Besoins d'Assistance

6.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons la mise en œuvre des propositions théoriques présentées dans le chapitre précédent, à travers l'outil MISNA (Modeling and Identifying the Situations of Needs for assistance). MISNA est un prototype qui a pour objectif de prouver la possibilité de détecter automatiquement les situations de difficultés et de besoins d'assistance à partir des traces d'interactions et d'indicateurs. Le fonctionnement de ce prototype se décompose en trois (3) étapes : (1) *La Spécification de l'assistance* : la description de l'interface et la définition des situations d'assistance ; (2) *La Mise en place et l'Exécution* ; et (3) *La Collecte de traces d'interactions*.

6.2. Architecture du MISNA

L'architecture générale de l'outil MISNA est présentée dans la figure suivante (Figure 6.1). Cette architecture décrit une vue d'ensemble de l'outil, qui sera détaillée dans les sections qui suivent. MISNA comprend trois (03) principaux sous-outils en interaction mutuelle, destinés à deux catégories d'utilisateurs (Figure 6.1): les **Concepteurs d'Assistance** chargés de spécifier le système d'assistance pour l'environnement d'apprentissage, et les **Apprenants** qui souhaitent avoir de l'assistance. Nous distinguons l'**Editeur d'Assistance**, pour la phase de spécification, le **Détecteur de Situations d'Assistance**, pour la phase d'exécution et le **keylogger**, pour la collecte et le traitement des traces d'interactions. Le modèle IMAC est mis en œuvre à travers l'éditeur et le détecteur d'assistance. D'une part, l'éditeur d'assistance permet au concepteur de l'assistance, via ses interfaces, de décrire l'environnement d'apprentissage et de définir l'assistance souhaitée sous la forme de situations d'assistance, modélisées par IMAC, sous forme d'un couple de situations problématiques et de propositions d'assistance. D'autre part, le détecteur d'assistance exécute les propositions d'assistance associées aux situations problématiques pour fournir de l'assistance aux apprenants de l'environnement d'apprentissage.

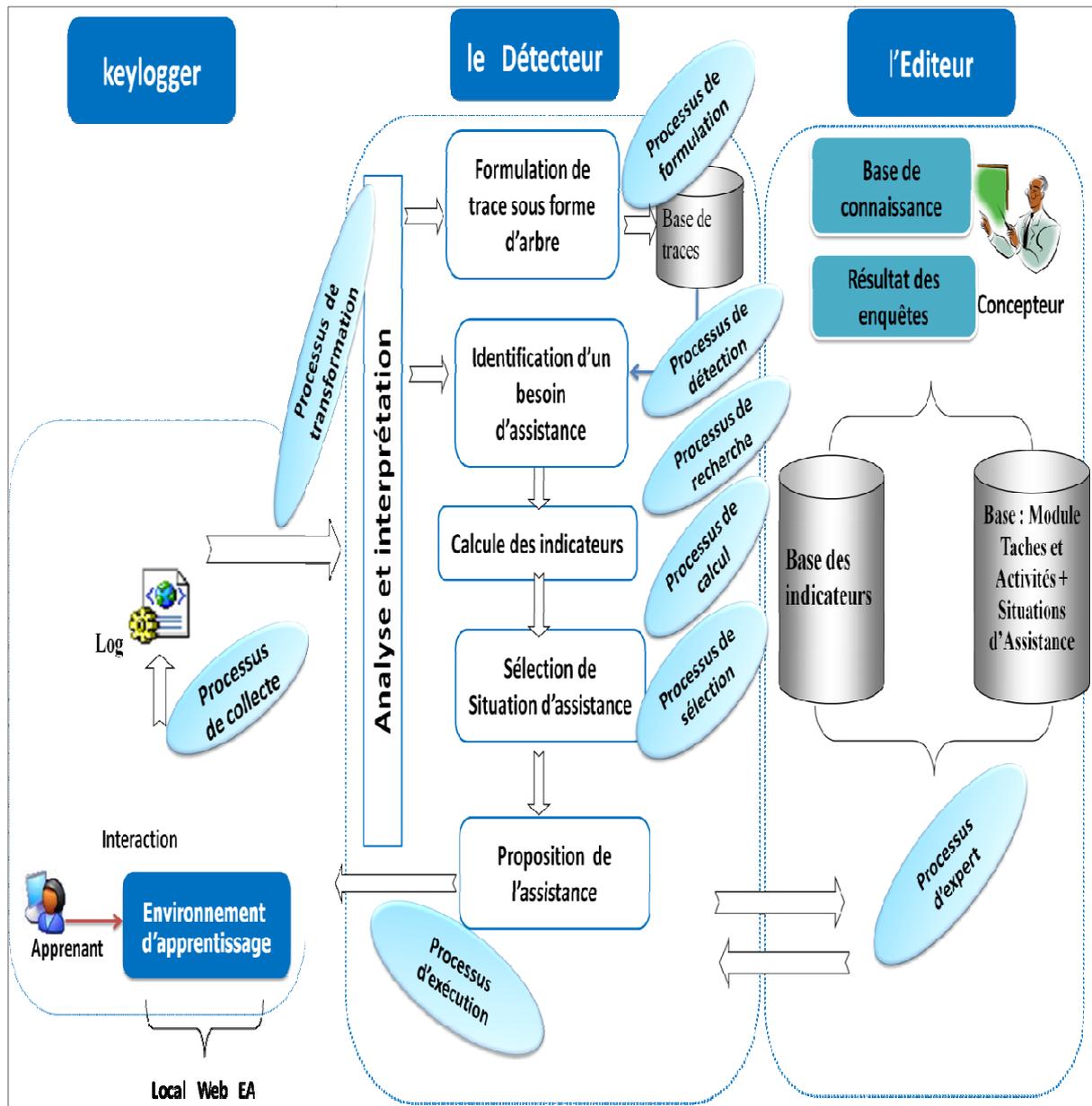


Figure 6.1 : Architecture de MISNA.

6.3. Spécification de MISNA

Dans l'enchaînement des écrans de l'éditeur d'assistance (Figure 6.2), les écrans de l'éditeur peuvent être regroupés pour correspondre aux deux principales étapes de la création d'un système d'assistance : la description de l'interface de l'environnement d'apprentissage et la définition des situations d'assistance.

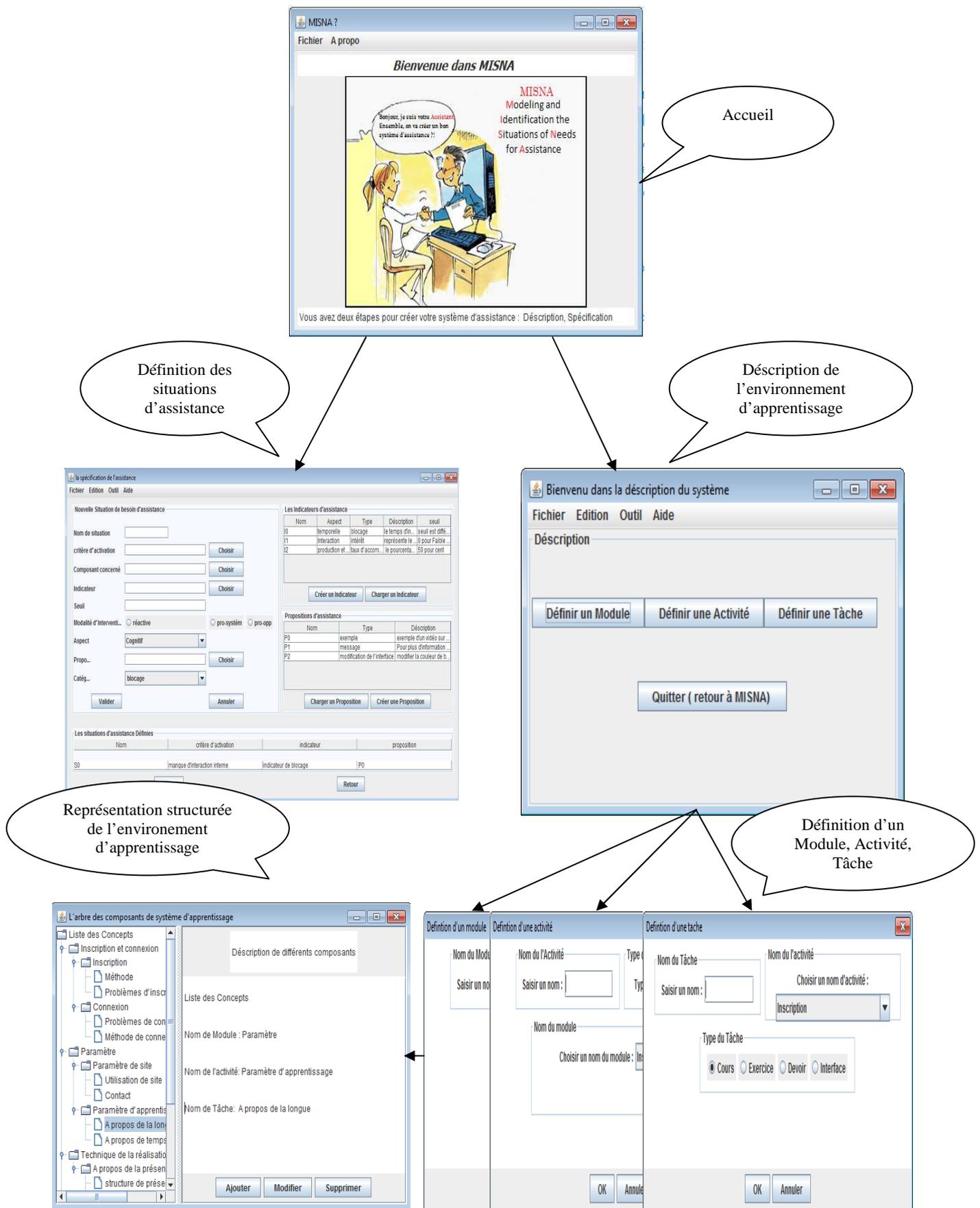


Figure 6.2 : Enchaînement des écrans de l'éditeur d'assistance dans MISNA.

6.4. L'Editeur d'Assistance

Nous avons développé un éditeur d'assistance dédié aux concepteurs d'assistance qui permet de spécifier l'assistance qu'ils souhaitent pour un environnement d'apprentissage. Celle-ci peut être ensuite exécutée pour les apprenants de cet environnement. Les concepteurs d'assistance n'ont pas besoin de connaissances préalables en programmation pour définir un système d'assistance avec l'éditeur de MISNA. En effet, il permet de spécifier l'assistance en deux étapes : la description de l'interface de l'environnement d'apprentissage, puis la définition de situations d'assistance. L'éditeur d'assistance permet de mettre en œuvre la partie spécification de l'assistance du processus de conception d'un système d'assistance. Dans ce qui suit, nous décrivons le fonctionnement de l'éditeur d'assistance. Les éléments manipulés dans l'éditeur par le concepteur d'assistance correspondent aux composants du modèle IMAC (cf.Chapitre 5).

6.4.1. Description des composants

Le but de cette phase est de décrire les composants auxquels le concepteur souhaite associer des interventions d'assistance. Cette description s'appuie sur une représentation structurée inspirée des travaux de J. Després et *al.* [DES04], qui permet de décrire l'environnement selon une structure arborescente à trois (03) niveaux : Module-Activité-Tâche (MAT). Dans cette représentation, un module peut contenir d'autres modules (des sous-modules) et/ou des activités. Les activités quant à elles, contiennent uniquement des tâches. Ainsi une tâche pourra être un *devoir à rendre*, un *exercice à réaliser* ou un *cours à étudier*. Ces différents types de tâches seront représentés sous forme de pages Web ou d'écrans, composées de plusieurs objets (lien, texte, image, menu...). Les différents composants de l'environnement sont regroupés selon leur type (Module, Activité, Tâche) dans une base de données qui peut évoluer le long du cycle de vie de l'outil grâce à l'analyse des traces d'interactions des apprenants avec l'environnement d'apprentissage.

Une interface a été développée pour la création de chaque composant de la base (ne nécessite aucune compétence en programmation). Elle est divisée en deux parties (Figure 6.3) : La partie gauche (cf.Ⓐ) représente les composants déjà créés ; La partie droite (cf. Ⓑ) permet de créer, de modifier ou de supprimer un composant (un Module, une Activité ou une Tâche).

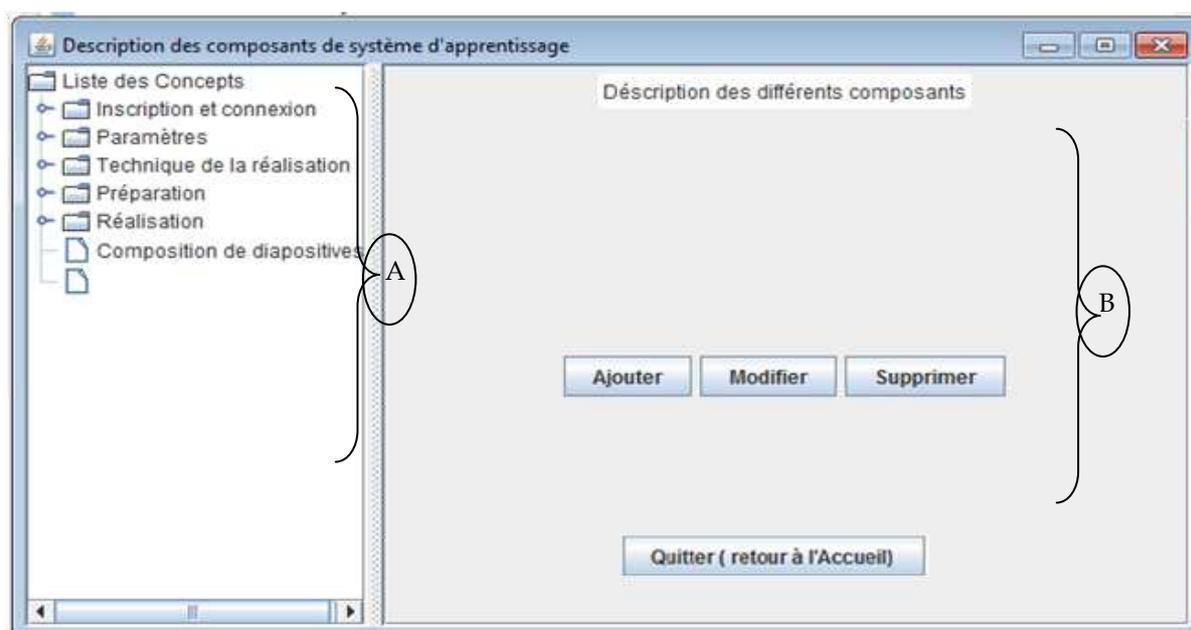


Figure 6. 3 : Interface de Description des composants.

6.4.2. Spécification de l'Assistance

Après la description de l'environnement, le concepteur passe à la phase de spécification qui vise à caractériser l'assistance dans l'environnement d'apprentissage. Cette caractérisation est basée sur un formalisme qui modélise l'assistance sous forme d'un couple formulé d'une situation de difficulté et d'une proposition d'assistance. Nous utilisons le modèle IMAC pour modéliser les situations de difficultés et nous adoptons trois (03) moyens d'assistance : les messages (sous forme d'une page adjacente pour apporter des informations supplémentaires à l'apprenant), les exemples (comme les vidéos de démonstration), la modification de l'interface de l'environnement (par l'adaptation ou par la modification des liens : Ajout, Suppression, Annotation, Tri...etc.).

Pour mettre en œuvre cette étape, nous avons développé une interface qui permet aux concepteurs d'enrichir leur environnement d'apprentissage par un système d'assistance (cette interface n'exige pas de compétence en programmation). Le concepteur doit ensuite pouvoir déterminer les indicateurs révélateurs des situations de difficultés, ainsi que les propositions d'assistance.

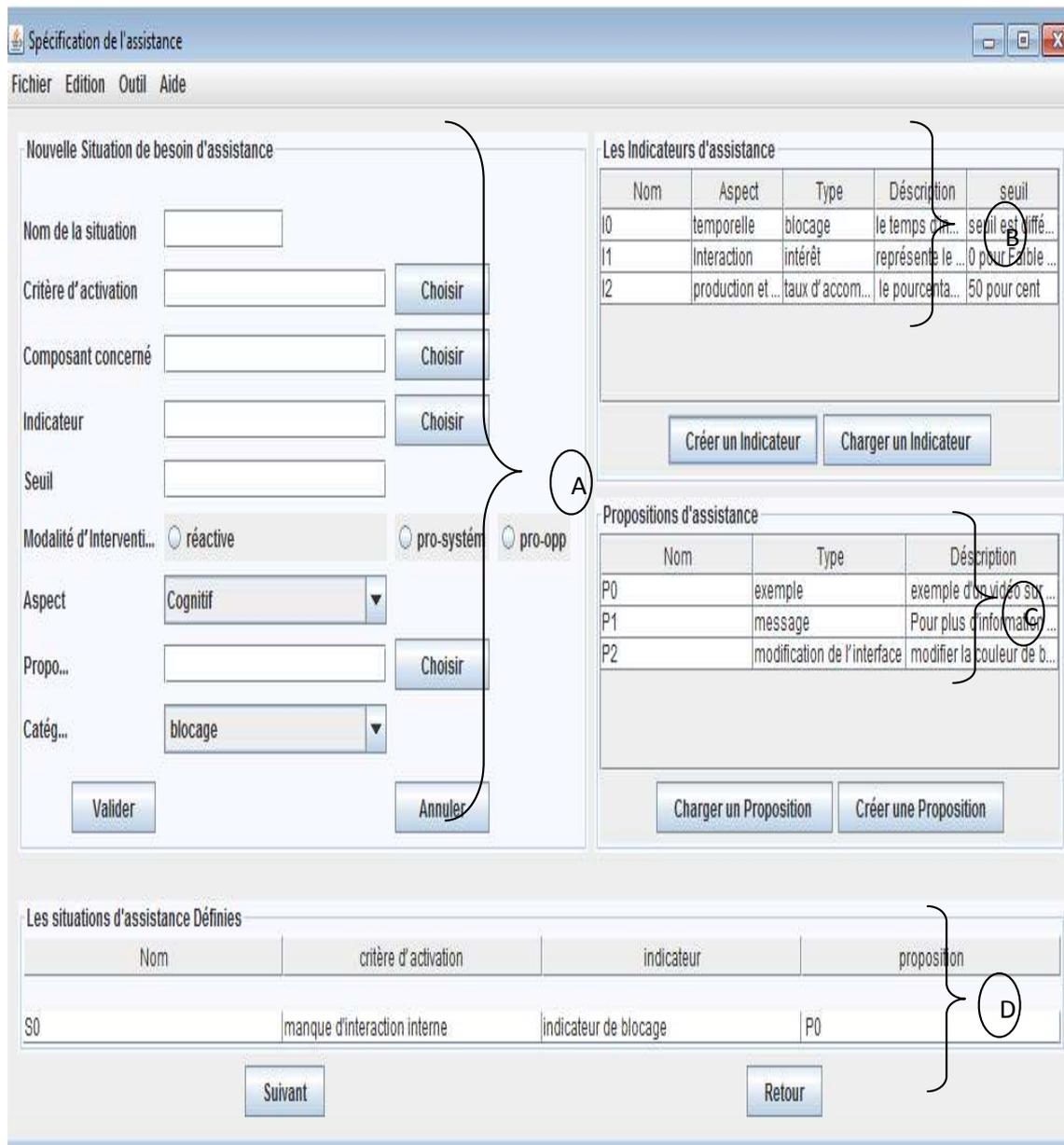


Figure 6. 4 : Spécification de l'assistance.

La figure 6.4 montre l'interface de spécification d'une assistance. Elle comprend quatre (04) parties : La partie **A** permet la création d'une nouvelle situation de besoin d'assistance ; Les parties **B** et **C** présentent respectivement les indicateurs et les propositions d'assistance créés ; et la partie **D** présente les situations d'assistance définies.

Dans la partie **A**, chaque situation est caractérisée par un ensemble de paramètres prédéfinis. Le concepteur de l'assistance doit spécifier leurs types et leurs seuils, ainsi que certaines informations supplémentaires.

Par exemple, dans le cas où le concepteur propose une situation de difficulté de type blocage, au début, il doit spécifier son signe de détection (critère d'activation), ainsi, il doit

choisir, parmi la liste des indicateurs (prédéterminés par le système d'assistance) un indicateur propice à cette situation qu'est l'indicateur du temps d'inactivité. Cet indicateur est variable selon le type de la tâche (la durée d'inactivité d'une tâche de *Lecture* n'est pas la même que pour une tâche de *Réalisation d'un devoir* ou *d'un exercice*). Pour cela, le concepteur doit identifier un seuil pour chaque indicateur et il doit aussi spécifier l'aspect et la catégorie de la situation, ainsi que le composant concerné pour faciliter, d'un côté, l'indexation des situations dans l'étape de création, et d'un autre côté, la recherche de situations similaires à la situation problématique dans l'étape d'exécution de l'assistance.

6.5. Exécution de l'Assistance sous MISNA

Le système d'assistance spécifié à l'aide de l'éditeur de MISNA peut être exécuté de manière automatique. Pour permettre une telle exécution, nous avons fait appel, d'une part, à un keylogger, capable de surveiller l'environnement d'apprentissage et de collecter les traces des apprenants et d'autre part, à un détecteur d'assistance capable de détecter les situations de besoins d'assistance et de fournir l'assistance aux apprenants sous des formes diverses.

6.5.1. L'outil de collecte de traces « *Keylogger* »

Afin de permettre la mise en place d'une assistance active finement contextualisée dans un environnement d'apprentissage à distance, il est nécessaire d'accéder à certaines informations relatives à l'environnement, et particulièrement, aux interactions entre l'apprenant et l'interface de cet environnement. En effet, il est difficile de proposer une assistance pertinente et contextualisée sans avoir accès à traces. Pour cette raison, nous nous sommes intéressés à la surveillance de l'environnement d'apprentissage par l'outil de collecte de traces *Keylogger*.

Le *Keylogger* est un programme, installé sur la machine de l'apprenant, chargé d'enregistrer toutes les actions et les activités que celui-ci réalise durant son parcours. En effet, comme nous l'avons signalé dans notre démarche, afin de considérer l'ensemble des interactions, en local et sur le Web, effectuées par l'apprenant dans l'environnement d'apprentissage, nous avons adopté une approche centrée-Utilisateur. Parmi les programmes de collecte disponibles en version gratuite, nous avons choisi « *Minikey* », car il permet de configurer les données à observer, et affiche un message d'alerte pour des raisons de confidentialité et de protection de la vie privée de l'apprenant.

Minikey est un outil qui enregistre toutes les interactions réalisées par l'apprenant dans un fichier de type *log* au format XML. Dans notre cas, les traces doivent être transformées au format présenté en section 5.2 pour pouvoir être traitées par MISNA. De plus, elles doivent

subir un processus de prétraitement afin d'éliminer le bruit, réalisée par à un processus de traitement des traces.

6.5.2. Processus de Traitement des Traces

Les traces collectées par *Minikey* sont des traces numériques. Elles contiennent des informations riches concernant les interactions des apprenants. Cependant, la quantité des traces collectées est très importante et sont très détaillées, ce qui rend le processus d'analyse difficile. Pour cela, un mécanisme de transformation est nécessaire afin d'obtenir un volume de traces adéquat avec un bon niveau de granularité. Notre outil de traitement s'appuie sur le processus de transformation défini par N. Bousbia dans [BOU11].

Le processus comprend trois (03) étapes :

- 1. Etape de Nettoyage** : la première étape du processus de traitement consiste à éliminer le bruit :
 - page non trouvée : erreur 403, 404, etc. ;
 - programme à ne pas inclure dans le traitement des traces : l'outil de collecte, les programmes de messagerie instantanée (tchat), etc. ;
 - pages intermédiaires de l'environnement, tels que les pages de traitement des formulaires de connexion, etc.
- 2. Etape de Filtrage** : il s'agit de filtrer les pages pour ne garder que celles ayant une URL valide (respectant le format standard des URL).
- 3. Etape de Transformation** : dans cette étape, si le fichier *log* en entrée ne correspond pas au modèle de traces proposé, il subit des transformations. Dans un premier temps, des numéros sont affectés aux actions selon leur ordre d'apparition. Par la suite, ces actions sont regroupées par URL. A partir du log source, tous les attributs demandés sont récupérés dans notre modèle. Les informations supplémentaires trouvées par action sont mises en observation (par exemple : le texte copié s'il s'agit d'une action de type copier).

Après la mise en forme des traces collectées, selon notre format, elles passent en entrée du détecteur de difficultés.

6.5.3. Le Détecteur d'Assistance

Dans le but de fournir aux apprenants une assistance personnalisée et d'une manière proactive, nous avons développé un détecteur de besoin d'assistance. Ce détecteur exploite la base des situations d'assistance créée dans la phase de spécification et la base de traces

d'interactions modélisée pour identifier les apprenants en difficultés.

Au fil du déroulement de l'apprentissage, lorsqu'un signe d'une situation d'assistance est détecté, le détecteur lance le processus de transformation afin de déterminer certains paramètres sur cette situation problématique (composant concerné, aspect et catégorie de la situation). Ces informations seront la source de connaissances pour le processus de sélection qui sert à les exploiter pour sélectionner la situation convenable à la situation problématique. A l'issue de cette sélection, le détecteur lance le processus de calcul des indicateurs. Après la confrontation entre la valeur de l'indicateur et la valeur du seuil, le détecteur décide, soit de lancer le processus d'exécution pour réaliser la ou les propositions associées à cette situation, soit de l'ignorer.

6.5.3.1. Calcul des Indicateurs de Difficultés d'Apprentissage

Un processus de calcul est créé pour chaque indicateur et selon le type de ce dernier, nous vérifions d'abord si tous les paramètres nécessaires pour son calcul sont présents. Dans le cas où la liste des paramètres n'est pas disponible, le processus se met en attente. Autrement, le processus fait appel à la méthode de calcul correspondante à cet indicateur.

6.5.3.2. Les Propositions d'Assistance

Nous avons également élaboré un processus de propositions d'assistance, capable de réaliser dans un environnement d'apprentissage, des assistances proposées par MISNA et défini à l'aide de son éditeur. Nous avons adopté trois (03) actions d'assistance : *les messages*, *les exemples*, et *la modification de l'interface*, associées aux composants de l'environnement.

↳ Les Messages

Un *message* d'assistance permet de transmettre à l'apprenant une information, un conseil, une instruction, ...etc. Notre processus de proposition permet au concepteur de l'assistance de définir des messages très variés finement personnalisables, et permet aussi de les afficher dans une fenêtre Pop-Up.

Une action de type *message* prend en paramètres un contenu (le message à transmettre), et éventuellement un mode de transmission : textuel, vocal ou les deux. Dans notre cas, nous avons opté pour le mode textuel. Un message écrit est affiché dans une fenêtre Pop-Up et il peut être associé à des paramètres optionnels de durée d'affichage et de position sur l'écran, ainsi qu'à d'autres paramètres optionnels : la mise en forme et le titre pour un message affiché par une fenêtre Pop-Up.

À titre d'exemple, la figure 6.5 illustre l'exécution d'une action d'assistance de type *message* pour un apprenant de PowerPoint. Il s'agit d'un message écrit dont le mode de transmission est une fenêtre Pop-Up.



Figure 6.5 : Interface d'exécution d'une action d'assistance de type message [BEG16].

↳ Mise en valeur

Une *mise en valeur* est une modification de l'interface qui permet d'attirer l'attention de l'apprenant sur un composant donné. Pour réaliser une action d'assistance de ce type dans un environnement d'apprentissage, nous avons mis en valeur un composant en l'entourant, en le colorant ou en affichant un symbole à côté. Les actions de *mise en valeur* d'un composant prennent en paramètre l'identifiant du composant à mettre en valeur.

Une action de *mise en valeur* est également associée à un paramètre optionnel, le *type* de mise en valeur (entourer, colorer, afficher un symbole), et à un ensemble de paramètres optionnels selon le type de mise en valeur choisi. Le paramètre optionnel *direction* (par la gauche, par la droite, par le haut, par le bas) peut être spécifié pour les mises en valeur impliquant l'affichage d'un symbole.

6.6. L'Environnement d'Exécution

Pour valider l'approche de calcul des indicateurs révélateurs de difficultés et la possibilité de fournir une assistance proactive adaptée et personnalisée à partir de la détection de situations de besoin d'assistance et l'identification des apprenants en difficulté, nous avons développé un environnement Web comprenant les formes et les moyens d'assistance.

L'environnement est dédié aux étudiants de fin de cycle de 3^{ème} année de Licence en Communication dans la spécialité « Organisation » de la faculté des Lettres et Sciences Humaines de l'Université Badji Mokhtar de Annaba en Algérie. Il devra assister les étudiants dans la préparation des diapositives de présentation de leur projet de fin d'études (Figure 6.6).

A la fin de leur cursus universitaire, les étudiants sont appelés à réaliser une présentation scientifique et pédagogique à l'aide d'un logiciel de bureautique (en l'occurrence PowerPoint de MS-OFFICE) où ils devront présenter leur projet de mémoire de fin d'études. Pour préparer les étudiants à cette tâche, des sessions TP ont été proposées, et sont supervisées par des enseignants en informatique. Cependant, chaque année, les enseignants constatent des problèmes concernant la maîtrise de la méthodologie de la préparation des présentations, plus les problèmes de prise en main et d'utilisation de logiciels informatiques (PowerPoint). L'environnement proposé offre ainsi aux étudiants un outil qui permet de les accompagner et de les assister en fournissant des explications et des exemples (un savoir-faire) en complément aux notions de base (le savoir) données en cours magistral.



Figure 6.6 : L'Interface de l'environnement MISNA [BEG16].

6.7. Scénario d'Usage

L'idée principale pour la conception d'une assistance pédagogique spontanée se base sur la détermination du moment adéquat de l'intervention. Cet aspect prend en compte les interactions entre l'apprenant et les acteurs de l'environnement d'apprentissage et entre l'apprenant et le contenu pédagogique.

Nous distinguons six (06) acteurs pour l'outil d'assistance MISNA: l'apprenant,

l'enseignant, le concepteur d'assistance, le système d'apprentissage, le keylogger et le système d'assistance.

- L'*Apprenant*, le principal acteur
- L'*enseignant* tient le rôle d'un fournisseur de connaissances dans la mise en place d'un cours.
- Le *concepteur de l'assistance* tient le rôle d'un créateur de contenu de l'assistance sous forme d'un ensemble de situations d'assistance (situations problématique et proposition d'assistance).
- Le *système d'apprentissage* contient le cours avec tous les outils mis à disposition pour l'utiliser.
- Le *keylogger* récupère toutes les interactions entre le système d'apprentissage et l'apprenant.
- Le *système d'assistance* possède une vue d'ensemble, il réceptionne les requêtes de l'apprenant (assistance réactive), traite celles-ci en fonction de ces besoins spécifiques (ses objectifs, ses connaissances, ses capacités et ses préférences) et il détecte, aussi, les difficultés de l'apprenant grâce aux indicateurs révélateurs (assistance proactive).

- **Scénario d'Apprentissage**

L'enseignant a conçu son cours; le concepteur d'assistance définit l'assistance souhaitée pour le cours en question; l'apprenant possède une certaine expérience d'apprentissage dans le cadre de ce cours avec cet outil; le système d'apprentissage détermine le point de reprise où l'apprenant s'est arrêté lors de la dernière session et choisit une notion dans la continuité de l'enseignement fourni et lui présente un choix de tâches (réalisation d'une présentation) traitant de cette notion à acquérir. Lors de la réalisation de cette présentation, un terme fait référence à une notion qui pose problème : soit elle n'a jamais été vue, soit l'apprenant n'arrive pas à exploiter correctement les connaissances nécessaires qu'il a déjà acquises. Il a donc besoin d'assistance, le système détecte ce besoin grâce au signe de déclenchement (durée d'inactivité). Dans le premier cas, le système d'assistance lance un processus de recherche pour désigner le terme problématique, après il propose une présentation de la notion pour rattraper la lacune. En cas d'échec de l'exploitation, que le système d'assistance détecte à partir d'autres signes de déclenchement (le signe de non accomplissement de tâche et le signe d'avancement), le système doit traiter cette situation problématique pour trouver la proposition d'assistance la plus adaptée.

Premièrement, Le détecteur de difficultés lance le processus de recherche afin de

déterminer certains paramètres sur cette situation (composant concerné, l'aspect et la catégorie de la situation), ces paramètres seront la source de connaissances pour le processus de sélection, afin de sélectionner la ou les situations conformes à la situation problématique (les situations sélectionnées sont triées selon le degré de pertinence par ordre décroissant). Une fois que la situation pertinente est sélectionnée, les indicateurs associés à elle seront calculés par le processus de calcul, et leurs valeurs seront confrontées aux seuils. A l'issue de cette confrontation, le détecteur décide, soit de lancer à nouveau le processus de calcul pour la situation sélectionnée suivante, soit de lancer le processus d'exécution pour exécuter et présenter la ou les propositions d'assistance associées à la situation. Enfin, L'apprenant peut alors réussir la mémorisation et l'apprentissage et achever sa tâche, ou non. Dans ce cas, le détecteur lance à nouveau le processus de calcul et de confrontation de situations de la liste sélectionnée jusqu'à ce que l'assistance soit efficace et pertinente.

Le système d'assistance mémorise cette situation (le terme problématique, la situation problématique et la proposition d'assistance) pour renforcer et enrichir le détecteur de difficultés.

6.8. Conclusion

L'éditeur d'assistance de MISNA permet la spécification de systèmes d'assistance variés. Il est destiné au concepteur de l'assistance, qui n'est pas naturellement un informaticien. Il fournit une interface qui permet de manipuler l'ensemble des composants du modèle IMAC, et particulièrement, pour définir un ensemble de situations d'assistance selon le format défini.

L'éditeur d'assistance fournit également une interface pour la description de l'environnement d'apprentissage, la définition, la consultation et la mise à jour des composants, et une autre interface pour la définition, la consultation et la mise à jour des propositions d'assistance et des situations problématiques,

Le détecteur de situations de difficulté de MISNA permet l'exécution de systèmes d'assistance définis par un ensemble varié de situations d'assistance modélisées par le modèle IMAC pour les apprenants des environnements d'apprentissage. Il met en œuvre le modèle IMAC et les indicateurs révélateurs de difficultés définis par le concepteur.

Il permet aussi de fournir de l'assistance à l'apprenant sous multiples formes, correspondant aux propositions d'assistance proposées dans le modèle IMAC. Cette richesse des actions d'assistance possibles permet une adaptation fine de l'assistance aux souhaits de son concepteur et aux spécificités des apprenants.

Nous avons également présenté l'environnement et l'espace de déroulement de nos expérimentations. Dans le chapitre qui suit, nous présenterons les résultats obtenus pour la validation de notre approche et des différents choix conceptuels adoptés.

Partie 3 :

Expérimentation

Chapitre 7 :L'Expérimentation

Chapitre 7 :

L'Expérimentation

✓ Objectif du chapitre

Présenter les différents aspects et la méthodologie adoptée dans l'expérimentation menée pour l'évaluation de notre démarche théorique et sa mise en œuvre à travers l'outil MISNA.

✓ Points clés

Nous allons présenter, d'une part, les différents aspects à évaluer pour valider nos propositions théoriques et leur mise en œuvre qui concernent la pertinence de l'approche d'assistance, le modèle IMAC, les indicateurs de traces d'interactions, l'outil MISNA, et l'assistance fournie. Nous détaillerons chacun de ces aspects à évaluer et nous présenterons la méthodologie d'évaluation envisagée, ainsi que les critères de validation associés et les évaluations menées.

Nous avons mené plusieurs expérimentations avec des concepteurs d'assistance, informaticiens et non-informaticiens, dans lesquelles ils avaient utilisé le modèle IMAC puis l'éditeur de MISNA pour décrire l'environnement d'apprentissage et pour spécifier un système d'assistance. Une autre expérimentation, impliquant des apprenants dans l'environnement d'apprentissage concernant l'utilisation d'un logiciel de bureautique (PowerPoint), utilisé dans un contexte pédagogique, pour évaluer la capacité du modèle IMAC et de sa mise en œuvre, à travers MISNA, à fournir une assistance spontanée et acceptée par les apprenants.

Chapitre 7 :

L'Expérimentation

7.1. Introduction

Les travaux de cette thèse ont abouti à des propositions théoriques visant à permettre la mise en place d'un système d'assistance dans un environnement d'apprentissage à distance. Ces propositions ont été mises en œuvre à travers l'outil MISNA.

Ce chapitre est consacré à l'évaluation de nos propositions théoriques et de leur mise en œuvre. Nous présentons tout d'abord une synthèse des différents aspects à évaluer pour valider nos propositions et nos contributions théoriques, ainsi que leurs mises en œuvre. Pour chaque aspect, un tableau qui synthétise les méthodes d'évaluations, les critères de validation associés et les évaluations munies est proposé. Enfin, nous présenterons de manière détaillée les différentes expérimentations que nous avons conduites.

7.2. Méthodologie d'évaluation

7.2.1. Pertinence de l'approche

L'objectif étant de permettre la mise en place d'un système d'assistance active dans des applications informatiques dédiées spécifiquement à l'apprentissage en adoptant une approche à base de traces d'interactions. Pour déterminer la pertinence de l'approche, plusieurs questions ont été soulevées (Tableau 7.1) :

- Premièrement, existe-t-il une situation de difficulté et de besoin d'assistance dans les environnements d'apprentissage ?
- Deuxièmement, existe-t-il un désir de mettre en place de l'assistance dans des environnements d'apprentissage de manière proactive, basée sur la détection de difficultés ?
- Troisièmement, une telle approche est-elle réalisable ?, si oui, sera-elle adoptée par les apprenants ?

Aspects à évaluer	Méthodes d'évaluation	Critères de validation	Évaluation menée
<i>Existence d'une situation de besoin d'assistance</i>	Questionnaire auprès des apprenants	Des apprenants expriment un besoin d'assistance	Questionnaire auprès des apprenants durant les expérimentations (sur PowerPoint)
<i>Existence d'une volonté de mise en place d'une assistance proactive</i>	Questionnaire auprès des enseignants ayant une expertise dans le domaine des environnements d'apprentissage et de l'assistance pédagogique.	Identification de situations dans lesquelles des apprenants ont des difficultés d'apprentissage et qui souhaitent la mise en place d'une assistance pédagogique	Questionnaire auprès des enseignants ayant une expertise dans le domaine des environnements d'apprentissage et de l'assistance pédagogique.
<i>Faisabilité et adoption de l'approche</i>	Implémentation de l'approche proposée	Mise en place de systèmes d'assistance pédagogique dans un environnement d'apprentissage.	Implémentation de l'approche proposée dans l'outil MISNA

Tableau 7.1 : Évaluation de la pertinence de l'approche.

7.2.2. Le Modèle IMAC

Une des principales contributions théoriques de notre travail est le modèle IMAC, qui permet la définition et la modélisation de situations d'assistance très variées pour des environnements d'apprentissage. Nous avons cherché à évaluer d'une part sa couverture et son utilisabilité et d'autre part son intérêt pour faciliter la définition de systèmes d'assistance pour les concepteurs d'assistance (Tableau 7.2).

Aspects à évaluer	Méthodes d'évaluation	Critères de validation	Évaluation menée
<i>Couverture et utilisabilité du modèle IMAC</i>	Expérimentation avec des concepteurs d'assistance : définition de systèmes d'assistance à l'aide du modèle IMAC	Définition de systèmes d'assistance par des concepteurs d'assistance, informaticiens et non informaticiens	Expérimentation avec des concepteurs d'assistance : utilisation du modèle IMAC
<i>Intérêt du modèle IMAC pour faciliter la spécification de systèmes d'assistance</i>	Questionnaire auprès des concepteurs d'assistance utilisant le modèle IMAC pour définir une assistance pédagogique	Les concepteurs d'assistance jugent que l'utilisation du modèle IMAC facilite la définition de l'assistance, et qu'il permet à des concepteurs d'assistance de définir une assistance pédagogique adéquate pour les apprenants.	Questionnaire auprès des concepteurs d'assistance utilisant le modèle IMAC.

Tableau 7.2 : Évaluation de la pertinence du modèle IMAC.

7.2.3. L'Outil MISNA

Afin de mettre en œuvre la phase de spécification de l'assistance du processus de conception d'un système d'assistance pour un environnement d'apprentissage, nous avons développé un éditeur d'assistance. Cet outil propose deux interfaces, une pour permettre à des concepteurs d'assistance de décrire l'environnement d'apprentissage et une autre, pour définir un système d'assistance composé d'un ensemble de situations d'assistance basées sur le modèle IMAC.

Pour évaluer cette proposition opérationnelle, nous devons évaluer, d'une part son utilité et d'autre part son utilisabilité par des concepteurs d'assistance, qu'ils soient informaticiens ou non.

Afin de mettre en œuvre la phase d'exécution de l'assistance, nous avons développé un détecteur d'assistance qui s'appuie sur trois (03) modules : un outil pour la collecte de traces, qui permet de collecter les traces d'interactions des apprenants avec l'environnement d'apprentissage, un outil de calcul d'indicateurs, capable de déterminer les indicateurs révélateurs de difficultés rencontrées par les apprenants, et un outil d'assistance, capable de réaliser des actions d'assistance dans l'environnement.

Afin d'évaluer l'exécution de l'assistance dans MISNA, nous devons tout d'abord montrer que MISNA permet l'exécution des situations d'assistance, ensuite, nous devons évaluer la satisfaction des apprenants vis-à-vis de l'assistance proposée (Tableau 7.3).

Aspects à évaluer	Méthodes d'évaluation	Critères de validation	Évaluation menée
<i>Utilité et Utilisabilité de l'éditeur d'assistance de MISNA</i>	Expérimentation avec des concepteurs d'assistance : description de l'environnement d'apprentissage	Utilisation avec succès de l'éditeur de MISNA par des concepteurs d'assistance	Expérimentation avec des concepteurs d'assistance : utilisation de l'éditeur de MISNA
	Expérimentation avec des concepteurs d'assistance : définition de systèmes d'assistance	Définition avec l'éditeur de MISNA des situations d'assistance répondant aux choix et aux souhaits des concepteurs	Expérimentation avec des concepteurs d'assistance : utilisation de l'éditeur de MISNA
<i>Exécution de l'assistance avec MISNA</i>	Expérimentation : exécution d'assistance avec MISNA	L'assistance exécutée correspond aux attentes des concepteurs d'assistance	Expérimentation avec des concepteurs d'assistance : définition puis exécution de l'assistance avec MISNA
<i>Acceptation et Efficacité de l'assistance fournie</i>	Expérimentation avec des apprenants	satisfaction des apprenants vis-à-vis de l'assistance proposée	Expérimentation avec des apprenants : satisfaction des apprenants.

Tableau 7.3 : Évaluation de la pertinence de l'outil MISNA.

7.3. L'Expérimentation

Afin d'évaluer les différents aspects de nos propositions, nous avons conduit trois expérimentations de différentes d'aspects :

7.3.1. Spécification de systèmes d'assistance avec MISNA

7.3.1.1. Utilisation du format MAT pour la description de l'environnement d'apprentissage

Nous avons demandé aux enseignants de la matière « *Méthodologie* » de travailler en

collaboration avec les enseignants de la matière « *Informatique* » en utilisant l'interface de description de MISNA pour décrire le contenu qu'ils souhaitent proposer à leurs apprenants, sous le format MAT (Module, Activité et Tâche).

Le but de cette collaboration est de décrire l'environnement d'apprentissage aussi bien le coté pédagogique, que le coté technique et administratif. A l'issue de cette phase de description, nous avons obtenu comme résultat, une représentation structurée pour notre formation constituée de six (06) modules : *Inscription* et *Connexion*, *Paramètres*, *Techniques de Réalisation*, *Préparation de la présentation*, *Réalisation* et en fin, *Composition et Animation des diapositives*. Chaque module se compose d'une ou de plusieurs activités, et chaque activité se compose, aussi, d'une ou de plusieurs tâches. Pour exemple, le module *Paramètres* se compose de deux activités : *Paramètres de MISNA* et *Paramètres d'apprentissage*. La première activité, *Paramètres de MISNA* se compose elle-même de deux tâches : *Paramètres d'utilisation de MISNA* et *Paramètres du contact* (Figure 7.1).

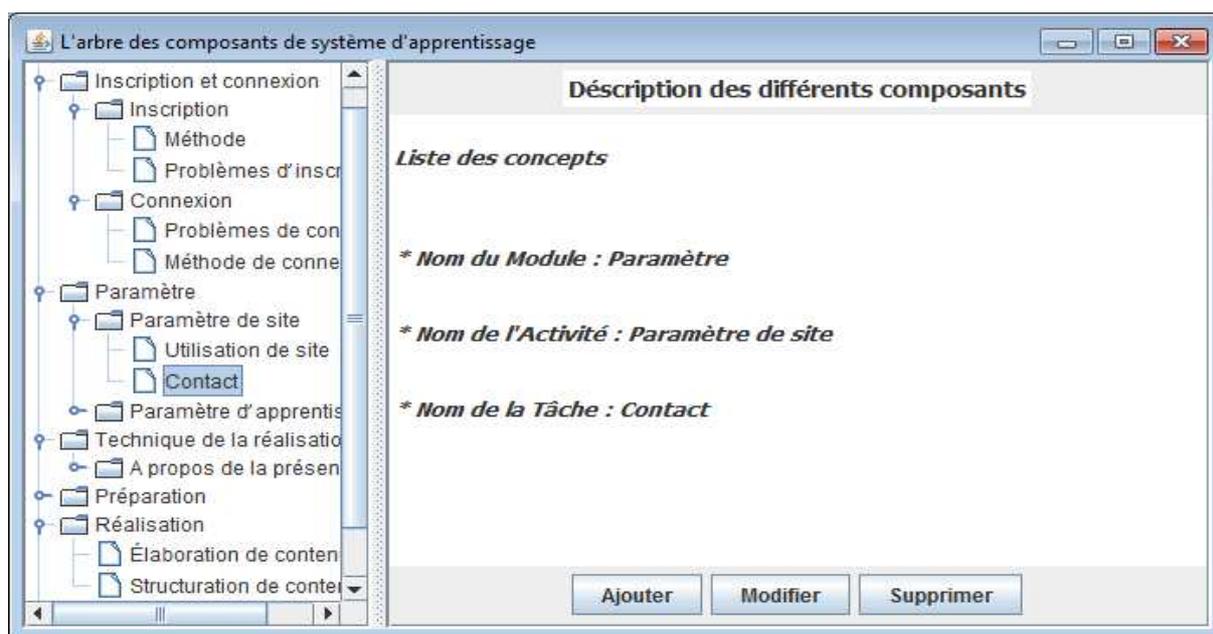


Figure 7. 1 : L'arbre des composants du système d'apprentissage [BEG16].

7.3.1.2. Création de Situations d'Assistance avec le Modèle IMAC

Dans une deuxième étape, nous avons demandé à notre équipe de concepteurs d'assistance (les enseignants des deux matières : *Informatique* et *Méthodologie*) de passer à la deuxième phase de l'expérimentation, phase de spécification du système d'assistance. Grâce à l'interface de spécification de MISNA, les concepteurs ont pu définir 112 situations d'assistance, 51 indicateurs, 67 seuils et 138 propositions. Les situations de besoins

d'assistance sont de différents types (*Pédagogique, Technique, Cognitif, Méthodologique*) et les propositions produites sont de type *Message, Modification de l'interface* et *Exemple*. Le contenu des messages est soit des propositions de pré-requis, soit des explications des étapes à suivre (Figure 7.2).

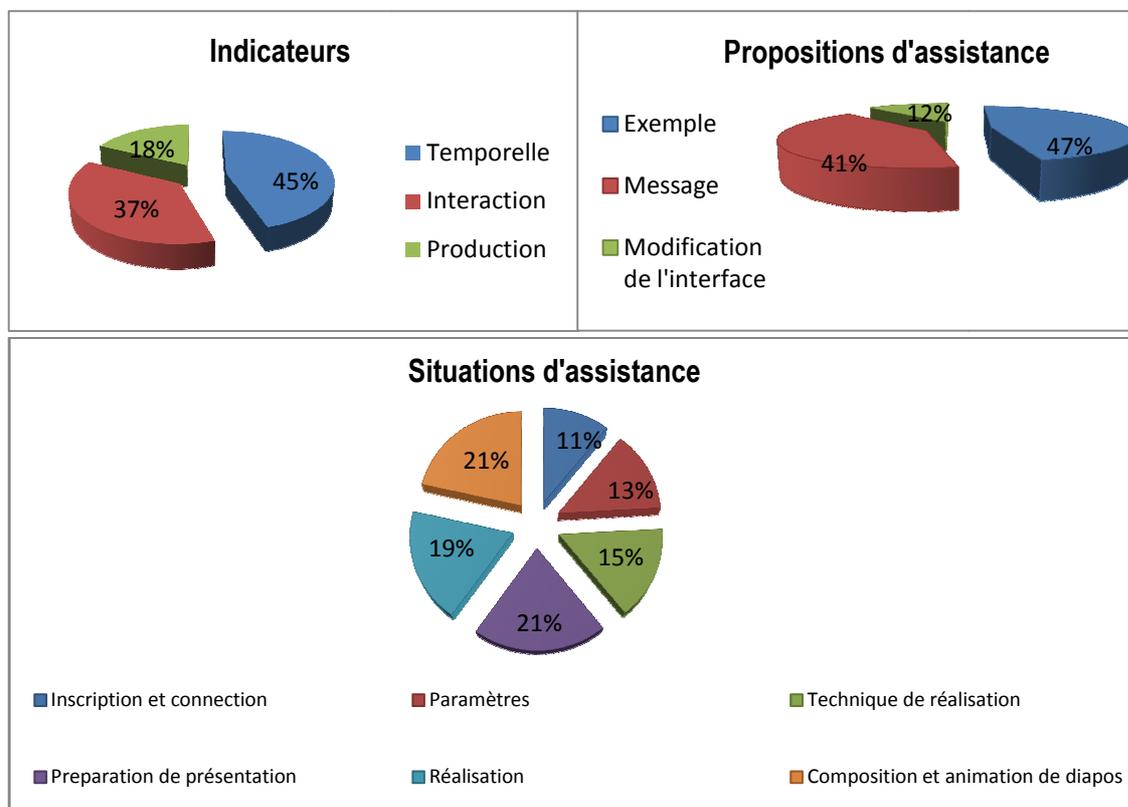


Figure 7.2 : Résultats de la phase de spécification [BEG16].

Nous remarquons que la majorité des propositions est soit de type *Exemple* ou de type *Message*, ce qui signifie probablement, que les concepteurs jugent que ces deux types sont les plus adaptés au style d'apprentissage de leurs étudiants.

7.3.2. Exécution du système d'assistance avec l'outil MISNA

Nous avons réalisé une expérimentation avec l'outil MISNA dans laquelle un système d'assistance a été intégré afin d'évaluer l'utilité, l'efficacité et l'acceptation de l'assistance fournie.

Nous avons demandé aux étudiants d'utiliser l'environnement de formation pendant une session de TP d'une durée d'une heure et demie. Nous avons mené l'expérimentation auprès de 40 étudiants, repartis en deux (02) groupes de 20 correspondant au nombre de machines disponibles. Les étudiants devaient réaliser une présentation professionnelle (avec PowerPoint) à partir de textes proposés portant sur le domaine de la communication. Les

textes proposés sont des thèmes d'exposés réalisés par les étudiants liés à la thématique. À la fin de la création de la présentation, les participants étaient invités à remplir un questionnaire portant sur leur expérience d'utilisation de l'outil MISNA afin de mesurer l'apport des interventions et des propositions d'assistance, où ils donnent leur point de vue sur la pertinence de chaque intervention par un avis de satisfaction ou de non-satisfaction.

7.3.3. Résultats de l'expérimentation

Les 40 apprenants qui composent l'échantillon ont été répartis en trois (03) groupes (Tableau 7.4):

- ✎ **Groupe 1** composé de profils d'apprenants de type **Fort** : chaque apprenant a bénéficié de 1 à 5 interventions : 67% proactives et 33% réactives, avec un taux de 78,37% de *satisfaction*.
- ✎ **Groupe 2** composé de profils d'apprenants de type **Moyen** : chaque apprenant a bénéficié de 5 à 8 : 80% proactives et 20% réactives, avec un taux de 76,22% de *satisfaction*.
- ✎ **Groupe 3** composé de profils d'apprenants de type **Faible** : chaque apprenant a bénéficié de 8 à 12 interventions : 87 % proactives et 23% réactives, avec un taux de 82,85% de *satisfaction*.

	Nb-Apprenants	NB Interventions / apprenant	Type de Profils	Nb-interventions	Nb-interventions Réactives	Nb-interventions Proactives	Satisfaits	Non-Satisfaits
<i>Groupe 1</i>	10	1 - 5	Fort	37	12	25	29	8
<i>Groupe 2</i>	20	5 - 8	Moyen	122	24	98	93	29
<i>Groupe 3</i>	10	8 - 12	Faible	105	13	92	87	18
<i>Total</i>	40			264	49	215	209	55

Tableau 7.4 : Synthèse de l'expérimentation et des résultats [BEG16].

Les figures (Figure 7.3, Figure 7.4) présentent respectivement le taux des interventions proposées dans MISNA et les résultats du questionnaire de satisfaction (Annexe C)

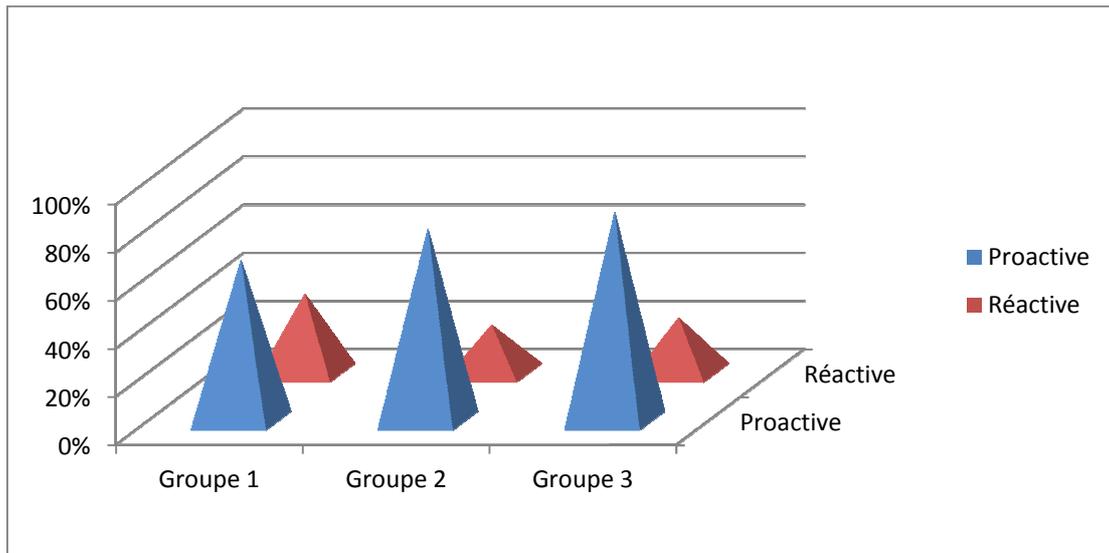


Figure 7.3 : Taux des interventions proposées dans MISNA.

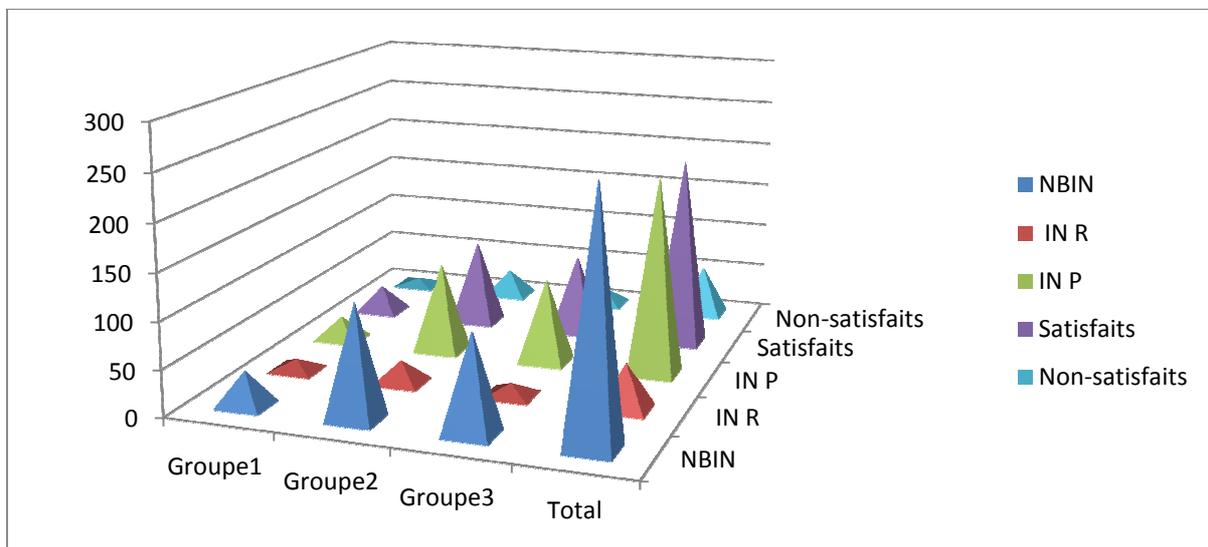


Figure 7.4 : Taux de satisfaction et le nombre d'interventions, réactives et proactives.

NBIN : nombre d'interventions, INR : nombre d'interventions réactives, INP : nombre d'interventions proactive, Satisfaits : nombre des apprenants satisfaits par les interventions d'assistance, Non-Satisfaits : nombre des apprenants non-satisfaits par les interventions d'assistance

7.3.4. Analyse des Résultats

- Le questionnaire de satisfaction révèle que les apprenants sont relativement satisfaits par les interventions d'assistance, en particulier par celles qui ont été déclenchées suite à une alerte provenant d'indicateurs de nature interaction et temporalité. Ces indicateurs ont permis de repérer facilement les apprenants qui se sont perdus dans l'environnement d'apprentissage et ceux qui ont pris beaucoup de temps pour réaliser leurs tâches. L'indicateur de blocage et du taux d'interactivités nous ont permis d'avoir une vue globale

sur le type et la nature des interactions des apprenants. Cette observation a permis de déterminer la durée effective de l'apprentissage et de distinguer les situations d'abandon des situations de blocage. Ces indicateurs révèlent que la similarité sémantique entre le cours proposés et le contenu des pages visités pendant le temps d'inactivité est très élevée, ce qui prouve que 87% des situations d'inactivité sont des situations de *besoin d'assistance*. Ces résultats paraissent en accord avec les études de A. Copabianco et *al.* dans [COP06] lorsqu'ils ont estimé que les novices préfèrent recourir à la formation pour acquérir les connaissances nécessaires à l'utilisation des logiciels, et les utilisateurs occasionnels font appel à leurs collègues pour sortir d'une situation de blocage.

- Les trois indicateurs «*degré d'engagement cognitif*», «*taux de correspondance*» et «*indicateur d'intérêt*» ont permis de révéler les apprenants qui perdent leur motivation face aux difficultés qu'ils rencontrent pendant les sessions d'apprentissage. Cependant 40% des interventions d'assistance repérées par *l'indicateur d'intérêt* sont rejetées par les apprenants, ce qui indique que l'apprenant a *un faible intérêt*, mais cela ne signifie pas qu'il est dans une situation de difficulté, peut être seulement dans une situation de changement de tâche ou de passage à une autre étape. Pour *l'indicateur du degré d'engagement cognitif*, les résultats démontrent que la majorité des apprenants utilisent la même stratégie d'apprentissage, en profondeur moyen, ce qui nous place en contradiction avec la règle de base qui indique que «*chaque personne a sa propre stratégie d'apprentissage* ». Ces résultats nous ont poussés à examiner d'autres indicateurs comme *l'indicateur d'accomplissement et de progression* pour ces situations critiques.
- L'analyse des résultats nous permet de constater que 25% des apprenants utilisent une stratégie en surface de l'apprentissage après l'accomplissement de leurs tâches. De ce fait, nous avons proposer de lier *l'indicateur d'engagement cognitif* à *l'indicateur d'accomplissement de tâche* pour distinguer l'apprenant en difficulté de celui qui parcourt tous les éléments de l'environnement à la recherche d'une vision globale. Aussi, concernant *l'indicateur de persévérance*, 89% des interventions d'assistance liées à cet indicateur sont acceptées par les apprenants, ce qui montre que la liaison entre le taux de correspondance et le taux d'accomplissement est fructueuse, ainsi que le taux de motivation.
- À l'issue de la deuxième phase de l'expérimentation, phase spécification du système, nous avons identifié des seuils préliminaires pour les indicateurs. Ainsi, au cours du déroulement de la troisième phase, certains seuils ont dû être modifiés selon la nature et les styles d'apprentissage adoptés par les sujets de l'expérimentation (cas des variables

identifiants l'indicateur de désorientation). En effet, le nombre élevé de solutions supplémentaires n'est pas toujours un signe de désorientation, il peut juste confirmer un style d'apprentissage. Les résultats confirment que les sujets *forts* répètent la même tâche, jusqu'à trois fois parfois, pour voir les différentes méthodes de solutions possibles et/ou pour bien mémoriser les instructions à suivre.

- Concernant la redondance et la lecture supplémentaire, l'analyse des résultats montre qu'un nombre important d'étudiants (65%) préfèrent relire les concepts acquis plus de deux fois avant d'entamer de nouveaux concepts.
- Enfin, pour le retour en arrière, nous avons remarqué que la valeur de la variable de redondance augmente dans les situations d'apprentissage des concepts similaires sémantiquement, sur la raison de la confrontation.

7.4. Conclusion

Nous avons présenté les différentes expérimentations menées afin d'évaluer et de valider les différents aspects de nos proposition. Notre contribution théorique a montré la faisabilité de notre approche générale de mise en place d'une assistance spontanée. De plus, nous avons montré que le modèle IMAC est utilisable pour définir des assistances variées et que son utilisation facilite le travail du concepteur de l'assistance.

Concernant la mise en œuvre à travers l'outil réalisé MISNA, nous avons en particulier démontré qu'il est utilisable pour mettre en place de l'assistance dans un environnement d'apprentissage à distance. Par ailleurs, nous avons montré que le modèle et les indicateurs d'apprentissage que nous avons proposé permettent aux différents concepteurs d'assistance de mettre en place une assistance spécifique, adaptée et qui soit adoptée par les apprenants.

Pour les aspects non encore évalués, nous envisageons de conduire ultérieurement de nouvelles expérimentations, complémentaires à celles déjà réalisées, pour achever la validation de notre approche.

Conclusion

Et

Perspectives

Conclusion et Perspectives

- **Bilan et Apports**
- **Comparaison avec des Travaux Connexes**
- **Perspectives**

Conclusion Générale

Cette thèse est consacrée à la thématique de l'assistance pédagogique. Nous avons apporté des réponses aux questions portant sur l'identification des types des indicateurs révélateurs de difficultés pour chaque situation de besoin d'assistance rencontrée par l'apprenant pendant son apprentissage et sur la proposition d'un environnement pouvant fournir ces différents types d'indicateurs, sans aucune compétence en programmation ou expertise dans le domaine de l'assistance pédagogique.

Bilan et Apports

Au début de ce manuscrit, nous avons mentionné que notre principal objectif est de concevoir et mettre en œuvre une approche d'assistance pédagogique spontanée, basée sur l'analyse des traces, dans une perspective de détection automatique des situations de besoins d'assistance rencontrés par les apprenants dans un environnement d'apprentissage à distance.

Pour réaliser cet objectif, nous avons proposé un modèle de modélisation, le modèle IMAC, qui constitue une première proposition à notre première problématique concernant l'identification des situations de besoins d'assistance. Il est composé des indicateurs de traces, qui révèlent les difficultés des apprenants, une modalité qui spécifie la forme d'intervention d'assistance, un Aspect qui détermine la dimension d'assistance et une catégorie qui indique le type d'assistance.

Pour identifier les indicateurs de traces, nous avons suivi la démarche classique de développement de système informatique, en commençant par l'analyse des besoins. Grâce à l'enquête que nous avons menée auprès des enseignants, ainsi qu'à l'étude de l'état de l'art, nous avons défini un ensemble d'indicateurs. Pour formaliser ces indicateurs, nous avons proposé de les classer selon trois (03) aspects : (1) les indicateurs de temps pour exprimer l'aspect temporel ;(2) les indicateurs sur les interactions des apprenants pour l'aspect interaction ; et (3) les indicateurs de production pour l'aspect production.

La formulation des indicateurs selon cette taxonomie peut être faite en identifiant les traces nécessaires à leur calcul, pour cela, nous avons senti le besoin d'adopter une collecte basée sur l'approche centrée Utilisateur pour avoir une perception réelle de toute l'activité de

l'apprenant durant les sessions d'apprentissage et en dehors de l'environnement.

L'objectif de notre travail n'est pas seulement de proposer un outil général qui puisse satisfaire le plus grand nombre d'apprenants dans la plupart des cas, mais de développer un outil capable de répondre à leurs besoins spécifiques. Pour cela, nous avons proposé une typologie d'une sélection des catégories des situations de besoins d'assistance existant dans la littérature afin de l'utiliser comme un composant du modèle IMAC adaptées à un environnement d'apprentissage à distance.

Sur la base de la typologie des situations de besoins d'assistance, nous avons proposé, pour chaque catégories de situation, un indicateur de traces pour sa révélation. Nous avons défini cinq (5) indicateurs révélateurs avec leurs seuils et leurs formules de calcul (indicateur de blocage, indicateur du taux d'accomplissement, indicateur de motivation, indicateur de désorientation et indicateur du taux d'aide). Le calcul de ces indicateurs nécessite parfois des indicateurs intermédiaires, tel que l'indicateur d'intérêt, l'indicateur du degré d'engagement cognitif et l'indicateur de la persévérance qui sont des indicateurs définis pour mesurer la motivation de l'apprenant.

Pour mettre en œuvre et valider notre approche, nous avons adopté une démarche épiphyte permettant d'une part, de greffer un système d'assistance sur un environnement d'apprentissage à distance sans perturber son fonctionnement et d'autre part, l'implémentation du modèle IMAC pour avoir la diversité d'indicateurs nécessaires à la révélation des situations de besoins d'assistance.

Nous avons proposé un outil désigné par MISNA composé d'un environnement d'apprentissage, qui est l'interface entre l'outil d'assistance et l'apprenant ; d'un éditeur d'assistance qui permet la description de l'environnement d'apprentissage selon la représentation MAT et la création des situations d'assistance selon le modèle IMAC ; d'un collecteur de traces d'interaction et d'un détecteur de situations de besoins d'assistance

L'architecteur du MISNA est une architecture évolutive permettant de définir de nouveaux indicateurs et de nouvelles situations d'assistance et de les réutiliser. Le prototype réalisé du système MISNA nous a permis de mener nos expérimentations.

Nous avons conduit trois (3) expérimentations diverses avec des concepteurs d'assistance dans lesquelles ils utilisent l'éditeur de MISNA pour la description de l'environnement d'apprentissage et la spécification de système d'assistance. Nous avons obtenu une représentation structurée pour notre cours constitué de six (06) modules comportant un

nombre important d'activités et de tâches. Des situations d'assistance, des indicateurs, des seuils et des propositions ont pu être obtenus à l'issue de la phase de spécification. Pour la troisième expérience, elle s'est déroulée avec des apprenants et portait principalement sur l'identification de situations de besoins d'assistance qui est l'objectif principal de notre approche et aussi, afin d'évaluer l'utilité et l'acceptation de l'assistance fournie.

Comparaison avec des travaux connexes

Notre travail a concerné les aspects suivants :

- **Assistance basée trace**

L'apport principal de notre approche est la proposition d'une assistance spontanée et contextualisée basée sur des indicateurs révélateurs bien définis. On trouve dans la littérature plusieurs travaux qui ont traité cet aspect, l'assistance à base de traces et d'indicateurs. L'approche Musette [CHA04] par exemple, utilise les traces d'interactions comme des conteneurs de connaissances qui permettent de conserver les expériences *d'utilisation* « en contexte » pour les réutiliser dans un système d'assistance basé sur le raisonnement à partir de traces (RàPT). K. Sahaba aussi, dans [SAH12], utilise les traces d'interaction comme sources de connaissances que le système peut exploiter pour générer des aides adaptées à leur utilisateur cible, et il propose une méthode d'extraction de connaissances d'adaptation à partir d'une base de traces représentant les activités de plusieurs utilisateurs. Dans [LE12], A-H. Le et *al.*, s'intéressent à la construction d'un moteur d'assistance à base de traces pour les utilisateurs de DSMW (Distributed Semantic Media Wiki). Ils ont proposé Collectra, un outil pour la collecte des traces d'interaction des utilisateurs qui constituait une source de connaissances riche pour construire des propositions d'assistances contextualisées et pour alimenter un moteur d'assistance selon le paradigme du RàPT. Ces démarches conçoivent l'assistance comme la capacité du système à fournir une réponse à un problème posé par l'utilisateur (l'apprenant). Cette conception de l'assistance est critiquée puisqu'elle demande également à l'apprenant, premièrement, de détecter qu'il est dans une situation de besoin d'assistance, et après, d'avoir la volonté de rechercher une réponse à son besoin d'assistance. Or, une situation problématique peut entraîner une démotivation de la part de l'apprenant, qui peut aboutir à un abandon de l'apprentissage. Pour dépasser ces limites, une alternative a été proposée qui consiste à identifier le besoin de l'apprenant et de lui proposer de manière proactive une ressource d'assistance répondant à ce besoin. C'est pourquoi, nous croyons qu'une stratégie d'intervention d'assistance basée sur l'identification des difficultés des

apprenants est une solution prometteuse.

- **La généralité de l'approche épiphyte**

Plusieurs travaux ont déjà traité le problème d'ajout *a posteriori* d'un système d'assistance à un environnement d'apprentissage quelconque, sans avoir à le redévelopper ou à le modifier et sans avoir accès à son code source [RIC04], [DUF06], [PAQ12], [GIN14]. Ces travaux adoptent une démarche entièrement épiphyte qui permet de greffer un système d'assistance sur un environnement d'apprentissage à distance sans perturber son fonctionnement. En effet, ces approches proposent également une phase de spécification de l'assistance par un concepteur, suivie d'une phase d'exécution de cette assistance pour les apprenants. Néanmoins, ces approches ne sont pas génériques, mais spécifiques, soit à un environnement donné, soit aux applications Web. De plus, ils ne mettent pas en œuvre toutes les techniques d'assistance.

En revanche, le système SEPIA adopte une approche d'assistance épiphyte et générique, et elle est ni spécifique à un environnement donné, ni aux applications Web [GIN14]. De plus, il propose des actions d'assistance très variées, pour correspondre aux souhaits des concepteurs d'assistance et pour permettre une adaptation fine de l'assistance en fonction des spécificités et de l'état de l'application-cible, ainsi que des spécificités des utilisateurs finaux.

Bien que l'idée de ce travail est proche de notre proposition où l'assistance définie sous forme d'un ensemble de règles d'assistance (événement déclencheur, condition, action, événement de fin), il reste que le système SEPIA a été conçu afin de répondre aux besoins d'assistance technique (des difficultés d'utilisation et de prise en main) et non pas pédagogique. Ainsi, il ne prend pas en compte les connaissances du domaine et il n'est pas accessible à des concepteurs pédagogiques non-experts, alors que notre proposition est plus indiquée pour proposer une assistance pédagogique plus que technique et qui soit aussi accessible à des concepteurs pédagogiques non-experts.

Perspectives

Les résultats de notre approche sont encourageants à plus d'un titre, mais nécessitent encore du développement et des tests approfondis pour aboutir à l'objectif final de détection automatique des difficultés d'apprentissage et de besoins d'assistance.

Le travail dégage plusieurs perspectives à court et à long terme dont on peut citer :

- A court terme
 - Le développement d'un outil de collecte de traces ;
 - Le développement d'un outil de description automatique de l'environnement d'apprentissage ;
 - La validation de la démarche proposée avec d'autres échantillons de plus grande taille, sur plusieurs sessions d'apprentissage et avec des méthodes de classification inspirée de l'analyse statistique ;
 - La généralisation de la démarche pour pouvoir l'utiliser dans différents environnements d'apprentissage ;
 - L'utilisation des techniques de *Data-Mining* pour l'estimation automatique des valeurs des seuils.

- À long terme

Nous pouvons améliorer nos résultats de deux manières : d'abord nous aspirons à proposer une :

✓ **Assistance personnalisée et individualisée à base des profils d'Apprenants**

Pour obtenir une assistance acceptable par les apprenants, l'assistance doit être personnalisée et individualisée pour chaque apprenant. La solution consiste à intégrer les résultats de cette étude dans le processus de modélisation automatique de l'apprenant pour fournir une assistance d'apprentissage adaptée et personnalisée, et pour une détection et une identification automatique des difficultés d'apprentissage, concept auquel de nombreux travaux font référence pour la modélisation des systèmes d'assistance. Ce travail montre que

ce processus n'est pas si facile qu'il pourrait paraître. Des travaux futurs sont nécessaires pour identifier automatiquement les difficultés d'apprentissage à base du modèle de l'apprenant afin de permettre au système MISNA de fournir une assistance personnalisée et adaptée.

✓ **Assistance à la conception et à l'amélioration de systèmes d'assistance**

La spécification de l'assistance est un travail conséquent et difficile pour le concepteur de l'assistance. En particulier, l'identification des besoins d'assistance est un travail délicat. Aider le concepteur de l'assistance à identifier les besoins et à spécifier un système d'assistance qui répond à ces besoins est donc une perspective intéressante. Une solution consisterait dans un premier temps à observer et à analyser les interactions entre l'environnement d'apprentissage et les apprenants. Dans un deuxième temps, les informations relatives aux observations effectuées pourraient être fournies au concepteur de l'assistance sous la forme d'un bilan mis à la disposition du concepteur lors de la spécification de l'assistance avec l'éditeur de MISNA. Ceci pourrait en effet attirer l'attention du concepteur d'assistance sur des besoins d'assistance potentiels et ainsi l'aider à concevoir le système d'assistance. Par exemple, il serait possible d'informer le concepteur de l'assistance de l'état de l'environnement dans lequel les apprenants quittent l'environnement d'apprentissage . Parmi ces états, certains correspondront à des sorties « normales » de l'environnement à l'issue d'une tâche réalisée avec succès, et d'autres correspondront à des sorties « anormales » de l'environnement, à l'issue de l'abandon d'une tâche qui est la conséquence d'un problème rencontré par l'apprenant.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

- [ANA07] J. C. Anacleto, M. De Souza Godoi, A.F. Pinatti de Carvalho et H. Lieberman; “A Common Sense-Based On-Line Assistant for Training Employees”, *Human-Computer Interaction, Science L. N. i. C.*, Vol. 4662, pp. 243-254, 2007.
- [AUD09] L. Audet ; “Mémoire sur le développement de compétences pour l'apprentissage à distance: Points de vue des enseignants, tuteurs et apprenants”, Document préparé pour le Réseau d'enseignement francophone à distance du Canada, 2009.
- [AVO07] N. Avouris , G. Fiotakis, G. Kahrmanis, M. Margaritis et V. Komis; “Beyond logging of fingertip actions: analysis of collaborative learning using multiple sources of data”, *Journal of Interactive Learning Research JILR*, Vol. 18, N°2, pp. 231-250, 2007.
- [AVO05] N. Avouris , V. Komis, G. Fiotakis, M. Margaritis et E. Voyiatzaki, “Logging of fingertip actions is not enough for analysis of learning activities”, *Workshop AIED2005, Amsterdam, Holland*, pp.1-8, 2005.
- [BAK07] R. Baker ; “Modeling and understanding students' off-task behavior in intelligent tutoring systems”, *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.1059-1068, San Jose, California, USA, 2007.
- [BAK09] R. Baker, et K. Yacef, “The State of Educational Data Mining in 2009 : A Review and Future Visions”. *Journal of EDM*, Vol.1, N°1, pp.3–16. 2009.
- [BAR00] B. Barros et F. M. Verdejo; “Analyzing student interaction processes in order to improve collaboration. The DEGREE approach”, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 11, pp.221-241, 2000.
- [BEA04] T. Beauvisage ; “Sémantique des parcours des utilisateurs sur le Web”. Thèse de Doctorat, Université de Paris X, 2004.
- [BEG12] N. Beggari et T. Bouhadada ; “Designing a model of assistance based web services in Interactive Learning Environment”. *Proceedings of Conference "eLearning and Software for Education"*, eLSE, Issue: 02 / 2012, pp. 50-55, 2012.
- [BEG14] N. Beggari et T. Bouhadada ; “Modélisation des Situations de Besoins d'Assistance dans un EIAH : Le Modèle IMAC ”, 4^{ème} Journées Doctorales en Informatique, JDI 2014, Guelma, Algérie, 2014.
- [BEG16] N. Beggari et T. Bouhadada; “MISNA: Modeling and Identification of the Situations of Needs for Assistance in ILE”, *Informatica, An International Journal of Computing and Informatics*, Vol.40, N°2, pp. 207-224, June 2016.
- [BEN12] M. Ben Sassi et M. Laroussi ; “Vers une modélisation standardisée des traces des apprenants, Towards learners' tracks standardisation”, *frantice.net Revue électronique internationale*, N°5, pp. 94–107, septembre 2012.
- [BER95] Z.L. Berge; “Facilitating Computer Conferencing: Recommendations from the Field”, *Educational Technology*, Vol.35, N°1, pp. 22-30, 1995.

- [BLA05] J. Blanchard, B. Petitjean, T. Artières et P.Gallinari ; “ Un système d’aide à la navigation dans des hypermédias”, Actes de la Conférence Extraction et Gestion des Connaissances, EGC’05, Paris, France, 2005.
- [BOU06] F. Bouchet ; “ Conception d’un langage de requêtes pour un agent conversationnel assistant ”, Rapport de stage de Master 2, LIMSI, Paris, France, 2006.
- [BOU09] N. Bousbia, J. M. Labat, I. Rebai et A. Balla; “Indicators for Deducing the Learners' Learning Styles: Case of the Navigation Typology Indicator”, The Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT '09, IEEE Computer Society, 2009.
- [BOU11] N. Bousbia ; “ Analyse des traces de navigation des apprenants dans un environnement de formation dans une perspective de détection automatique des styles d’apprentissage”, Thèse de Doctorat, Université Pierre et Marie Curie, France, et L’Ecole Nationale Supérieure d’Informatique, ESI, Oued-Smar, Alger, Algérie, 2011.
- [BRA02] I. Branovic , R. Giorgi et A. Prete ; “Web-based training on computer architecture: The case of JCachesim”, Proceedings of the Workshop on Computer Architecture Education, WCAE-02, Anchorage, AK, USA, pp. 56-60, May 2002.
- [BRO07] J. Broisin et P. Vidal ; “Une approche conduite par les modèles pour le traçage des activités des utilisateurs dans des EIAH hétérogènes”, Revue STICEF, Vol 14, 2007.
- [BUR02] R. Burke; “Hybrid Recommender Systems: Survey and Experiments”, User Modeling and User-Adapted Interaction, Vol. 12, N°.4, pp. 331-370, 2002.
- [CAP01] A. Capobianco et N. Carbonell; “Contextual online help: elicitation of human experts’ strategies”, 9th International Conference on Human-Computer Interaction, HCI’01, New Orleans, USA, Vol. 3, pp. 824–828, 2001.
- [CAP06] A. Capobianco et N. Carbonell ; “Aides en ligne à l’utilisation de logiciels grand public : problèmes spécifiques de conception et solutions potentielles”, Intellectica journal, Vol. 44, pp. 87-120. Tiré des archives HAL: <http://hal.archives-ouvertes.fr>, 2006.
- [CHA00] S. Chabert-Ranwez ; “Composition Automatique de Documents Hypermédias Adaptatifs à partir d’Ontologies et de Requêtes Intentionnelles de l’Utilisateur ”, Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II , Sciences et Techniques du Languedoc, Décembre 2000.
- [CHA04] P. A.Champin, Y.Prié et A. Mille; “MUSSETTE : a framework for knowledge capture from experience”, 4^{èmes} Journées d’Extraction et de Gestion des Connaissances, EGC’04, Clermont Ferrand, France, 2004.
- [CHE06] A. Cheype; “Mise en évidence de motifs dans des traces issues de plateformes pédagogiques”, Mémoire de stage Master 2 Recherche, Université de Savoie, France, 2006.
- [CHO07] C. Choquet et S. Iksal; “ Modeling tracks for the model driven reengineering of a TEL system”, Journal of Interactive Learning Research, JILR, Vol. 18, pp. 161–184, 2007.
- [COC09] M. Cocea et S. Weibelzahl; “Log file analysis for disengagement detection in

- e-Learning environments”, *User Modeling and User-Adapted Interaction*, Vol.19, N°4, pp. 341-385, 2009.
- [COC11] M. Cocea; “Disengagement Detection in Online Learning: Validation Studies and Perspectives”, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Vol. 4, pp. 114-124, 2011.
- [CON05] R. Conejo, E. Guzman, J.-L. Perez-De-La et E. Millán; “Introducing adaptive assistance in adaptive testing”, *Artificial Intelligence in Education, AIED'05*, Vol. 125, pp. 777-779, 2005.
- [CRA07a] D. Cram, D. Jouvin, et A. Mille; “Visualisation Interactive de Traces et Réflexivité : application à l’EIAH collaboratif synchrone eMédiathèque”. *Revue STICEF*, Vol. 14, 2007.
- [CRA07b] D. Cram, B. Fuchs, A. Mille et Y. Prié; “Raisonnement à partir de l’Expérience Tracée : application à un environnement collaboratif”, *Projet PROCOGEC*, Livrable T3.1, 2007.
- [DAV05] J.-P. David, A. Lejeune, V. Luengo, J.-P. Pernin, F. Diagne, J.-M. Adam et C. Choquet; “State of art of tracking and analysing usage”, *Délivrable DPULS du réseau européen Kaleidoscope*, 2005.
- [DEL05] B. Delievre, C. Depover, et P. Dillenbourg; “Quelle place accorder au tuteur système et au tuteur humain dans un processus d’industrialisation ?”, *Distances et Savoirs*, Vol. 3, N°2, pp. 157-182, 2005.
- [DEL06] F. Delorme et G. Loosli; “Un outil générique pour l’analyse automatique et la visualisation de productions d’apprenants”, *Actes du colloque international sur les Technologies de l’Information et de la Communication pour les Enseignements d’ingénieur et dans l’industrie, TICE’06*, 2006.
- [DES01] Ch. Després; “Modélisation et conception d’un environnement de suivi pédagogique synchrone d’activités d’apprentissage à distance”, *Thèse de l’université du Maine, Le Mans*, 2001.
- [DES04] J. Després et T. Coffinet; “Reflète, un miroir sur la formation”, *In Proceedings of the Information Technologies and Communication in Education Conference, Compiègne, France*, 2004.
- [DIA06] F. Diagne; “MTSA : Un Modèle de Traces pour la Supervision de l’Apprentissage”, *Atelier Modélisation des Connaissances, 6^{èmes} Journées Francophones, Lille, France*, 2006.
- [DIA09] F. Diagne; “Instrumentation de la supervision par la réutilisation d’indicateurs : Modèles et Architecture”, *Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble*, 2009.
- [DIM04] A. Dimitracopoulou; “State of the art of interaction Analysis: Interaction Analysis Indicators”, *Interaction and Collaboration Analysis supporting Teachers’ and Students’ Selfregulation (ICALTS) JEIRP Deliverable D.26.1.1. Kaleidoscope NoE, December 2004*. 153 p. Disponible sur Internet: <http://telearn.noie-kaleidoscope.org/open-archive/file?Dimitrakopoulou-Kaleidoscope-2004.pdf>
- [DIM05] A. Dimitracopoulou, V. Kollias, A. Harrer, A. Martinez., A. Petrou, Y. Dimitriadis, J. Antonio., L. Bollen et A. Wichmann; “State of the art on interaction analysis”, *Délivrable D.31.1 du JEIRP (Jointly Executed*

- Integrated Research Project) IA (Supporting Participants in Technology-based Learning Activities) du réseau européen Kaléidoscope, 2005.
- [DIM06] A. Dimitracopoulou et E. Bruillard, “Enrichir les interfaces de forums par la visualisation d’analyses automatiques des interactions”, *Revue STICEF*, Vol. 13, 2006.
- [DON12] R. Dong, K. McCarthy, M. P. O’Mahony, M. Schaal et B. Smyth; “Towards an Intelligent Reviewer’s Assistant: Recommending Topics to Help Users to Write Better Product Reviews”, *IUI*, Lisbon, Portugal, pp. 159-168, 2012.
- [DUF01] A. Dufresne ; “ Conception d'une interface adaptée aux activités de l'éducation à distance – ExploraGraph”, *Revue Sciences et Techniques Educatives*, Vol. 8, N°3, pp. 301-319, 2001.
- [DUF03] A. Dufresne, J. Basque, G. Paquette, M. Léonard, K. Lundgren-Cayrol et S. Promtep ; “ Vers un modèle conceptuel générique de système d’assistance pour le téléapprentissage”, *Revue STICEF*, Vol. 10, pp. 57-88, 2003.
- [DUF06] A. Dufresne et S. Promtep ; “ ExploraGraph et la Personnalisation des interactions pour l’apprentissage”, *IHM'06*, Montréal, Canada, pp. 153-157, 2006.
- [EGY02] E. Egyed-Zsigmond, Y. Prié, A. Mille et J-M. Pinon ; “ Trèfle : un modèle de traces d’utilisation ”, *Ingénierie des Connaissances*, IC 2002, Rouen, 2002.
- [EGY03] E. Egyed-Zsigmond, A. Mille et Y. Prié; “ Club Trèfle: a use trace model”, In *Proceedings of the 5th International Conference on Case-Based Reasoning*, Trondheim, Norway, pp. 146-160, 2003.
- [ELM85] W. Elm et D. Woods; “Getting lost: A case study in interface design”, In *proceedings of the 29th Annual Meeting of Human Factors Society*, pp. 927-931, 1985.
- [FAN04] K. Fansler et R. Riegel; “A Model of Online Instructional Design Analytics”, *20th Annual Conference on Distance Teaching and Learning*, Madison, Etats-Unis, 2004.
- [FAS02] P. Fastre; “Navigation entailments as design principles for structuring hypermedia”, In *Education, Communication and Information, Special Issue on Hypertext and Hypermedia*, Vol. 2, N°. 1, pp.7-22, 2002.
- [FER09] G. Ferguson, J. Allen, L. Galescu, J. Quinne et M. Swift; “CARDIAC: An Intelligent Conversational Assistant for Chronic Heart Failure Patient Health Monitoring”, *Virtual Health Care Interaction, VHI 09*, Arlington, USA, AAAI Press, 2009.
- [FRA07] L. France, J.-M. Héraud, J.-C. Marty et T. Caron; “Visualisation et régulation de l’activité des apprenants dans un EIAH tracé”, *Actes de la conférence Environnements Informatiques pour l’Apprentissage Humain (EIAH’07)*, Lausanne, Suisse, 2007.
- [GAL06] R. G. P. Galluccio; “Humanizing CALL: The use of pedagogical agents as language tutors”; In *New England Regional Association for Language Learning Technology*, 2006.
- [GAO05] D. Gaonac’h ; “Les différentes fonctions de la mémoire dans l’apprentissage des langues étrangères”, *Conférence plénière au XXVII^e Congrès de*

- l'APLIUT, IUT de Toulon Sud, France. 2005.
- [GAP02] O.Gapenne, C. Lenay, et D. Boullier; “Defining categories of the human/technology coupling: theoretical and methodological issues”, In ERCIM Workshop on User Interface for All, France, pp. 197-198, 2002.
- [GAP06] O. Gapenne ; “ Relation d'aide et transformation cognitive ”, *Intellectica*, Vol. 2, N°.44, pp. 7-16, 2006.
- [GEO04] S. George ; “Analyse automatique de conversations textuelles synchrones d'apprenants pour la détermination de comportements sociaux », *Revue STICEF*, Numéro spécial : technologies et formation à distance, pp. 165-193, 2004.
- [GEO06] O. Georgeon, A. Mille et T. Bellet ; “ Abstract : un outil et une méthodologie pour analyser une activité humaine médiée par un artefact technique complexe”. *Ingénierie des Connaissances*, IC 2006, Nantes, 2006.
- [GIL13] J.-M. Gilliot, S. Garlatti, I. Rebai et M. Belen-Sapia ; “ Le concept de iMOOC pour une ouverture maîtrisée EIAH”, Toulouse, France, 2013.
- [GIN14] B. Ginon ; “Modèles et outils génériques pour mettre en place des systèmes d'assistance épiphytes”; Thèse de Doctorat de l'INSA de Lyon, France, 2014.
- [GIN13] B. Ginon, S. Jean-Daubias et P.-A. Champin ; “ Une typologie de l'assistance aux utilisateurs : exemple d'application aux EIAH”, RR-LIRIS-2013-007, 2013.
- [GOO04] P. Goodyear, P. Avgeriou, R. Baggetun, S. Bartoluzzi, S. Retalis, F. Ronteltap et E. Rusman; “Towards a Pattern Language for Networked Learning”, *Networked Learning*, Lancaster, UK, 2004.
- [GRO10] T. Grossman and G. Fitzmaurice; “ToolClips: An Investigation of Contextual Video Assistance for Functionality Understanding”, *CHI*, Atlanta, USA, pp. 1515-1524, 2010.
- [GUE04] V. Guéraud, J-M. Adam, J-P. Pernin, et J-P. David ; “L'exploitation d'Objets Pédagogiques Interactifs à distance : le projet FORMID”, *Revue STICEF*, Vol. 11, pp. 109-163, 2004.
- [GUE09] V. Guéraud, J. Adam, A. Lejeune, N. Mandran, N. Vézian et M. Dubois ; “Expérimentation d'un environnement flexible pour la supervision de travaux pratiques basés sur des simulations ”. Acte de la conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, EIAH'09, Le Mans, France, pp. 279-286, 2009.
- [GWE05] R. Gwenegan ; “Structuration et analyse de traces hybrides issues de situation d'apprentissage”, Rapport de Master, Laboratoire CLIPS-IMAG, 2005.
- [HER04] J-M. Heraud, L. France and A. Mille; “Pixed : An ITS that guides students with help of learners' interaction logs”, In *Proceedings of the 7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Workshop Analyzing Student-Tutor Interaction Logs to Improve Educational Outcomes*, pp. 57-64, 2004.
- [HOF06] K. Hofmann; “Subsymbolic user modeling in adaptative hypermedia, a case study in educational context”, Master of Science in Computer Science, California State University, 2006.

- [IKS05] S. Iksal et C. Choquet ; “ An open architecture for usage analysis in an e-learning context”, International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT, pp. 177-181, 2005.
- [JAR12] P. Jarušek, et R. Pelánek; “Analysis of a simple model of problem solving times”, 11th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS 2012, Chania, Crete, Vol. 7315 LNCS, pp. 379-388, 2012.
- [DAU09] S. J. Daubias et N. Guin; “AMBRE-teacher: a module helping teachers to generate problems”, 2nd Workshop on Question Generation, International Conference on Artificial Intelligence in Education, AIED 2009, Brighton, UK, pp. 43-47, 2009.
- [JER01] P. Jermann, A. Soller et M. Muehlenbrock; “From Mirroring to Guiding: A Review State of the Art Technology for supporting Collaborative Learning”, Proceedings of the 1st European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning, Bergen, Norway, pp.324-331. 2001.
- [JI13] M. JI , Ch. Michel E. Lavoue et S.George ; “Combinaison de traces d'activités et de *reporting* pour soutenir des processus d'autorégulation” 6^{ème} Conférence Nationale sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, EIAH 2013, Toulouse, France, pp. 267-278, 31 mai 2013.
- [JOH00] W. L. Johnson, J. W. Rickel et J. C. Lester; “Animated pedagogical agents: face-to-face interaction in interactive learning environments”, International Journal of Artificial Intelligence in Education, Vol. 11, pp. 47-78, 2000.
- [KAN98] L. Kantner et L. Rusinsky ; “ Designing a WinHelp project for quick conversion to lowest common-denominator HTML-based help: a case study”, SIGDOC, Quebec, Canada, pp. 214 -218, 1998.
- [KAS13] S-H. Kasdali ; “ Le soutien : entre situation d'apprentissage synchrone et situation asynchrone, quelle différence chez l'apprenant en ligne ? ”, Congrès AREF 2013, Actualité de la recherche en éducation et en formation, à Montpellier 27-30 Août, 2013.
- [KEP07] L. Kepka, J. M. Heraud, L. France, J.C.Marty et T. Carron; “ Activity Visualization and Regulation in a Virtual Classroom”, In 10th International Conference on Computers and Advanced Technology in Education IASTED,CATE 2007, Beijing ,China, 2007.
- [KHA08] M. Khatraoui, N. Bousbia, et A. Balla ; “ Détection de similarité sémantique entre pages visitées durant une session d'apprentissage”, Atelier Mesures de Similarité Sémantique, 8^{ème} Journées Francophones Extraction et Gestion des Connaissances, EGC'08, pp.121-129, 2008.
- [KUR14] Y. Kurataa et T. Hara; “CT-Planner4: Toward a More User-Friendly Interactive Day-Tour Planner”, Information and Communication Technologies in Tourism, Dublin, Ireland, pp. 73-86, 2014.
- [LAB02] J-M, Labat ; “Quel retour d'informations pour le tuteur ? ”, Conférence TICE, Lyon, France, TICE 2002, pp. 81-88. 2002.
- [LAF05] V. Lafarge et R. Faqir ; "Les apports des sciences cognitives dans la démarche d'enseignement : vers une didactique cognitive", *In Actes du colloque International Didcog*, Université de Toulouse II – Le Mirail, pp. 217-222,

- 2005.
- [LAF05] J.Laflaquière, P-A.Champin , Y. Prié et A.Mille; “Approche de modélisation de l’expérience : utilisation de systèmes complexes pour l’assistance aux tâches de veille informatiquement médiées”, ISKO-France 2005, PUN. pp. 209-230. Nancy, 2005.
- [LAV91] J. Lave et E. Wenger; “Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation”, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1991.
- [LE12] A-H. Le, M. Lefevre et A.Cordier ; “Collecter les traces d’interaction de wikis sémantiques distribués pour assister leurs utilisateurs”, 20ème atelier français de raisonnement à partir de cas, RàPC 2012, Paris, France, 25 juin 2012.
- [LEF09] M. Lefèvre ; “ Processus unifié pour la personnalisation des activités pédagogiques : méta-modèle, modèles et outils”, Thèse de Doctorat de l’Université de Lyon, 2009.
- [LEM13] F. Lemieux, C. M. Desmarais et P.-N. Robillart ; “ Analyse chronologique des traces journalisées d’un guide d’étude pour apprentissage autonome” , Revue STICEF, Vol. 20, 2013.
- [LER07] D. Leray et J.-P. Sansonnet ; “ Acquisition de connaissances perceptives pour un agent assistant ”, 18^{èmes} Journées Francophones d’Ingénierie des Connaissances, IC’2007, Cépadues-Éditions, Grenoble, France, Vol 2, pp. 331-332, 2007.
- [LIE01] H. Lieberman; “Interfaces that Give and Take Advice”, Human-Computer Interaction for the New Millenium, ACM Press, Addison-Wesley, pp. 475-485, 2001.
- [LIN98] D. Lin; “An information-theoretic definition of similarity”, 98 Proceedings of the Fifteenth International Conference on Machine Learning, pp. 296-304, San Francisco, CA, 1998.
- [LIN99] W. J. Linden ,Van Der, D. J. Scrams et D. L. Schnipke; “Using Response-Time Constraints to Control for Differential Speededness in Computerized Adaptive Testing”. Applied Psychological Measurement, Vol. 23, N°3, pp. 195-210, 1999.
- [LOG06] G-C. Loghin ; “ Aide à la compréhension du comportement de l’utilisateur par la transformation des traces collectées ”, 1^{ère} Rencontre de Jeunes Chercheurs en EIAH, RJC-EIAH’2006, 11-12 Mai, INT, Evry, 2006.
- [LOG08] G.C. Loghin, T. Carron, J.C. Marty et M. Vaida; “Observation and adaptation of a learning session based on a multi-agent system : An experiment”, In Proceeding of the 2008 IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing, ICCP 2008, pp. 17–24, Cluj-Napoca, Romania, 2008.
- [LOI12] C.Loisy et C. Péllissier ; “Des aides pour une consigne ouverte : assistants cognitifs dans Pairform@ance ”, Revue Internationale des Technologies en Pédagogie Universitaire, Vol. 9, Issue 3, pp.43-54, 2012.
- [MAN05] S. Mandin, P. Dessus et B. Lemaire ; “ Effet d’un feedback informatif sur la prise de notes dans un environnement d’apprentissage informatisé ”, Revue STICEF, Vol. 12, pp.1-19, 2005.

- [MAT00] M. Matthews, W. Pharr, G. Biswas et H. Neelakandan; "USCSH: An Active Intelligent Assistance System", *Artificial Intelligence Review*, Kluwer Academic Publishers, Vol 14, pp. 121-141, 2000.
- [MAZ07] R. Mazza et V. Dimitrova; "Coursevis : a graphical student monitoring tool for facilitating instructors in web-based distance courses ", *International Journal in Human-Computer Studies*, Vol. 65, N°2, pp. 125-139, 2007.
- [MIC01] C. Michel, "Caractérisation d'usages et personnalisation d'un portail pédagogique". État de l'art et expérimentation de différentes méthodes d'analyse du Web Usage Mining, 2001.
- [MIL06a] A. Mille, G. Caplat et M. Philippon ; " Faciliter les activités des utilisateurs d'environnements informatiques : quoi, quand, comment? ", *Intellectica*, Vol. 2, N°44, pp. 121-143, 2006.
- [MIL06b] A. Mille et Y. Prié ; " Une théorie de la trace informatique pour faciliter l'adaptation dans la confrontation logique d'utilisation/logique de conception ", 13^{ème} Journées de Rochebrune - Traces, Enigmes, Problèmes : Emergence et construction du sens, Rochebrune, France, 2006.
- [NAJ04] J. Najjar , S. Ternier et E. Duval ; " User Behavior in Learning Object Repositories: An Empirical Analysis", *Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications – EDMEDIA'04*, Lugano, Suisse, pp. 4373-4379, 2004.
- [NIC87] J.F Nicaud ; " APLUSIX : un système expert en résolution pédagogique d'exercices d'algèbre", Thèse de Doctorat, Université Paris XI-Orsay, 1987.
- [NIE05] J. Nielsen ; " Usability for the masses", *Journal of usability studies*, Vol. 1, Issue 1, November 2005, pp. 2-3, 2005.
- [NOU07] F. Noury; "Buts d'accomplissement de soi et jugement métacognitif des aides en EIAH", *Proceedings of EIAH'2007*, Lausanne, Suisse, INRP, 2007.
- [PAC95] F. Pachet; "Néopus User's manual". Laforia, Université Pierre et Marie Curie, technical report N° .95/23, October, 1995.
- [PAQ96] G. Paquette, F. Pachet, S. Giroux et J. Girard; "EpiTalk, a generic tool for the development of advisor system", *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 7, pp. 349-370, 1996.
- [PAQ02] G. Paquette et P. Tchounikine ; " Contribution à l'ingénierie des systèmes conseillers : une approche méthodologique fondée sur l'analyse du modèle de la tâche", *Sciences et Techniques Educatives*, Vol. 9, N° .2-3, 2002.
- [PAQ08] G. Paquette, M. Léonard et K. Lundgren-Cayrol; "The MOT+ visual language for knowledgebased instructional design", *Handbook on Virtual Instructional Design Languages*, 2008.
- [PAQ12] G. Paquette ; "Référencement par compétence, recherche et assistance dans les environnements d'apprentissage et de travail", *Conférence TICE*, Lyon, France, pp. 190-199, 2012.
- [PEL12] Ch. Péliissier ; " Notion d'aide dans un dispositif de formation en ligne : approches théoriques et méthodologiques ", *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, Volume 9 , Issue 3, pp.71-83, 2012.
- [PER05] J.P. Pernin ; "CSE : un modèle de traitement de traces", *Rapport interne de*

- recherche CLIPS-IMAG, 2005.
- [PER05] M. Perraudeau ; “ Les difficultés « ordinaires » d’apprentissage ”, Dossier "Aider les élèves “ N° .436, Octobre, 2005.
- [PIN97] R. Pintrich; “Should I Ask for Help? The Role of Motivation and Attitudes in Adolescents Help Seeking in Math Class”, *Journal of Educational Psychology*, Vol. 89, N° .2, pp.1-13, 1997.
- [QUI08] J-J. Quintin ; “ Accompagnement tutorial d’une formation collective via Internet. Analyse des effets de cinq modalités d’intervention tutorale sur l’apprentissage en groupe restreint”, Thèse de doctorat, Université de Mons-Hainaut, France, 2008.
- [RAN98] N. Randall, et I . Tchounikine ; “ Enhancing the Adaptivity of an Existing Website with an Epiphyte Recommender System”, *New Review of Hypermedia and Multimedia*, Vol. 10, N° .1, pp 31-52, 1998.
- [RET03] J-H . Réty , J.-C . Martin , C. Pelachaud et N. Bensimon ; “ Coopération entre un hypermédia adaptatif éducatif et un agent pédagogique”, *Hypermedias Hypertexts, Products, Tools and Methods, H2PTM 03*, Saint-Denis, France, Hermès, pp. 24-26, 2003.
- [RIC04] B. Richard et P. Tchounikine ; “ Une approche centrée modèle pour la construction d'un système conseiller pour un site web”, 15^{ème} Journées Francophones d’Ingénierie des Connaissances, IC 2004, Lyon, France, pp. 151-162, 2004.
- [RIC08] B.Richard; “Une approche épiphyte pour la conception de systèmes conseillers ”, Thèse de Doctorat, Université du Maine, 2 Avril 2008.
- [ROD12] Ch. Rodrigues ; “L’aide à l’apprentissage du vocabulaire à distance : effets des outils de la CMO”, *International Journal of Technologies in Higher Education, IJTHE*. Vol.9, Issue 3, pp. 25-42, 2012.
- [ROM07] C. Romero et S. Ventura; “Educational data mining: A survey from 1995 to 2005”, *Expert Syst. Appl.*, Vol.33, N° .1, pp135-146, 2007.
- [ROU98] J-F. Rouet et A .Tricot ; “ Chercher de l'information dans un hypertexte : vers un modèle des processus cognitifs”, André Tricot et Jean-François Rouet Editeurs, *Les hypermédiat, approches cognitives et ergonomiques, Hypertextes et hypermédiat*, pp. 57-74. Hermès, France, 1998.
- [RUS09] J. Rushing , T. Berendes , H. Lin , C. Buntain et S. Graves ; “ Spyglass: A System for Ontology Based Document Retrieval and Visualization”, *FLAIRS*, Florida, USA, 2009.
- [SAN94] P.-M. Sanderson, et C.-A. Fisher; “Exploratory sequential data analysis: foundations”, *Human-Computer Interaction*, Vol. 9, N° .3, pp. 251-317,1994.
- [SEH12] K. Sehaba; “Système d’aide adaptatif à base de traces”, *International Journal of Technologies in Higher Education, IJTHE*, Vol. 9, N° .3, 2012.
- [SCH04] J. Schoonenboom; “Handout Introduction TRAILS”. Workshop, CSCL’2004 Symposium, October 7 – 9, 2004, Lausanne, Switzerland, 2004.
- [SEJ04] A.Séjourné, M.Baker, K. Lund et G. Molinari; “ Schématisation argumentative et co-élaboration de connaissances : le cas des interactions médiatisées par ordinateur”, In Actes du Colloque International "*Faut-il parler pour*

- apprendre?*", E.A, Théodile Lille 3, Edition 2004.
- [SET06] L. Settouti, Y. Prié, A. Mille, et J-C .Marty ; "Système à base de traces pour l'apprentissage humain", Colloque International TICE 2006, Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement Supérieur et l'Entreprise, 2006.
- [SIE05] S. Siebra, A.C. Salgado, P. Brezillon, et P. Tedesco; " A learning interaction memory using contextual information", The CONTEXT-05, Workshop on Context and Groupware, Paris, France, 2005.
- [SIM07] J. Simonin et N. Carbonell ; " Interfaces Adaptatives: Adaptation dynamique à l'utilisateur courant", Hermès – Lavoisier, Paris, France , 2007.
- [STE07] G. Stermsek, M. Strembeck et G. Neumann; "A User Profile Derivation Approach based on Log-File Analysis", International Conference on Information and Knowledge Engineering, Las Vegas, Etas-Unis, 2007.
- [STE77] A. L. Stevens et A. Collins; "The Goal Structure of a Socratic Tutor"; In Proceedings of the ACM Annual Conference, ACM '77, Seattle, USA, pp. 256-263, 1977.
- [SWA03] L. Swartz ; " Why People Hate the Paperclip: Labels, Appearance, Behavior, and Social Responses to User Interface Agents", Master's Report, Stanford University, Stanford, USA, 2003.
- [TAR01] R. Taraban, K. Rynearson, et K. Stalcup; "Time as a variable in learning on the World-Wide Web", Behavior Research Methods, Vol.33, N° .2, pp. 217-225, 2001.
- [THO09] J. J. Thompson, T. Yang et S. W. Chauvin; "Pace: An Alternative Measure of Student Question Response Time", Applied Measurement in Education, Vol. 22, N° .3, pp. 272-289, 2009.
- [VAR05] G. Varelas, E.Voutsakis, P. Raftopoulou, E.G.M. Petrakis et E. E. Milios ; " Semantic similarity methods in wordNet and their application to information retrieval on the web ". WIDM'05. November 5, 2005, Bremen, Germany, 2005.
- [VIA02] R. Viau ; " La motivation des élèves en difficulté d'apprentissage : une problématique particulière pour des modes d'intervention adaptés", Conférence organisée par le Service de Coordination et de l'Innovation Pédagogique et Technologique du Ministère de l'Education Nationale et de la Formation professionnelle du Luxembourg, 2002.
- [VIA05] R. Viau ; "12 questions sur l'état de la recherche scientifique sur l'impact des TIC sur la motivation à apprendre ", Université de Sherbrooke, Canada, 2005.
- [VIL06] E. Villiot-Leclercq ; "Conception de Scénarios Pédagogiques : un dispositif d'assistance pour soutenir l'interaction entre l'enseignant et l'environnement ExploraGraph", Colloque Scénarios, Pernin J-P. G. H., Lyon, France, pp. 83-88, 2006.
- [WAN05] T. Wang et B. A. Hanson; "Development and Calibration of an Item Response Model That Incorporates Response Time", Applied Psychological Measurement, Vol. 29, N° .5, pp. 323-339, 2005.
- [WEN00] E. Wenger et W. M. Snyder; "Communities of practice: The organizational

- frontier”, Harvard Business Review, Vol. 78, N°1, pp. 139-145, 2000.
- [WIS05] S.L.Wise et X. Kong; “ Response Time Effort : A New Measure of Examinee Motivation in Computer-Based Tests”, Applied Measurement in Education, Vol.18, N° .2, pp.163-183, 2005.
- [ZAP04] J. D. Zapata-Rivera et J.Greer; “Interacting with Inspectable Bayesian Student Models”, International Journal of Artificial Intelligence in Education, Vol. 14, pp. 1-37, 2004.
- [ZAR10] R. Zarka , A. Cordier , F. Corvaisier et A. Mille ; “ Providing assistance by reusing episodes stored in traces: a case study with SAP Business Objects Explorer”, Atelier Français de Raisonnement à Partir de Cas, Florence Le Ber J. R. e., Strasbourg, France, pp. 91-103, 2010.
- [ZAR12] R. Zarka , A. Cordier , E. Egyed-Zsigmond et A. Mille ; “ Contextual Trace-Based Video Recommendations ”, WWW-XperienceWeb, Lyon, France, pp. 751-754, 2012.
- [ZHU03] T.Zhu, R.Greiner et G.Haeubl; “Learning a model of a web user's interests”, The 9th International Conference on User Modeling, UM'03, 2003.

Références Nétographiques

- [END14] EndNote ; “ Outil de gestion bibliographique ” ,
Disponible sur : <http://endnote.com/>, 2014.
- [FLY14] FlyHelp ; “ Outil de création de manuels d'aide en ligne ” ,
Disponible sur : <http://www.flyskysoft.com/>, 2014.
- [HTM14] html-help-com-assistant ; “Outil de création de documentation HTML”,
Disponible sur : <http://telecharger.logiciel.net/html-help-com-assistant>, 2014.
- [LAN14] Lancome ; “ Site web commercial de Lancôme ” ,
Disponible sur : http://www.lancome.fr/_fr/_fr/, 2014.
- [GDP 16] Larousse ; “ Grand Dictionnaire de Psychologie – Larousse”,
Disponible sur : <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1200503m/>, 2016
- [OFF03] Office 2003 ; “ Aide d’Office 2003 ”,
Disponible sur : <http://office.microsoft.com/fr-fr/onenotehelp/presentation-de-microsoft-office-2003-HA001073117.aspx?CTT=1>.
- [OFF10] Office 2010 ; “ Aide d’Office 2010 ”,
Disponible sur : <http://office.microsoft.com/fr-fr/support/premiers-pasavec-microsoft-office-2010-FX100996114.aspx>.
- [POW14] PowerCHM ; “ Compiled Windows HTML Help files ” ,
Disponible sur : Format d’aide, <http://www.dawningsoft.com/powerchm.html>, 2014.
- [SES12] Sésamath ; “ Communauté de pratiques destinée aux enseignants de mathématiques”,
Disponible sur : <http://www.sesamath.net/>,2012.
- [TUT14] Tutoriels_animes ; “ site web proposant des tutoriels sous forme d'animations interactives”,
Disponible sur : <http://www.tutoriels-animes.com/>,2014;
- [WIN14] WinHelp; “ Outil auteur pour la création de manuels d'aide”,
Disponible sur : <http://www.helpscribble.com/winhelp.html>, 2014.

Annexes

Enquête sur les Besoins d'une Assistance Pédagogique en Ligne

Annexe A : Lettre d'accompagnement du Questionnaire pour la
détermination des indicateurs

Annexe B : Questionnaire pour la Détermination des Indicateurs
Révélateurs de Difficultés d'Apprentissage

Annexe C : Expérimentation avec PowerPoint

Questionnaire d'expérimentation avec PowerPoint

Utilisation de PowerPoint pour réaliser une présentation
professionnelle

↳ **Enquête sur les Besoins d'une Assistance Pédagogique en Ligne** : Enquête réalisée dans le cadre de la préparation d'une thèse de Doctorat en Informatique.

Annexe A :

Lettre d'accompagnement du Questionnaire pour la détermination des indicateurs

Contexte

Dans l'enseignement traditionnel, les interactions (les outils permettant l'interaction) entre apprenants et enseignants sont multi-supports (tableau, photocopié, document audiovisuel), multimodales (combinaison de paroles, gestes, postures), et adaptatives (l'enseignant modifie le déroulement de son cours pour répondre aux questions des apprenants). En comparaison, les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) semblent plutôt limités et pauvres en source d'informations, ce qui rend l'observation et l'assistance de l'apprenant difficile (l'assistant peut rencontrer des problèmes et des difficultés quant à savoir sur quoi et quand il peut intervenir pour aider leur apprenant, et de quelle manière doit-il intervenir ?).

Pour obtenir une vue globale sur le déroulement de la situation d'apprentissage, nous nous sommes orienté vers l'utilisation de traces numériques (informatiques). Dans ce cas, la question qui se pose c'est quel est le type et la nature des données qui seront enregistrées par le système pendant l'activité de l'apprenant sur machine (quand l'apprenant est dans une session d'apprentissage)?

Pour cela nous sollicitons votre aide pour déterminer les paramètres qui peuvent permettre de déterminer les situations d'assistance et les moments d'intervention où vous juger que l'apprenant a besoin d'une aide ou d'une assistance possible.

Pour cela, nous vous demandons de bien vouloir répondre aux questions qui suivent, et donner vos commentaires et suggestions en vous remerciant de votre coopération.

Merci de votre coopération.

Annexe B : Questionnaire pour la Détermination des Indicateurs Révélateurs de Difficultés d'Apprentissage

Université BADJI-Mokhtar, Annaba

Faculté des Sciences de l'Ingénierat

Département Informatique

Enquête sur les Besoins d'une Assistance Pédagogique en Ligne

Enquête réalisée dans le cadre de la préparation d'une thèse de Doctorat en Informatique

Questionnaire pour la Détermination des Indicateurs Révélateurs de Difficultés d'Apprentissage

Volet A : Information sur la carrière de l'enseignant

1. Combien avez-vous d'années d'expérience dans l'enseignement?

/ _ / _ /

2. Quelles matières enseignez-vous ?

.....
.....
.....

3. Avez-vous déjà utilisé un dispositif de formation à distance ?

Oui / _ / Non / _ /

Si oui,

✓ Ce dispositif utilise-t-il une plate-forme de formation à distance ?

Oui / _ / Non / _ /

• Si OUI , laquelle ?.....

✓ Quel est votre rôle dans ce dispositif ?.....

✓ Quel est le nombre d'années d'expérience que vous avez dans ce dispositif ?

/ _ / _ /

✓ Citez quelques concepts clés qui vous paraissent importants dans le processus de formation à distance.

.....
.....
.....

✓ Motivez votre réponse

.....
.....
.....

Si NON,

- Comment imaginez-vous ce type de formation ?

.....
.....
.....
.....

- Décrivez la manière avec laquelle l'Enseignant assiste-t-il et suit-il un Apprenant ?

.....
.....
.....
.....

Volet B : Avis Général

1. *A votre avis, quelles sont les actions que l'assistant doit observer et enregistrer lors d'une session d'apprentissage ?*

.....
.....
.....
.....

2. *Quels sont les concepts clés qui vous paraissent importants dans le processus de conception et de définition d'une Aide-En-Ligne ?*

.....
.....
.....
.....

Motivez votre réponse.

.....
.....
.....
.....

Volet D : La Durée de la Formation

1- Pensez-vous que le temps passé par l'apprenant lors de la session d'apprentissage, est une information nécessaire pour l'assistant ?

Oui /_/ Non /_/

Si OUI, Exprimez votre avis sur l'importance des informations suivantes :

✓ Le temps passé par l'apprenant sur une page du contenu ?

.....
.....
.....
.....

✓ Le nombre moyen de fois de consultation d'une page ?

/_/_/

✓ Le temps moyen passé par l'apprenant depuis sa connexion sur la plate-forme jusqu'à sa déconnexion :

.....
.....
.....
.....

✓ le temps d'inactivité «le temps passé par l'apprenant sans aucune action ou interaction » :

.....
.....
.....
.....

✓ Le temps moyen de passage d'une tâche à une autre ?

.....
.....
.....
.....

Si NON, donnez les raisons :

.....
.....
.....
.....

2- Exprimez votre avis sur l'importance des informations suivantes :

- a. Le taux de la production individuelle et collective des apprenants.

/ _ / _ / , / _ / _ / %

- b. Le pourcentage de réalisation d'une activité ?

/ _ / _ / , / _ / _ / %

- c. Le nombre de fois qu'un apprenant a consulté un cours et les questions?

/ _ / _ /

- d. Les questions auxquelles les apprenants ont mis le plus de temps pour répondre ?

.....
.....
.....
.....

- e. L'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC)
(réseau social, forum de discussion, email...).

.....
.....
.....
.....

Volet D : Les Interactions de l'Apprenant

Lors d'une consultation d'un cours à distance, un Apprenant peut naviguer sur le web : Ouvrir sa boîte de messagerie, Chatter avec d'autres Apprenants, Consulter ou Ecrire dans un forum, Ouvrir d'autres pages, d'autres documents, Faire une recherche, comme il peut travailler sur sa machine en local : Ouvrir ou Ecrire dans un document, Ajouter des annotations... etc.

1. *Pensez-vous que la détermination du type de contenu de l'ensemble des pages et documents visités en dehors du cours permettra à l'Assistant de déterminer si l'Apprenant est dans situation de besoin d'aide (cas d'une difficulté, cas de blocage)?*

Oui /__/ Non /__/

- Précisez, si possible, votre point de vue.

.....
.....
.....
.....

2. *Pensez-vous que la détermination des mots-clés des moteurs de recherche utilisés par les Apprenants pendant une session d'apprentissage peut permettre au Concepteur du Support d'Aide d'identifier les difficultés des Apprenants ?*

Oui /_/ Non /__/

3. *Pensez-vous que la détermination des sujets de discussions dans les forums peut permettre à un Assistant de déterminer le type et l'objectif d'une intervention proactive ?*

Oui /_/ Non /__/

Si OUI, exprimez votre avis sur l'importance des informations suivantes :

1. *Nombre de messages envoyés par l'apprenant ?*

/_/_/_/

2. *Nombre de messages envoyés par l'apprenant en adéquation avec un sujet de discussion ?*

/_/_/_/

3. *Changement de réponse (ou pas) de l'apprenant après avoir discuté sur le chat ?*

Oui / _ / Non / _ /

4. *Nombre d'accès moyen au Chat pour démarrer une nouvelle discussion ?*

/ _ / _ / _ /

5. *Nombre de fois moyen de Clics sur le bouton de validation des questions ? / _ / _ / _ /*

Si NON, quelles sont, pour vous, les raisons ?

.....
.....
.....
.....

6. *Comment évaluer vous l'apport de ces comportements par rapport à l'acquisition de connaissances par l'Apprenant ?*

.....
.....
.....
.....

7. *Quelle importance accordez-vous aux productions de l'Apprenant dans des tâches individuelles ou collectives (production d'un texte, écriture d'un mail, émission de questions dans les forums, participation au chat, ... etc.).*

.....
.....
.....
.....

8. *Pensez-vous que ces informations peuvent servir comme indicateurs permettant à l'Assistant d'avoir une image du profil de l'apprenant et son degrés d'assimilation et d'acquisition des connaissances ?*

Oui / _ / Non / _ /

9. *Quelles sont les autres propositions que vous pouvez formuler concernant les interactions informatives d'un Apprenant durant la formation ?*

.....
.....
.....
.....

10. *Parmi les indicateurs suivants, quels sont d'après vous, ceux qui peuvent renseigner sur l'apprentissage réel de l'apprenant et sur les situations d'assistances ? Précisez si possible votre point de vue.*

1. Le calcul de la cohésion et la centralité dans les réseaux sociaux et à partir des forums de discussion ?

.....
.....

2. Les informations sur le triplet d'activité (Assiduité, Disponibilité, Implication) ?

.....
.....

3. Le degré d'implication de chaque apprenant dans la formation.

.....
.....

4. L'indicateur *Taux de participation*

.....
.....

5. Le Nombre des actions faites par tous les acteurs

.....
.....

6. Le nombre d'utilisations des boutons de navigation « Précédent » et « Suivant » ?

.....
.....

7. Le nombre d'Appels à l'aide ?

.....
.....

8. Le nombre de retours à l'index ?

.....
.....

9. *Autres*, citez-les :

.....
.....

Volet E : Autres

1. *Avez-vous une expertise qui à partir des indicateurs, permet à l'assistant ou au tuteur de savoir, si l'apprenant a bien assimilé le contenu du cours (sans évaluation par des exercices) ?*

Oui /__/ Non /__/

Si OUI, décrivez votre expertise :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. *Donnez votre avis sur l'ensemble des volets du questionnaire:*

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Nous vous remercions pour votre collaboration

Annexe C: Expérimentation avec PowerPoint

Université BADJI-Mokhtar, Annaba
Faculté des Lettres et Sciences Humaines et Sociologues
Département Communication

Questionnaire d'expérimentation avec PowerPoint

Utilisation de PowerPoint pour réaliser une présentation professionnelle

Volet A : Informations personnelles

Sexe : Feminin Masculin
Age : 20- 24 24-26 26- 36

Volet B : Questions

1. *En informatique, êtes-vous ?*

Novice Occasionnel Affirmé Informaticien

2. *Avez-vous déjà utilisé les logiciels de Microsoft office ?*

Jamais Parfois Régulièrement

3. *Avez- vous déjà utilisé le logiciel de présentation, PowerPoint ?*

Jamais Parfois Régulièrement

4. *Avez-vous déjà utilisé PowerPoint pour réaliser des présentations professionnelles ?*

Jamais Parfois Régulièrement

5. *Avez-vous déjà utilisé un outil autre que PowerPoint pour réaliser des présentations professionnelles ?*

Oui Non et si oui le quel :

.....

Volet C: Expérimentation

Vous allez maintenant utiliser PowerPoint afin de réaliser une présentation sur un thème que vous choisissez à partir de vos exposés. Pour cela, suivez les instructions suivantes :

- Accédez au site PowerPoint (utilisez le lien qui se trouve sur le bureau) et lisez bien vos cours.
- Choisissez un thème pour le présenter (utilisez le lien thèmes).
- Utilisez PowerPoint pour réaliser votre présentation et après remplissez le questionnaire final.

Volet D : Questionnaire final

I. Etes-vous satisfait de l'aide proposée ?

A. Concernant le contenu de l'aide ?

- Dans la phase cours

pas de tout pas assez t Assez Oui

- Dans la phase de la création des présentations

pas de tout pas assez Assez Oui

B. Concernant le moment d'intervention proactive?

- Dans la phase cours

Pas de tout Pas assez Assez Oui

- Dans la phase de la création des présentations

Pas de tout pas assez Assez Oui

II. Avez-vous aimez la forme de l'aide proposée ?

A. Les messages affichés

Pas de tout Pas assez Assez Oui

B. Les exemples

Pas de tout Pas assez Assez Oui

C. La modification des interfaces

pas de tout Pas assez Assez Oui

III. Donnez un point pour l'aide proposée ?

0-3 4-6 6-9

IV. Commentaires et suggestions

.....
.....
.....

Nous vous remercions pour votre participation

A Propos de l'Auteur

Biographie

Nadia Beggari a obtenu son baccalauréat en science exacte en 2004. Dans la même année, elle rejoint le Département d'Informatique de l'université de Badji Mokhtar – Annaba (UBMA) pour suivre une formation en Mathématique et Informatique (MI) et obtint une licence en Informatique en 2007. Elle obtint un Master option Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle « RFIA » en 2009. Depuis cette date, elle prépare une thèse de Doctorat LMD 3ème Cycle qui traite de l'assistance pédagogique et les systèmes d'aide dans les environnements d'apprentissage à distance (EAD).

Courriel: nadiabeggari@hotmail.fr

Adresse: Laboratoire de Recherche en Informatique (LRI),
Groupe de recherche en e-Learning (GrElearn)
Département d'informatique,
Université Badji Mokhtar – Annaba, P.O. Box 12, 23000 Annaba, Algeria.

Publications Internationales

- 1- **Nadia Beggari** and Tahar Bouhadada ; “MISNA: Modeling and identification of the situations of needs for assistance in ILE”, Informatica, An International Journal of Computing and Informatics, Vol. 40, N°2, pp. 207-224, June 2016.

Communications Internationales

- 1- **Nadia Beggari** et Tahar Bouhadada ; “ Assistance Pédagogique basée Web Services dans un EIAH ” ; 5th International GUIDE Conference, November, 18-19, Roma, Italy, 2011, http://www.guideassociation.org/proceedings/Guide_2011/.
- 2- **Nadia Beggari** and Tahar Bouhadada ; “ Designing a model of assistance based web services in interactive learning environment”, Conference proceedings of eLearning and Software for Education,eLSE, Bucharest, April, 26 -27, 2012, Romania, Issue 02/2012, pp. 50-55, on www.cceol.com,

- 3- **Nadia Beggari** et Tahar Bouhadada ; “ Détection des situations d’assistance pédagogique par l’analyse de comportement dans un EIAH”, International Conference on Education and e-Learning Innovations (IEELI’12), Sousse 1-3 July 2012, Tunisia, <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=6353667>
- 4- **Nadia Beggari** and Tahar Bouhadada ; “ A Pedagogical Help System based Web Service”, 6th International GUIDE Conference, Athens, Greece October 04, 2013, http://www.guideassociation.org/proceedings/Guide_2013_Atene/.

Communications nationales

- 1- **Nadia Beggari** et Tahar Bouhadada; “ Conception d’un modèle d’assistance basée Web Services dans un environnement d’apprentissage a distance”, 1^{er} Séminaire Nationale sur les Technologies Educatives, SNTE’2012, 06-07 Mars 2012, Guelma
- 2- **Nadia Beggari** et Tahar Bouhadada ; “ Une approche orienté service web pour un système d’aide pédagogique”, 3^{ème} Journées Doctorales en Informatique de Guelma, JDI’13, 4-5 Décembre, Guelma 2013.
- 3- **Nadia Beggari** et Tahar Bouhadada ; “Modélisation des Situations de Besoins d’Assistance dans un EIAH : Le Modèle IMAC”, 4^{ème} Journées Doctorales en Informatique de Guelma, JDI’14, 03-04 Décembre, Guelma 2014.