

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département Informatique

Traces d'Activité et Analyse d'Usage de Produits de Formation

Mémoire de Master 2 Recherche

**Systèmes d'Information et de Connaissances
(SIC)**

Réalisé par :

Fahima DJELIL

Encadrement

Mr Rachid Ahmed-Ouamer

(Laboratoire de Recherche en Informatique LARI)

*A Mes Parents, Mes
Frères et Sœurs, et A Sofiane*

Remercîments

Mes remerciements vont tout d'abord, vers tous ceux qui ont contribué, de loin ou de près, à l'élaboration de ce projet, notamment mon encadrant, Monsieur Rachid Ahmed-Ouamer.

Je remercie également les membres du jury, pour m'avoir fait l'honneur d'évaluer ce travail.

Merci à vous tous, c'est-à-dire, lecteurs et lectrices qui découvrez ce travail.

Résumé

L'avènement des NTIC a amené un bouleversement dans la façon d'apprendre (processus d'apprentissage) et dans les produits de formation. Afin de définir des environnements en adéquation avec les besoins et les usages, nous proposons d'étudier le comportement d'apprenants en situation d'apprentissage en analysant leurs traces d'activités. Ces traces d'activités sont considérées comme source de connaissance et peuvent en conséquence être exploitées en retour pour analyser, soutenir et assister l'activité tracée. Dans le cadre de l'e-Learning, on s'intéresse aux traces d'activité de l'apprenant qui utilise un EIAH (Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain) afin par exemple d'élaborer un profil de l'apprenant. Les EIAH existants permettent en général d'obtenir des traces de l'activité des apprenants qui peuvent être des fichiers XML, des fichiers textes structurés, ou des bases de données, le modèle de ces traces étant souvent implicites et les traces d'EIAH existants sont relativement variées, à la fois dans leurs contenu et dans leurs représentation.

Objectif

L'objectif du sujet est de mettre en œuvre un système à base de traces, qui permet de stocker, transformer et interroger les traces de l'activité. Ce système doit permettre d'interroger les traces d'activités en effectuant des requêtes qui permettent d'obtenir des informations sur l'activité de l'utilisateur. Cette fonctionnalité est intéressante pour un auteur/concepteur d'EIAH ou un enseignant/formateur qui souhaiterait exploiter les traces d'activité de ses élèves afin d'obtenir des informations destinées à alimenter un profil de l'apprenant. Il s'agira ensuite d'exploiter ces informations afin de déterminer les modèles d'apprenants et des modèles comportementaux.

Mots clés

Connaissance, Trace d'activité, Modèle d'élève, EIAH, e-Learning.

Introduction Générale	8
Chapitre 1 : Etat de l'art	9
Introduction Générale.....	9
I. Traces et Usages de Traces	9
I.1. Définitions de la trace	9
I.2. Les modèles de traces	10
I.2.1. Définition	10
I.2.2. Structure d'un modèle de trace	10
I.3. Traitement des traces	11
I.3.1. Traitement standard des traces	11
I.3.2. Modèles de traitement des traces	12
I.3.2.1. Le modèle MUSETTE	12
I.3.2.1.1. Définition	12
I.3.2.1.2. Concepts	13
I.3.2.1.3. Approche de traitement de la trace	13
I.3.2.2. Le modèle CMC.....	14
I.4. Systèmes à base de traces (SBT)	14
I.4.1. Définition	14
I.4.2. Architecture.....	15
I.5. Exploitation des traces au sein des EIAH	16
I.6. Taxonomie des traces	17
I.7. Tour d'horizon de systèmes d'apprentissage utilisant les traces	19
II. Profils et modèles d'apprenant	20
II.1. Définitions	20
II.1.1. Profil d'apprenant.....	20
II.1.2. Modèle d'apprenant.....	20
II.2. Uniformisation du modèle de l'apprenant	20
II.2.1. Modèles génériques de profile d'apprenant	20
II.2.1.1. Le modèle général LMPA1234	20
II.2.1.2. Le modèle IPACO	21
II.2.2. PMDL, un langage pour la modélisation de l'apprenant	23
II.2.2.1. Définition	23
II.2.2.2. Notions de base.....	23
II.2.2.3. Structuration générale	23
II.2.2.4. Cadre d'application du langage PMDL	24
II. 3. Normalisation des données de l'apprenant	25
II.3.1. PAPILearner	25
II.3.2. IMS Learner Information Package (IMSLIP)	26
II.3.3. IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective (IMS RDCEO)	27
II.4. Acquisition du modèle de l'apprenant	27
II.4.1. Acquisition statique	27
II.4.2. Acquisition dynamique	28
II.4.3. Acquisition mixte	28

Conclusion	28
Chapitre 2 : Conception	29
Introduction	29
I. Démarche d'élaboration de profils d'apprenants à partir de traces d'activité	29
I.1. Schéma générale de la solution proposée	29
I.2. Mise en œuvre de la solution proposée	31
I.2.1. Définition d'un modèle de traces	32
I.2.2. Définition d'un modèle de profil d'apprenant	32
I.2.2.1. Structure et composantes du modèle d'apprenant	33
I.2.2.2. Association des éléments de profils aux différents indicateurs	33
I.2.3. Définition d'une chaîne de traitement des traces.....	35
I.2.4. Collecte de traces brutes	35
I.2.4.1. Choix d'une plateforme d'apprentissage pour la collecte de traces	35
I.2.4.2. Description de la situation d'apprentissage à observer.....	36
I.2.4.2.1. Scénario pédagogique	36
I.2.4.2.2. Organisation du cours	36
II. Conception d'un système à base de traces pour l'élaboration de profils d'apprenants	38
II.1. Présentation du système ATPA	38
II.2. Principe de fonctionnement du système ATPA.....	38
II.3. Architecture générale du système ATPA	38
II.4. Traitement de traces dans ATPA	40
II.4.1. Interprétation des traces	40
II.4.2. Calcul des indicateurs	41
II.4.3. Analyse des indicateurs	43
II.4.4. Déduction des valeurs de profil	43
II.5. Données additionnelles du système	44
Conclusion	44
Chapitre 3 : Réalisation	45
Introduction	45
I. Outils et langages de développement	45
I.1. les langages	45
I.1.1. Le langage Java	45
I.1.2. Le langage SQL	45
I.2. Les Outils	45
I.2.1. NetBeans EDI	45
I.2.2. MySQL	45
I.2.3. Apache	45
I.2.4. phpMyAdmin	45
I.2.5. WampServer	46

II. Description du système ATPA	46
II.1. Hiérarchie des classes du système	46
II.2. Description de la base de données	46
II.2.1. Données issues du processus de structuration des traces	47
II.2.2. Données issues du processus d'interprétation des traces	47
II.2.3. Données portant sur les produits de formation	47
II.2.4. Données issues du processus du calcul d'indicateurs (Base de faits)	51
II.2.5. Données indiquant les règles d'inférence (base de règles)	51
II.2.6. Données de profils	51
II.3. Description des IHMs	53
II.3.1. Description de la fenêtre principale	53
II.3.2. Description du panneau « <i>Contenu Pédagogique</i> »	54
II.3.3. Description du panneau « <i>Apprenants</i> »	56
Conclusion	58
Conclusion et Perspectives	59
Bibliographie	60
Annexes	63
A. Description de la base de données Moodle	63
A.1. La table stockant les traces brutes Moodle « mdl_log »	63
A.2. Les autres tables Moodle	63
B. Analyse d'indicateurs et déduction de profils dans ATPA	63
B.1. Analyse d'indicateurs	64
B.1.1. Analyse d'indicateurs pour l'évaluation du niveau de compétences	67
B.1.2. Analyse d'indicateurs pour l'évaluation du profil de préférences	67
B.1.2.1. Type d'environnement préféré	67
B.1.2.2. Type de présentation préférée	68
B.1.2.3. Pragmatisme	68
B.1.3. Analyse d'indicateurs pour l'évaluation du profil comportemental	69
B.1.3.1. Degré de motivation	69
B.1.3.2. Capacité d'assimilation	69
B.1.3.3. Capacité de mémorisation	70
B.1.3.4. Capacité de concentration	70
B.1.3.5. Assiduité	70
B.2. Règles d'inférence	71
B.2.1. Règles d'inférence du niveau de compétence	71
B.2.2. Règles d'inférence du type d'environnement préféré	71
B.2.3. Règles d'inférence du type de présentation préférée	72
B.2.4. Règles d'inférence de pragmatisme	73
B.2.5. Règles d'inférence de degré de motivation	73
B.2.6. Règles d'inférence de la capacité d'assimilation	74
B.2.7. Règles d'inférence de la capacité de mémorisation	75
B.2.8. Règles d'inférence de la capacité de concentration	75
B.2.9. Règles d'inférence du degré de l'assiduité	75

Introduction Générale

L'utilisation de l'informatique dans l'éducation remonte à plusieurs années et a donné lieu à de nombreuses recherches visant à favoriser l'apprentissage et une bonne appropriation des environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH). Plusieurs problématiques ont été soulevées, notamment celle de la modélisation des connaissances concernant l'apprenant.

Afin de comprendre la dynamique d'apprentissage d'un apprenant, et d'évaluer efficacement ses situations d'apprentissage, les recherches actuelles proposent d'observer et d'analyser les interactions de celui-ci avec son environnement en exploitant les informations contenues dans les traces d'interaction. Ces traces peuvent refléter les actions, le comportement ou les caractéristiques d'un apprenant. L'ensemble des informations de ces traces sont alors utilisées dans divers contextes : régulation des situations d'apprentissage, assistance au suivi des tuteurs, analyse des situations d'apprentissage par des chercheurs ou encore la déduction de profils d'apprenants.

De plus en plus d'environnements informatiques sont dotés d'un système de traçage des interactions entre le système et son utilisateur. Par ailleurs, il existe dans la littérature plusieurs travaux sur l'usage et l'exploitation des traces dans les EIAH. Il s'agit, pour la plus part des cas, d'une modélisation adaptée des traces d'interaction devant répondre à des objectifs particuliers d'observation, ainsi que la mise en œuvre d'une chaîne de traitement adéquate permettant la transformation des traces premières collectées en informations mieux élaborées et facilement exploitables.

La diversité des environnements, des types de collectes ainsi que des objectifs d'exploitations a conduit les chercheurs à orienter leurs efforts vers l'ingénierie des modèles. On parle alors de modèles de traces, de modèles de traitements ou encore de modèles de profils.

Dans ce travail de Master 2 Recherche, nous nous intéressons à l'exploitation de traces d'activités d'apprenants issues d'environnements informatiques pour l'apprentissage humain, en vue d'élaborer des profils d'apprenants.

Ce travail se propose tout d'abord de définir un modèle de traces qui permet la déduction du profil de l'apprenant. En suite, de définir les éléments du profil de l'apprenant à constituer. Et enfin, d'explicitier et de concevoir une chaîne de traitements qui permet la transformation des traces collectées et la déduction du profil de l'apprenant proprement dit.

Le présent document est organisé en trois chapitres. Le premier est un état de l'art consacré à l'étude des traces et des profils d'apprenants. Le second développe nos propositions pour l'élaboration de profils d'apprenants à partir de traces d'activités. Dans ce deuxième chapitre, nous expliquons notre chaîne de traitement de traces à travers l'architecture du système ATPA « Analyseur de Traces pour l'élaboration de Profils d'Apprenants », un système à base de traces conçu en vue de valider nos propositions. Le troisième chapitre est consacré à son implémentation. En fin, nous concluons en résumant nos principales réalisations et les perspectives ouvertes par notre travail. L'annexe A donne une brève description de la base de données Moodle, la plateforme utilisée pour réaliser la collecte de traces d'activités. L'annexe B fournit quelques détails sur le processus d'analyse des traces et le mécanisme de déduction des profils d'apprenants.

Chapitre 1

Etat de l'art

Introduction :

L'objectif de cet état de l'art est double. Il s'agit d'une part d'introduire la notion des traces et des usages des traces issues de situations d'apprentissage. Et d'une autre part d'effectuer un tour d'horizon sur l'ingénierie des profils d'apprenants. En ce sens, il constitue une aide pour la définition d'un modèle de traces et d'un modèle de profil.

I. Traces et usages des traces :

1. Définition de la trace :

Plusieurs définitions de la notion de la trace ont été proposées. Ainsi, [Laflaquière2007] définit le terme « *trace d'utilisation* » comme faisant référence à un « marquage par l'activité », et propose une définition générale des *traces numériques*, comme tout enregistrement automatique temporalisé et exploitable, dont les constituants sont liés à la manipulation de l'environnement numérique impliqué.

Dans le même sens, [Pernin2005] définit une trace comme 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'événements relatifs au déroulement de la situation d'apprentissage.

D'après [Jermann2001], une trace est une observation ou un enregistrement de l'interaction de l'apprenant avec un système en vue d'une analyse.

Selon [Champin2004a], la trace est 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* ».

[Ollagner-Beldame2007] retient la définition suivante de « traces informatiques d'interactions » : Ce sont des « *séquences d'informations inscrites, par et dans l'environnement, relatives à l'utilisation qu'un individu en a faite* ».

De la même manière, [Settouti2005] définit la trace comme *une séquence temporelle d'observés*. 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 et le terme *observés* dénote que les données de la trace sont issues d'une observation.

Dans ces six définitions, une trace est une trace d'activité, d'utilisation, ou d'interaction. Il ne lui est pas associé d'interprétation sur la situation d'apprentissage. Dans [Rozé2005], et [Bousbia2011b], elles sont qualifiées de traces primaires, brutes, de base ou de bas niveau. Ces traces subissent des traitements pour fournir des informations de « plus haut niveau » appelées indicateurs.

2. Les modèles de traces :

Plusieurs travaux se sont intéressés à la modélisation des traces, et plusieurs modèles de traces ont été dégagés.

2.1. Définition :

D'après [Laflaquière2007] un modèle de trace n'est rien d'autre que le vocabulaire de la trace. Il considère que le modèle de trace permet la compréhension et la manipulation de la trace en décrivant abstraitement ses éléments. Il propose alors les définitions suivantes :

- ✓ *Observé* : tout objet informatique décrivant un élément issu de l'observation de l'activité d'utilisation d'un environnement informatique. En tant que résultat de l'observation de cette activité/processus se déroulant dans le temps, une trace sera constituée d'observés temporellement situés.
- ✓ *Relation* : toute relation permettant d'exprimer des liens entre observés autres que temporels.
- ✓ *Trace modélisée, ou M-trace* : l'association d'une collection d'observés temporellement situés structurée par leurs relations et d'un modèle explicite de cette collection.

2.2. Structure d'un modèle de trace :

Dans la littérature des EIAH utilisant les traces, il n'existe pas de modèles standards de traces. Néanmoins, certains auteurs, se basant sur des travaux antérieurs, ont tenté de proposer quelques modèles plus au moins génériques.

Ainsi, dans [Cram 2007] un modèle générique de traces a été défini grâce à un diagramme de classes. Dans ce modèle de trace (Figure I.1), la trace est une suite ordonnée d'*observés*, où chaque *observé* contient les informations relatives à ce qui a été observé : la *date*, l'*action* effectuée, les *entités* affectées par l'action, et l'*acteur* de l'action.

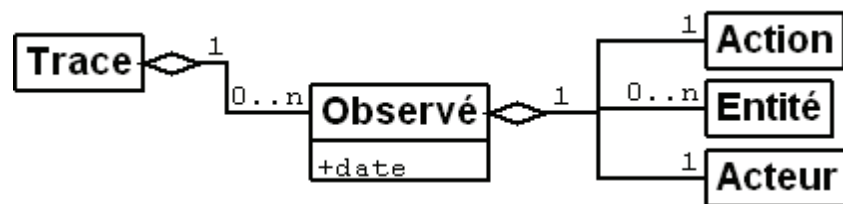


Figure I.1 : modèle de traces selon [Cram2007].

A la suite d'observation des traces existantes, Rozé.G dans [Rozé2005] a décrit un format de traces général afin de pouvoir traiter les traces les plus fréquemment rencontrées dans des situations d'apprentissage. Dans ce modèle de traces (Figure I.2), une trace est constituée de deux éléments obligatoires qui sont un *évènement* et une *marque temporelle*, autour desquels on trouve un *indice facultatif de localisation* ainsi que d'éventuelles *notes en format libre*.

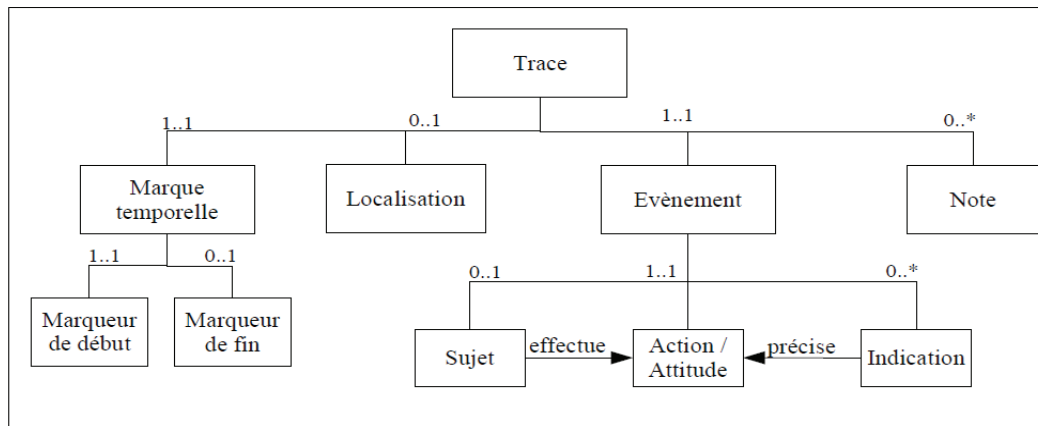


Figure I.2 : modèle de traces selon [Rozé 2005].

De son côté Bousbia. N dans [Bousbia2011b], propose un modèle de traces dans lequel la trace est structurée en une séquence temporelle d'états qui sont des pages web et des transitions qui sont toutes les actions effectuées sur les pages. Ces traces sont enregistrées pour chaque apprenant (user) du début jusqu'à la fin de la session d'apprentissage (time_start, time_end), c'est à dire, depuis sa connexion jusqu'à sa déconnexion de la plateforme de formation. La structure des traces est présentée dans la figure suivante :

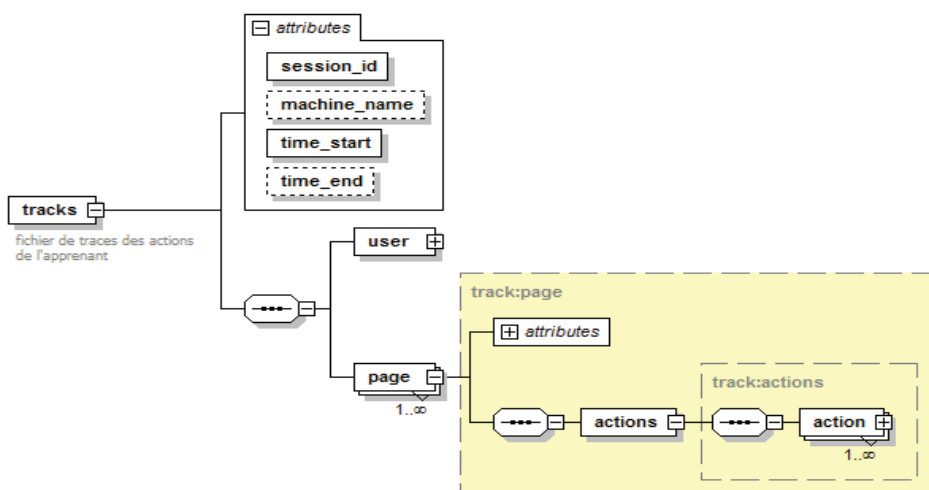


Figure I.3 : modèle de traces selon [Bousbia2011b].

3. Traitement de traces :

3.1. Traitement standard de traces :

Dans toutes les expérimentations et les travaux portant sur l'utilisation des traces dans les EIAH. Les traces obtenues passent par différentes étapes avant d'être exploitées :

- **1^{ère} étape** : la première étape à franchir est *la collecte des traces*, cette collecte peut s'effectuer [Rozé 2005]:

- de façon manuelle par un observateur humain, acteur ou non de la situation d'apprentissage.
- de façon audiovisuelle via des dispositifs de capture (caméras, microphones).
- de façon numérique à travers les artefacts informatiques utilisés lors de la situation d'apprentissage.

De plus, cette collecte peut être réalisée directement lors de la situation d'apprentissage ou indirectement par l'intermédiaire de questionnaires remis aux acteurs.

A l'issue de cette étape, on récupère des traces primaires de l'activité observée.

- **2^{ème} étape** : c'est la phase de **transformation** ou de **structuration** durant laquelle les traces primaires peuvent subir plusieurs traitements [Loghin 2006]:
 - **Nettoyage** : supprime les traces qui ne sont pas générés par l'action explicite de l'utilisateur. Elle consiste à éliminer par exemple les images requises par la page web.
 - **Fusion** : les traces collectées peuvent provenir de sources différentes (fichiers texte, image, ...), et ne sont pas forcément du même niveau de granularité. Une vision globale de l'activité nécessite une fusion des différentes traces.
 - **Filtrage** : son but est d'extraire un sous-ensemble des traces pertinentes par rapport à l'objectif de l'analyse.
 - **Structuration** : permet de faciliter l'interprétation des traces. A ce stade, les traces collectées sont regroupées, réarrangées, annotées pour faciliter leur interprétation.
- **3^{ème} étape** : est la phase d'**analyse** qui consiste à guider l'interprétation des traces par l'analyste. Des outils spécifiques de visualisation et de représentation du résultat peuvent être utilisés afin de faciliter la tâche de l'analyste.

3.2. Modèles de traitement des traces :

Les mécanismes nécessaires au traitement de la trace depuis sa collection jusqu'à son utilisation sont étudiés et modélisés. Plusieurs modèles pour le traitement des traces ont donc vu le jour. Nous en citons deux très célèbres, le modèle Musette et le modèle CMC.

3.2.1. Le modèle MUSETTE :

3.2.1.1. Définition :

Le modèle Musette [Champin2004b] « *Modéliser les Utilisations et les Tâches pour Tracer l'Expérience* » a été conçu pour la modélisation de l'expérience et ses applications dans l'assistance à base de traces. Son application dans un EIAH permet le retour d'informations sur son apprentissage à l'apprenant.

3.2.1.2. Concepts :

Musette définit les éléments suivants :

- **Un modèle d'utilisation** : permet de déterminer les constituants de la trace. D'après [Ollagner-Beldame2007] et [Mille & Prié 2006] ce modèle peut se définir comme une ontologie qui décrit l'utilisation du système tracé.
- **Un modèle d'observation** : désigne la façon dont la trace sera générée. Il est décrit comme un ensemble de règles qui décrivent le processus de production de la trace.
- **Les objets d'intérêt (OI)** : sont les éléments d'interaction qui constituent la trace. Ils sont de trois types :
 - **Entité** : correspond à un objet physiquement présent dans l'environnement de l'utilisateur.
 - **Evènement** : correspond à un objet qui représente les actions possibles de l'utilisateur.
 - **Relation** : exprime des liens entre les entités et les évènements.

3.2.1.3. Approche de traitement de la trace :

Musette propose un traitement des traces en trois étapes (Figure I.4) : une phase d'observation, une phase d'analyse et une phase d'assistance. Le traitement se déroule comme suit :

- Un *utilisateur* interagit avec le *système*.
- Un *agent observateur*, conformément à un *modèle d'observation*, génère à partir des interactions de l'utilisateur avec le système, une *trace primitive* respectant un *modèle d'utilisation*.
- Un *analyseur générique de trace* en extrait alors des *épisodes*, en accord avec des *signatures de tâches expliquées*.
- Ces *épisodes* peuvent être réutilisés par des *agents assistants*, pouvant soit assister l'utilisateur comme des agents clairement distincts du système (assistance directe), soit par modification du système (assistance médiée).

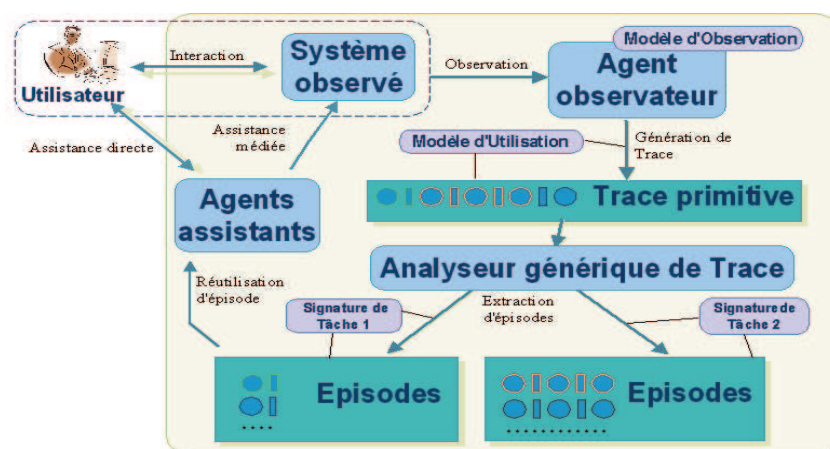


Figure I.4: le modèle MUSETTE.

3.2.2. Le modèle CMC :

Le modèle CMC « Collaboration Management Cycle », est proposé par Jermann.P dans [Jermann2001]. Il a été conçu dans un objectif de régulation des situations d'apprentissage collaboratif. Le modèle est un cycle qui comprend 4 étapes (Figure I.5) :

1. La phase de *collecte des données* : durant laquelle l'interaction est observée et enregistrée.
2. La phase de *structuration en indicateurs* : durant cette phase des indicateurs sont calculés en instanciant un *modèle d'interaction* avec les données obtenues dans la première étape.
3. La phase de *diagnostic* : cette étape permet de réaliser un diagnostic de l'interaction en comparant l'état de l'interaction effectif à un modèle d'interaction idéal. Ce dernier est défini comme un ensemble d'indicateurs décrivant les états d'interaction souhaités et les états d'interaction non souhaités.
4. La phase de *remédiation* : permet de proposer des actions de remédiation, si après le diagnostic, l'état de l'interaction effectif ne correspond pas à l'état souhaité.

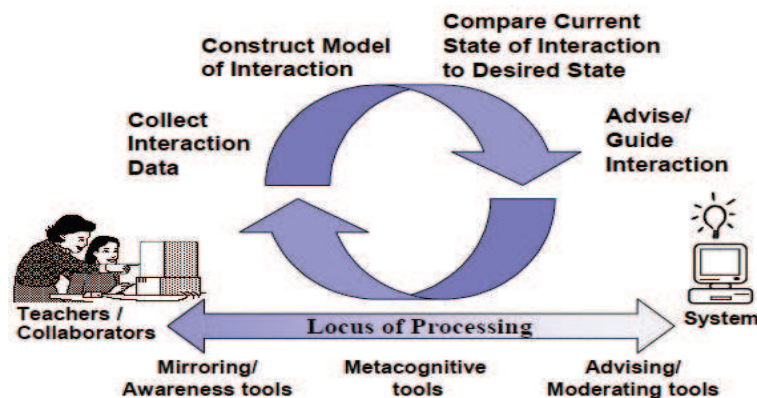


Figure I.5 : le modèle CMC.

4. Systèmes à base de traces (SBT) :

Un Système à Base de Traces (SBT) est proposé par Settouti L.S et son équipe [Settouti 2005] pour gérer des traces modélisées. Une trace modélisée dans un SBT est décrite par un modèle de trace et un ensemble d'instances de ce modèle, où chaque instance est située dans l'axe du temps [Djouad2009].

4.1. Définition :

Settouti L.S définit un système à base traces comme un système informatique permettant et facilitant la manipulation des traces [Settouti2005].

4.2. Architecture :

L'architecture d'un système à base de traces est schématisée sur la figure I.6, elle regroupe les éléments suivants [Settouti 2005] :

1. **SBT Kernel** : c'est le noyau du système. Il est constitué d':
 - **une base de traces** : est l'ensemble des traces du SBT et de leurs modèles. Elle permet le stockage permanent et l'accès à tout moment aux traces. cette base de traces peut être une collection de fichiers XML ou une base de données temporelle. L'exploitation de la trace consiste en partie en sa transformation.
 - **un système de transformation** : s'occupe des différentes transformations T requises lors de la modification et manipulation de la trace. Ce système permet de modifier la trace en enrichissant ou filtrant ses données, de modifier le modèle de trace, de mettre à jour la base de traces ou bien de faire des transformations automatiques en utilisant un modèle de transformation.
 - **Le modèle de transformation** : est un ensemble de règles formelles explicitées dans un certain langage.
2. **Système de requêtes** : permet d'interroger la base de traces. Les requêtes peuvent concerner une ou plusieurs traces. Ce système permet de partager *des modèles de requêtes* entre différents utilisateurs.
3. **Source de traçage** : un fichier ou un flux de données dans un format explicite quelconque. C'est une ressource disponible à tout moment dans le SBT. Une source de traçage devient une trace lorsqu'on lui associe un modèle de trace.
4. **Système de collecte** : un ensemble structuré de processus permettant de convertir les données en traces en utilisant les outils adéquats.
5. **Système de visualisation** : permet de visualiser les traces et de faciliter leur analyse et interprétation.
6. **Système de gestion des traces** : concerne la gestion des modèles (de trace, de transformation, et de requête). Il permet l'ajout ou la suppression des traces. Il regroupe les processus de conservation des traces et des droits d'administration de ces traces.

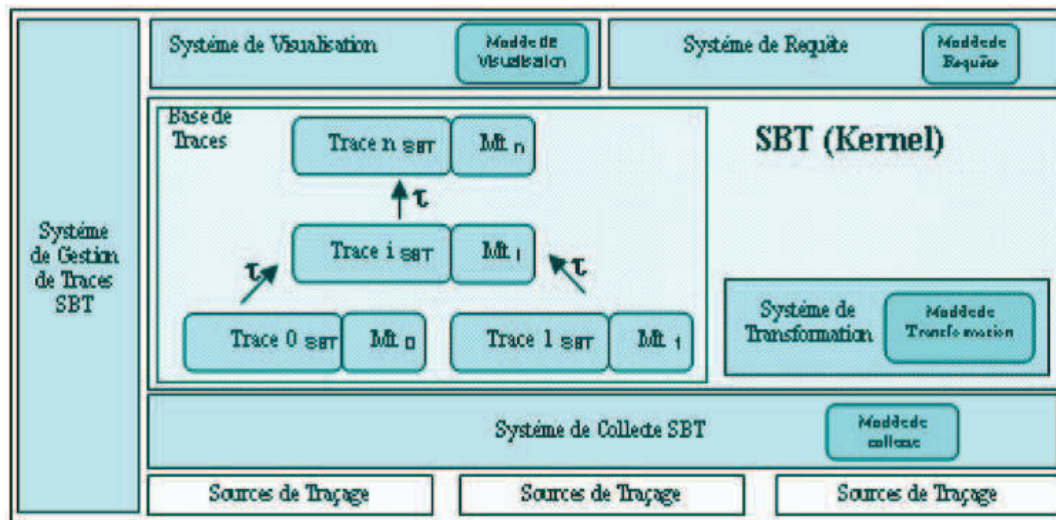


Figure I.6: architecture du SBT.

5. Exploitation des traces au sein des EIAH :

Les traces sont largement utilisées dans les EIAH, et l'exploitation qui en est faite est très diverse. On distingue essentiellement les trois cas d'usage suivants:

- **Visualisation de l'activité d'apprentissage :** certains environnements proposent une visualisation des traces d'interaction. Ils diffèrent selon que les traces soient destinées à l'apprenant lui-même, ou bien à un analyste de la situation, qui n'est pas l'utilisateur de l'environnement.

Dans un environnement d'apprentissage individuel, la visualisation des interactions par l'apprenant peut l'aider à examiner ses performances et à réguler ses activités. Dans le cas de situations d'apprentissage collaboratif, une représentation de l'histoire interactionnelle de l'activité peut aider les apprenants à mieux coordonner leurs actions.

Lorsque les informations sont visualisées par un analyste, celui-ci peut être un tuteur qui veut suivre l'état d'avancement du travail des apprenants, ou un chercheur/enseignant qui vise à caractériser les interactions afin par exemple de construire un modèle de l'apprenant.

- **Evaluation de l'activité d'apprentissage :**
Les systèmes entrant dans cette catégorie d'exploitation, permettent d'évaluer l'état des interactions et se divisent en deux groupes : ceux qui réalisent des calculs sur les traces premières (fichiers logs) en vue de les présenter aux participants de la situation, et ceux qui comparent les actions effectives de l'utilisateur à un modèle d'actions prévues, afin par exemple de personnaliser l'interface.
- **Assistance de l'activité d'apprentissage :**
Il s'agit d'une analyse de l'état des interactions afin d'offrir des conseils d'utilisation de l'environnement et de faciliter son appropriation par l'apprenant.

6. Taxonomie des traces:

Une taxonomie des traces permet de regrouper différentes approches d'exploitation de traces dans une même structure. Elle permet donc de définir pour un type de traces donné, le traitement correspondant.

Une taxonomie des traces a été proposée par Rozé.G dans le cadre du projet ACTEURS TICE¹ [Rozé2005]. Ont été alors dégagés quatre groupes de traces classifiées suivant le contenu de l'information qu'elles portent, et trois autres classes selon leur exploitation possible :

1. Traces portant des *informations d'identification* : les informations personnelles et les informatiques techniques liées au support utilisé.
2. Traces liées à *l'exploitation d'une ressource*.
3. Traces relatives à *l'activité d'apprentissage*.
4. Traces liées à *l'activité de communication*.

Les traces ainsi classifiées se distinguent alors selon :

1. Le *caractère de la situation* d'apprentissage (individuel ou collectif).
2. La *valeur d'usage de la trace* (qualitative comme le résultat d'un test ou quantitative comme la durée de connexion à une ressource).
3. Le *cadre usuel d'exploitation* de la trace (étude de la connaissance de l'apprenant ou étude de son comportement).

La classification des traces selon leur contenu et leur exploitation possible est présentée sur le tableau ci-dessous :

Type	Contenu	Exploitation possible
INFORMATIONS	Information personnelles : (âge, genre, classe...)	Identifier l'apprenant
	Informations techniques (version du système, adresse IP, navigateur, système d'exploitation...)	
RESSOURCES	Nom (référence) de la ressource traité par un apprenant à un moment donné	Inform/Tenir au courant le tuteur
	Nombre d'accès	Dégager des informations sur l'apprenant (capacités, compétences, ...)
	Durée de consultation /connexion	Evaluer le niveau d'activité

¹ Activités Collectives et Tutorat dans l'Enseignement Universitaire : Réalités, Scénarios et usages des TICE.

	Origine de l'accès à la ressource	Dégager le cheminement Conceptuel
	Historique du parcours des ressources	Dégager le cheminement conceptuel / profil d'apprenant
Activité d'APPRENTISSAGE	Qualité d'une production	Evaluation de l'assimilation de concepts/connaissances
	Temps de réponse à une question	Evaluation
	Tests antérieurs	Capitalisation pour permettre une adaptation
	Réalisations d'actions (ex : exécution, débogage)	Suivi du travail de l'apprenant / Respect du scénario
Activité de COMMUNICATION	Nombre messages envoyés (mail)	Améliorer la régulation d'un groupe
	Nombre messages reçus (mail)	
	Nombre messages postés (forum)	Evaluer l'interaction dans un groupe
	Nombre messages lus (forum)	
	Destinataire des messages	
	Fréquence des messages (sur une période donnée)	Améliorer la régulation d'un groupe / Evaluer la réactivité
	Message de communication (contenu)	Evaluer la qualité des interactions
	Demande d'aide en ligne	Evaluer l'adéquation d'une ressource / Fournir une aide
	Demande d'assistance au tuteur	Régulation de la situation

Tableau I.1 : Classification des traces selon Rozé. G.

7. Tour d'horizon de systèmes d'apprentissage utilisant les traces :

Beaucoup d'environnements supportant l'activité d'apprentissage utilisent les traces, et ce pour des usages multiples. Ci-dessous sont cités quelques exemples de ces systèmes :

- SYCATA « SYstème pour la Collecte et l'Analyse des Traces d'Apprentissage collaboratif » [Lafifi2009] a été créé dans le but de faciliter l'évaluation des apprenants par le tuteur afin de lui offrir une bonne assistance durant ses activités d'apprentissage. L'apprenant peut consulter son profil cognitif ou comportemental, et une visualisation des traces est offerte au tuteur lui permettant de prendre connaissance des comportements et des progrès de chaque apprenant.
- SYSAT (SYstème pour le Soutien des Apprenants et des Tuteurs) [Oumaira2011] est un système qui a pour objectif l'analyse des interactions en vue d'assister le tuteur dans le suivi des apprenants et des groupes. Ce système se base sur le calcul d'indicateurs lors de l'analyse automatique des interactions. Certains indicateurs portent des informations sur les opérations cognitives de l'individu ou du groupe relatives à l'acquisition des connaissances lors des activités d'apprentissage, et d'autres indiquent la qualité de communication et de collaboration au sein d'un groupe. Ces informations sont visualisées sous formes de graphes.
- Pixed (Project Integrating eXperience in Distance Learning) [Heraud2004] est un hypermédia adaptatif développé dans le but de réutiliser les traces d'interaction afin d'offrir aux apprenants une aide de navigation dans l'espace d'apprentissage. Ce système se base sur les épisodes d'apprentissage définis dans l'approche Musette. Il est capable de reconnaître des situations d'apprentissage similaires qui vont servir à proposer des chemins de navigation adaptés.
- CourseVis [Mazza2004] est un outil de visualisation qui à partir des traces d'interactions provenant d'un CMS « Course Management System », produit des représentations géométriques diverses de ces interactions, afin d'être exploités et manipulés par des enseignants en vue d'une analyse des aspects sociaux, cognitifs et comportementaux des apprenants.

II. Profils et modèles d'apprenants :

1. Définitions :

1.1. Profil d'apprenant :

Un profil d'apprenant est défini dans [Jean-Daubias 2011a] comme un ensemble d'informations interprétées, concernant un apprenant ou un groupe d'apprenants, collectées ou déduites à l'issue d'une ou plusieurs activités pédagogiques, qu'elles soient ou non informatisées. Ces informations représentent les connaissances, compétences, conceptions, comportement, ou encore des informations d'ordre métacognitif de l'apprenant.

1.2. Modèle d'apprenant :

Jean-Daubias. S [Jean-Daubias 2011b] donne la définition suivante du modèle de l'apprenant : « Le terme de modèle correspond à la modélisation générique des apprenants dans un système informatique ». Et elle ajoute : « Le profil de l'apprenant peut être considéré comme l'instanciation du modèle de l'apprenant dans le système ».

2. Uniformisation des profils d'apprenants :

Des travaux sur l'uniformisation et la réutilisation de profils d'apprenants ont été dirigés par Jean-Daubias.S [Jean-Daubias 2011a] et Carole Eyssautier-Bavay [Eyssautier-Bavay 2008], [Eyssautier-Bavay 2009]. Une approche générique pour la gestion de profils a été alors proposée, donnant naissance à deux modèles de profils de base et un langage de modélisation de profils pour la définition de modèles de profils d'apprenants.

2.1. Modèles génériques de profils d'apprenant :

2.1.1. Le modèle général LMPA1234 :

Il s'agit d'un modèle théorique qui peut être mis en œuvre de façon opérationnelle. La figure I.7 illustre les différents niveaux de ce modèle. [Jean-Daubias 2011b]

- **Niveau 3 : langage de modélisation de profils**

Le langage de modélisation de profils est un modèle, défini dans le cadre de recherches en EIAH, spécifiant les éléments de base, représentés par quatre formes géométriques sur la figure I.7, permettant de constituer tous les profils d'apprenants couverts par le modèle. Ce langage est à un niveau d'abstraction élevé, garant de généralité. Il ne contient pas d'information disciplinaire ou liée à un niveau scolaire donné, ni même liée aux types d'informations qui seront stockées (connaissances, compétences ou méta-connaissances par exemple).

- **Niveau 2 : modèles de profils**

Les modèles de profils sont définis par l'exploitant du langage (par exemple un concepteur pédagogique), chaque modèle étant adapté à un domaine donné, à un niveau scolaire donné, dans un contexte donné. C'est lors de l'instanciation des éléments de base du langage que la sémantique des profils est introduite. Un modèle de profils est une description de l'organisation et de la structure des profils d'apprenants. Il s'agit d'un modèle général des profils d'apprenants qui vont ensuite être établis. Le passage du

niveau 3 au niveau 2 sur la figure I.7 représente le lieu de l'articulation entre généralité et spécificité du modèle.

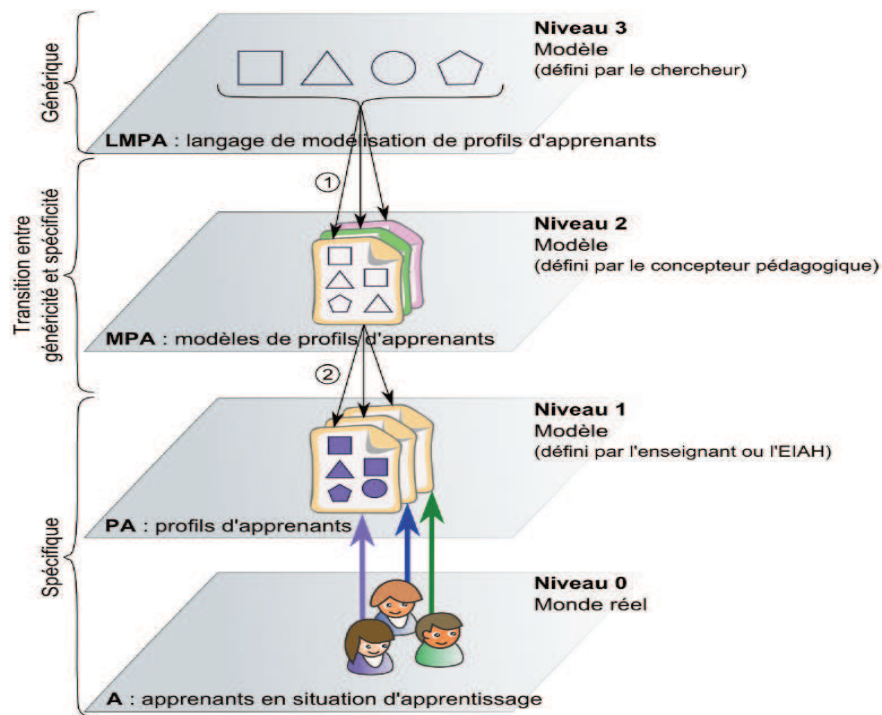


Figure I.7: modèle de profil d'apprenant LMPA1234.

- **Niveau 1 : profils d'apprenants**

Un modèle de profils est instancié avec les données des apprenants, constituant ainsi les profils des différents apprenants. Le profil d'apprenant défini par l'enseignant ou par le système informatique ayant fait le diagnostic, a par définition la même structure que le modèle de profils qu'il instancie. Le profil d'apprenant a un niveau d'abstraction plus faible : c'est un modèle de l'état des connaissances d'un apprenant donné dans un contexte donné à un moment donné.

- **Niveau 0 : apprenants en situation d'apprentissage**

Seuls les apprenants en situation d'apprentissage sont la réalité et non une modélisation de celle-ci.

2.1.2. Le modèle IPACO :

Le modèle IPACO (Informations personnelles-Préférences- Apprentissage - Caractéristiques- Objectifs) s'appuie sur le modèle de profils d'apprenants LMPA1234 et ses quatre niveaux d'abstraction. L'originalité de ce modèle est la séparation en différents types de modèles de profils de l'apprenant (Figure I.8): [Jean-Daubias 2011b]

1. **Modèle des Informations personnelles:** les informations personnelles sont la partie statique du profil. Elles sont de deux catégories :

- L'ensemble d'attributs d'identification de l'apprenant, tel que son nom, son prénom, son adresse ou des données sur le contexte scolaire de l'apprenant

- comme l'identifiant de la classe, redoublant ou non, options choisies, établissements précédents.
- L'ensemble d'attributs démographiques comme la date de naissance de l'apprenant ou son genre.
2. **Modèle de profil de Préférences** : rassemble les préférences de l'apprenant relatives à l'utilisation d'un logiciel particulier ou ses préférences globales, valables dans tous les contextes comme la préférence d'un apprenant pour la vidéo par rapport au texte, son goût pour du texte en bleu et plutôt qu'en noir, ou encore sa préférence pour qu'un enseignement commence par un exemple et non par une introduction théorique.
 3. **Modèle de profil d'Apprentissage** : contient des informations caractérisant l'état des connaissances (comme la maîtrise du français, avec un taux de réussite de 73%), et des compétences (par exemple faible niveau de lecture).
 4. **Modèle de profil de Caractéristiques** : contient des informations permettant de décrire l'apprenant du point de vue de ses éventuels handicaps (par exemple vue 30%, ouïe 90% ou fatigue visuelle) qui peuvent être décrits de manière fine.
 5. **Modèle des Objectifs d'apprentissage** : sont les buts d'apprentissage de l'apprenant déterminés avant la formation ou la session d'apprentissage. Ils permettent à l'apprenant lui-même ou à son responsable de spécifier les buts en termes de connaissances et/ou compétences à atteindre à l'issue de la formation.

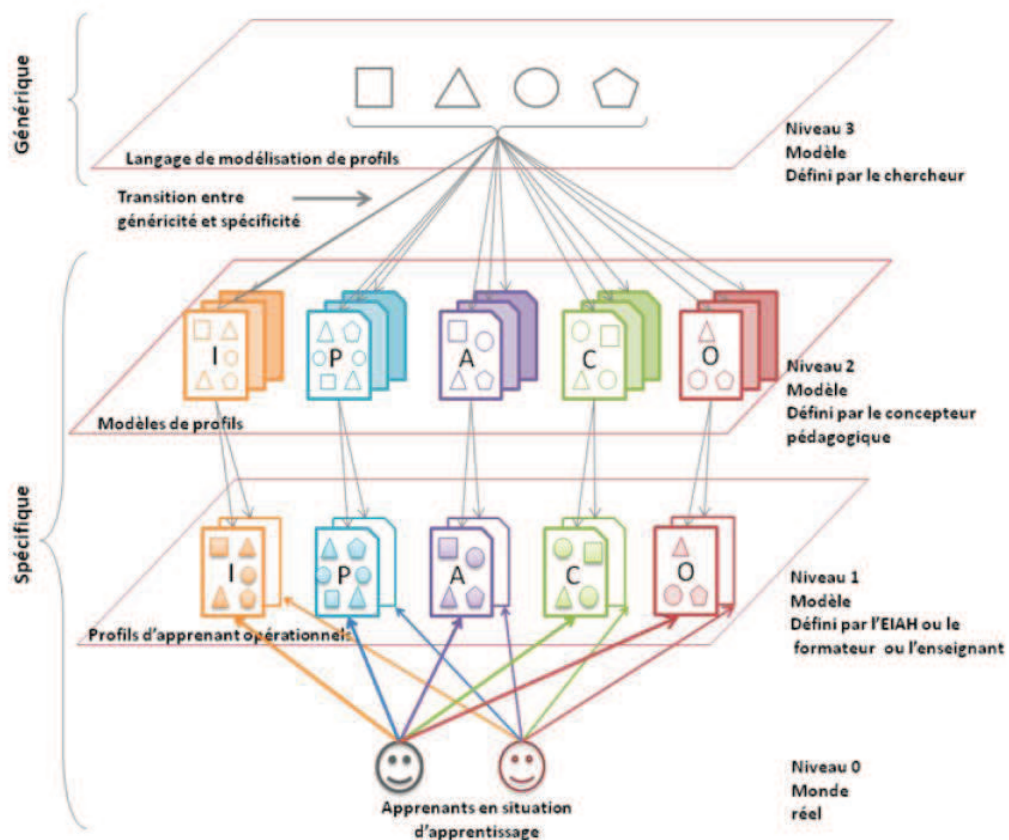


Figure I.8 : modèle de profil d'apprenant IPACO.

2.2. PMDL, un langage pour la modélisation de l'apprenant :

2.2.1. Définition :

Le langage PMDL (Profiles MoDeling Language) ou langage de modélisation de profils est proposée par Eyssautier-Bavay.C [Eyssautier-Bavay 2008] dans l'objectif de permettre à l'enseignant ou concepteur pédagogique de modéliser les profils pour faciliter leur réutilisation. Ce modèle est basé sur la catégorisation des informations contenues dans les profils présentée dans le paragraphe précédent.

2.2.2. Notion de base :

PMDL définit quatre notions de base qui sont [Eyssautier-Bavay 2008] :

1. **Composante de profil** : c'est l'intitulé d'une compétence, connaissance, conception ou comportement, associé à un identificateur permettant son identification unique. Il est possible de définir une hiérarchie de composantes. A titre d'exemple : « Maîtrise de l'addition » est une *composante* et « maîtrise de l'addition des nombres décimaux » et « maîtrise des additions avec retenue » sont deux de ses sous composantes.
2. **Lien entre composantes** : met en relation deux composantes ou une composante avec elle même.
3. **Valeur de composante** : peut être attribuée à une composante ou à un lien. Elle peut être de plusieurs types (numériques, textuelles,...).
4. **Echelle** : ensemble de valeur de même type, sémantiquement liées, ordonnées, servant à évaluer les composantes. Par exemples « non acquis, en cours d'acquisition, acquis » est une échelle comportant trois valeurs.

2.2.3. Structuration générale :

La figure I.8 présente la structuration générale du langage PMDL [Jean-Daubias 2009]. Ce langage décrit un *profil* comme étant constitué d'un *nom*, d'un *identifiant*, d'une *date-creation*, d'une partie *structure*, d'une partie *donnees* et éventuellement d'un *commentaire*.

- La partie *structure* est composée d'une ou plusieurs informations générales sur l'élève, *info_eleve* et d'un ensemble non vide d'*element*.
 - Une *info_eleve*, considérée comme élément de base de PMDL, est constituée d'un *identifiant*, d'un *intitule* de type chaîne de caractères ou d'une liste énumérée, *enum*.
 - Un *element* est constitué d'un *nom*, d'un *identifiant*, éventuellement d'un *commentaire* et d'un *contenu*, qui peut être de quatre types : *liste_composantes*, *liste_repartition*, *graphe* et *texte*.
- La partie *donnees* du *profil* est composée, comme la partie *structure*, d'un ensemble d'informations sur l'élève, ainsi que d'un ensemble d'*element_p*.
 - Une *info_eleve_p* est constituée d'un *identifiant* et d'une *valeur_info*. Il existera autant d'*info_eleve_p* (respectivement *element_p*) que d'*info_eleve* (respectivement *element*) précédemment déclarés.
 - Pour chaque *identifiant* d'*element* et d'*info_eleve* déclaré, il existera un *element_p* reprenant cet *identifiant* et lui associant un *contenu_p* de même type que le *contenu* précédemment déclaré.

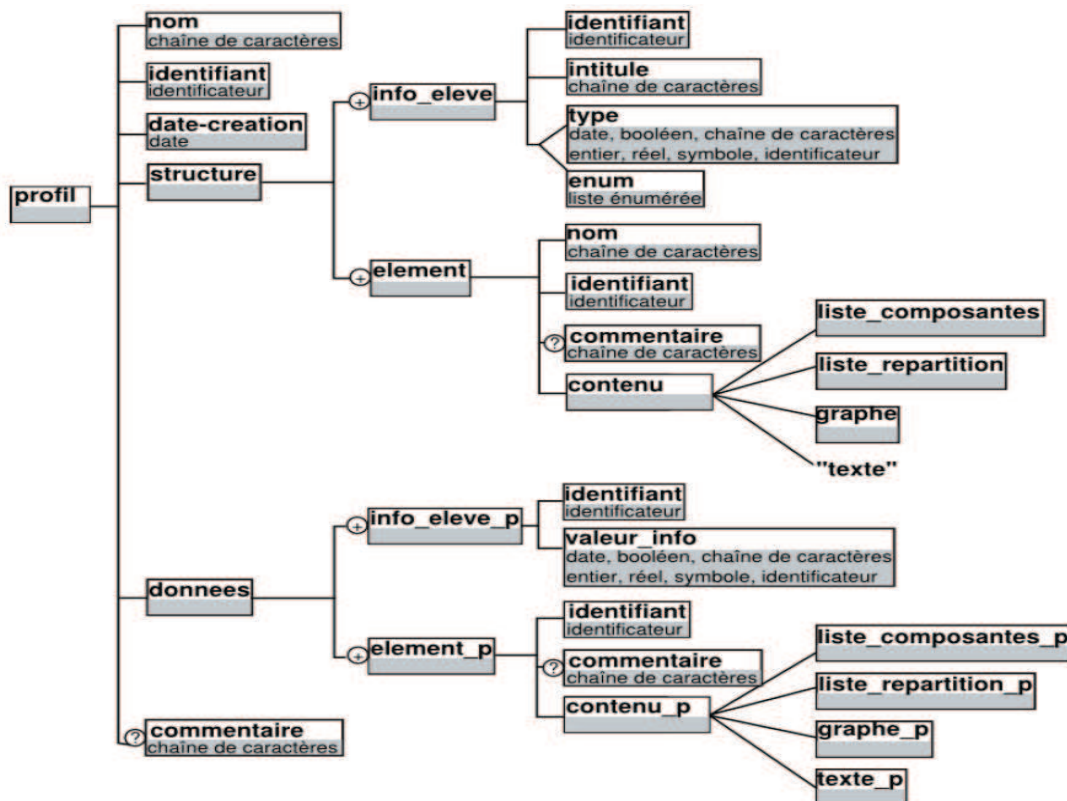


Figure I.9 : Structuration générale simplifiée de PMDL.

2.2.4. Cadre d'application du langage PMDL :

L'objectif de ce cadre est de caractériser les informations que le langage PMDL permet d'exprimer et celles qu'il ne permet pas [Eyssautier-Bavay 2008]. Il offre ainsi à un concepteur pédagogique utilisant un profil d'apprenant d'évaluer la pertinence de PMDL pour répondre à ses besoins de définition de modèles de profils. Ce cadre évalue le degré d'expressivité de PMDL à l'aide de dix critères (Figure I.10).

Selon ce cadre :

- les *traces non interprétées* sont impossibles à exprimer à travers PMDL
- les *données personnelles issues d'activités individuelles en termes de connaissances, compétences et conceptions* sont parfaitement exprimables.
- les huit autres critères (*temporalité, temps passé sur les activités, modèle comportemental de l'apprenant, données de pairs, données issues d'activités collaboratives, productions de l'apprenant, modèle du domaine, organisation des éléments du profil entre eux*) sont exprimables à des degrés intermédiaires par PMDL.

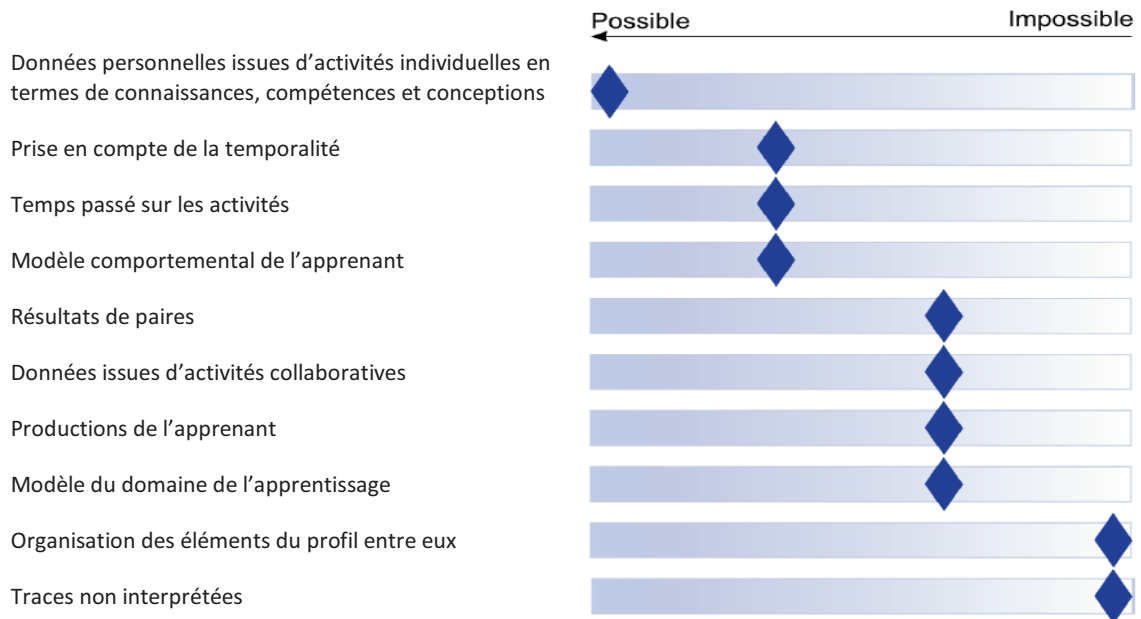


Figure I.10 : cadre d'application de PMDL.

3. Normalisation des données de l'apprenant :

Les informations collectées sur l'apprenant dans sa tâche d'apprentissage sont diverses en terme de contenu et de structure, ce qui implique une hétérogénéité des profils qui ne permet pas la réutilisation aisée de ces informations [Eyssautier-Bavay 2008]. Plusieurs travaux se sont alors intéressés à la normalisation des données personnelles des apprenants.

3.1. PAPILearner:

PAPILearner (Public And Private Information Learner specification) est un standard proposé par le groupe Learner Model Working Group de l'IEEE pour spécifier la syntaxe et la sémantique d'un modèle de l'apprenant. Il permet d'avoir un modèle d'apprenant défini selon un standard et donc de le conserver durant toute la formation puis la vie professionnelle ou encore de permettre aux enseignants de développer des contenus pédagogiques adaptés aux modèles apprenants définis selon cette spécification.

Ce langage identifie six types d'informations contenues dans le profil. La figure donne une représentation graphique de ces éléments regroupés par catégories thématiques.

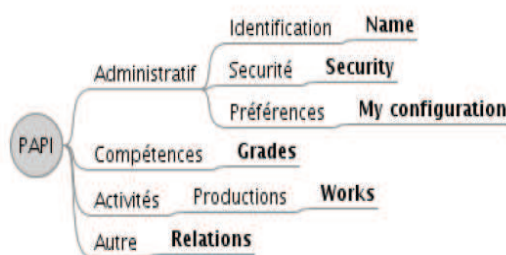


Figure I.11 : Regroupement thématique des éléments de PAPI.

En gras apparaissent les éléments de la spécification PAPI :

- *Name* : informations personnelles sur l'apprenant. Utilisées principalement par l'administration (nom, adresse, numéro de sécurité sociale, etc.)
- *Relations* : informations concernant les relations entre l'apprenant et les autres utilisateurs du système (camarades de classe, enseignants, etc.)
- *Security* : informations de sécurité (mot de passe, clés privées et publiques, identifiant, etc.)
- *My Configuration* : informations liées aux préférences de l'apprenant pour améliorer les interactions homme/machine (I/O utiles ou inutilisables, styles d'apprentissage, handicap, etc.).
- *Grades* : informations sur les performances de l'apprenant, passées, présentes ou objectifs futurs (notes, bulletin scolaire, etc.)
- *Works* : informations de type portfolio comme illustration des capacités et des réussites de l'apprenant (productions, travaux, etc.)

3.2. IMS Learner Information Package (IMSLIP):

Cette spécification a été proposée par le CEN/ISSS en 2004 pour en faire la base d'un standard Européen de transfert de données sur l'apprenant. Le but de ce standard est de faciliter l'échange des informations sur les apprenants entre systèmes éducatifs (carte d'identité scolaire de l'apprenant, ses diplômes, etc.), systèmes de ressources humaines, systèmes de gestion d'apprentissage, etc.

IMSLIP décrit les informations sur l'apprenant qui sont nécessaires pour différents usages, notamment l'enregistrement et la gestion de l'historique d'apprentissage de l'apprenant, ses buts, et ses réalisations, pour l'engagement de l'apprenant dans une expérience d'apprentissage, ou encore pour découvrir les opportunités d'apprentissage de l'apprenant.

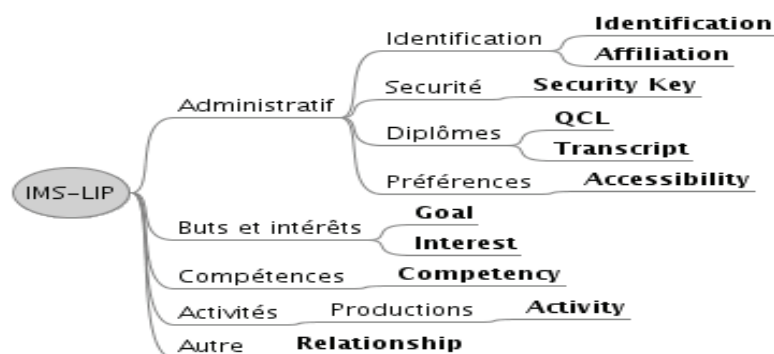


Figure I.12: Regroupement thématique des éléments d'IMSLIP.

IMSLIP se compose de onze éléments (figure I.12):

- *Identification* : les informations permettant d'identifier un individu, comme son nom et son adresse.
- *Goal* : les buts personnels de l'apprenant, ses aspirations, ses souhaits de carrière, etc.
- *QCL* (Qualifications, certifications and licenses) : les diplômes et certifications de l'apprenant, délivrées par les autorités officielles.
- *Accessability* : ce segment contient les informations sur les langues de l'apprenant, sur ses éventuels handicaps et sur ses préférences.

- *Activity* : ce segment contient des informations sur les activités réalisées qu'elles soient finies ou non.
- *Competency* : les compétences et connaissances que l'élève a acquises, qu'elles soient d'ordre cognitives, affectives ou psychomotrices.
- *Interest* : contient les informations concernant les loisirs de l'apprenant et ses intérêts.
- *Transcript* : ce segment a pour finalité de fournir un résumé des diplômes académiques pour correspondance entre les pays en permettant la description des données des diplômes et certifications de l'apprenant.
- *Affiliation* : ce segment contient des informations sur les institutions ou organisations professionnelles dont dépend l'apprenant. Cela peut inclure son institution de rattachement, des groupes de travail, etc.
- *Security Key* : les informations de l'élève comme ses mots de passe ou ses clés de sécurité.
- *Relationship* : ce segment contient les relations qui peuvent exister entre des informations de différents segments.

3.3. IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective (IMS RDCEO):

Cette spécification a pour but de permettre à des acteurs d'avoir une compréhension commune de certaines compétences, indépendamment des contextes d'utilisation. Ces compétences peuvent être celles d'un plan de carrière, d'un plan d'apprentissage, représenter des prérequis ou exprimer les acquis suite à un apprentissage.

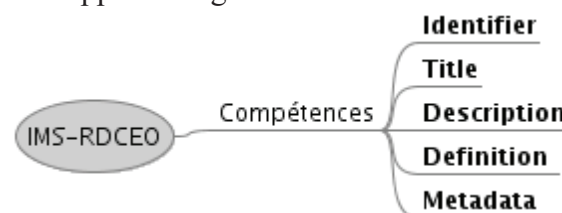


Figure I.13 : Regroupement thématique des éléments d'IMS RDCEO.

La spécification comporte cinq éléments, seuls *identifier* et *title* sont obligatoires :

- *Identifier* : un label unique qui identifie la compétence ou l'objectif d'enseignement.
- *Title* : le libellé de la compétence ou de l'objectif.
- *Description* : une description de la compétence lisible et compréhensible par un humain.
- *Definition* : une description structurée optionnelle qui fournit une définition plus complète de la compétence ou de l'objectif d'enseignement.
- *Metadata* : un ensemble de métadonnées optionnelles.

4. Acquisition du modèle de l'apprenant :

L'acquisition des informations sur l'élève peut se faire selon plusieurs méthodes. On distingue pour cela trois modes d'acquisition [Piombo2007] :

1. Acquisition statique :

Consiste à demander explicitement à l'élève ses préférences en début de l'activité, le plus souvent par l'intermédiaire d'un questionnaire. Cette méthode demeure très limitée et

inefficace, car les élèves ont du mal à conceptualiser leurs besoins au travers d'activités réflexives, et les questionnaires deviennent très vite complexes ou sont incapables de capturer l'ensemble des préférences de l'élève. Une solution à ce problème consiste à demander à l'élève de donner son sentiment sur un ensemble de documents. Les réponses sont alors utilisées pour déduire les préférences de l'élève.

2. Acquisition dynamique :

Consiste à observer l'élève pendant l'activité d'apprentissage. Le système infère le modèle à partir de la trace d'activité. Cette méthode est la plus intéressante et la plus préconisée, car elle permet de garder une certaine fluidité de l'interaction sans détourner l'élève de sa principale tâche. Cette méthode se base alors sur les logs qui sont créés tout au long de la session.

Deux approches fondamentales de modélisation de l'apprenant existent dans ce cadre [Baghli2011]:

- **L'approche synthétique :** cette approche utilise les techniques de data mining pour inférer les caractéristiques individuelles de l'apprenant.
- **L'approche analytique :** les approches analytiques sont guidées par les modèles (modèle de l'apprenant, modèle du domaine d'application, modèle de l'expert). Elles utilisent des systèmes à base de connaissances pour inférer des connaissances de l'apprenant.

3. Acquisition mixte :

L'acquisition mixte combine à la fois une phase d'initialisation statique pour bâtir un premier modèle de l'élève et une phase dynamique de mise à jour du modèle en observant les interactions de l'élève avec le système.

Conclusion :

Ce premier chapitre nous a permis de comprendre, d'une part la notion des traces et des systèmes à base de traces, et d'une autre part la notion des profils et modèles d'apprenants. Deux notions fondamentales pour la conception d'un système capable de déduire des profils d'apprenants à partir de traces d'activités.

Chapitre 2

Conception

Introduction

A l'issue de l'état de l'art, nous avons constaté la diversité de la trace en termes de contenu et de format et son traitement dépend de l'objectif de son exploitation. L'exploitation des traces d'activité en vue d'élaborer des profils d'apprenants sous-entend un traitement spécifique de la trace et doit s'effectuer sur une classe particulière de traces. Les éléments devant constituer le profil de l'apprenant possibles à mesurer à partir des traces d'activités doivent aussi être connus.

I. Démarche d'élaboration de profils d'apprenants à partir de traces d'activité :

1. Schéma générale de la solution proposée:

Afin de concevoir un système capable de déduire un profil d'apprenant en analysant les traces d'activité issues de situations d'apprentissage en ligne, nous proposons de procéder par les étapes suivantes :

1. Définition d'un modèle de traces issues de l'environnement de formation sur le web. Ces traces doivent être explicitées de façon à permettre la déduction des éléments de profil de l'apprenant.
2. Définition d'un modèle de profil de l'apprenant en explicitant les éléments du profil à constituer. Il doit être possible de mesurer ces éléments à partir des traces d'activité.
3. Définition d'un traitement approprié des traces permettant la déduction des éléments du profil de l'apprenant à partir des traces modélisées.

La figure 2.1 donne le schéma général de cette solution. Les formes rectangulaires en pointillés représentent les trois éléments de base à définir.

Ce schéma se lit de la façon suivante, un profil de l'apprenant est obtenu en instanciant le modèle de profil par les résultats du traitement des traces, elles même, le résultat de l'instanciation du modèle de traces par des traces brutes, récupérées depuis les sources de traçage propres à l'environnement d'apprentissage, dans lequel s'est déroulée l'observation de l'activité enseignée.

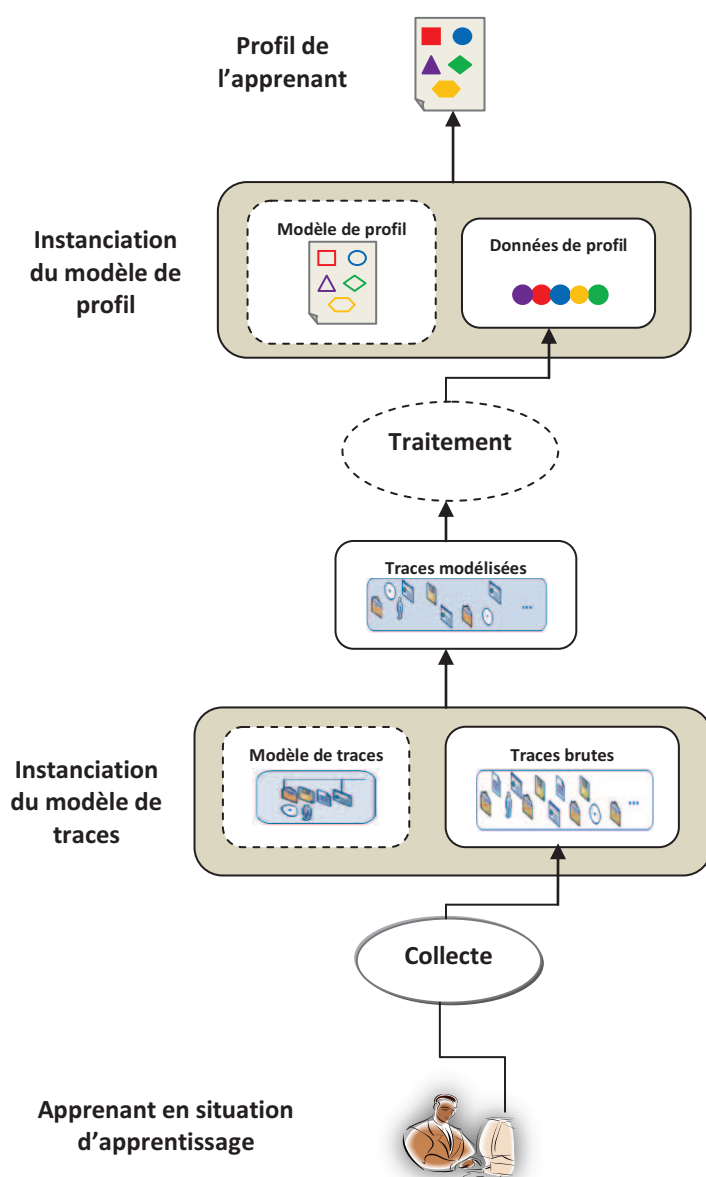


Figure 2.1 : Schéma général de notre démarche d'élaboration de profils d'apprenants à partir de traces d'activité.

2. Mise en œuvre de la solution proposée :

2.1. Définition d'un modèle de traces :

La définition du modèle de traces dérive directement de l'état de l'art. En effet, nous avons constaté que l'ensemble des traces d'activité n'est rien d'autre qu'un ensemble d'évènements ordonnés dans le temps, ou chaque évènement est lié à une action effectuée par un utilisateur sur une entité ou un objet de l'environnement dans lequel l'activité observée se déroule.

Nous représentons alors le modèle de trace d'activité à l'aide du diagramme suivant :

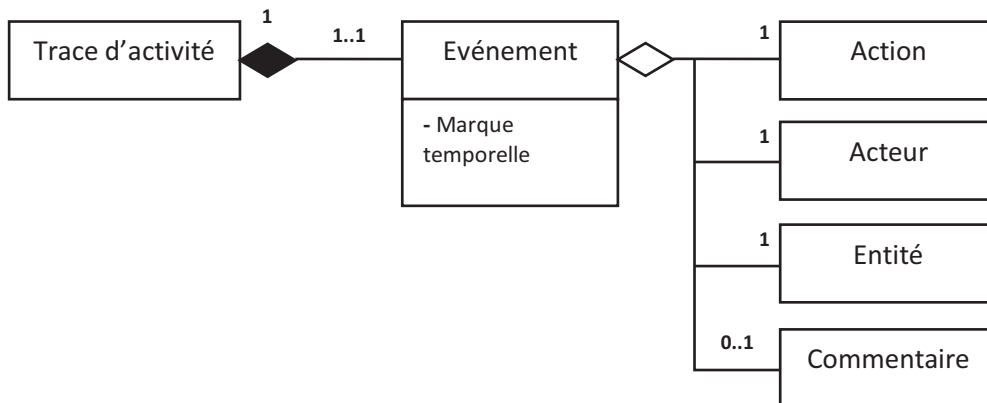


Figure2.2 : Modèle de trace d'activité.

2.2. Définition d'un modèle de profil de l'apprenant :

La définition d'un modèle de profil d'apprenant revient à définir les différentes facettes dont il sera constitué. Un profil de l'apprenant doit normalement regrouper des informations concernant ses connaissances et ses compétences, son comportement et ses capacités d'apprentissage. Deux questions évidentes méritent alors d'être posées :

- Quels sont les éléments de profil qui sont possibles à déduire à partir de traces d'activité ?
- A quels indicateurs ses éléments de profils sont-ils liés ?

Nous reprenons alors une partie du schéma décrivant la problématique de définition d'un modèle comportemental de l'apprenant présenté dans [Ahmed-Ouamer2004], que nous adaptons à notre cas, c'est-à-dire à la spécification d'autres éléments de profils, en plus des éléments de profil comportemental.

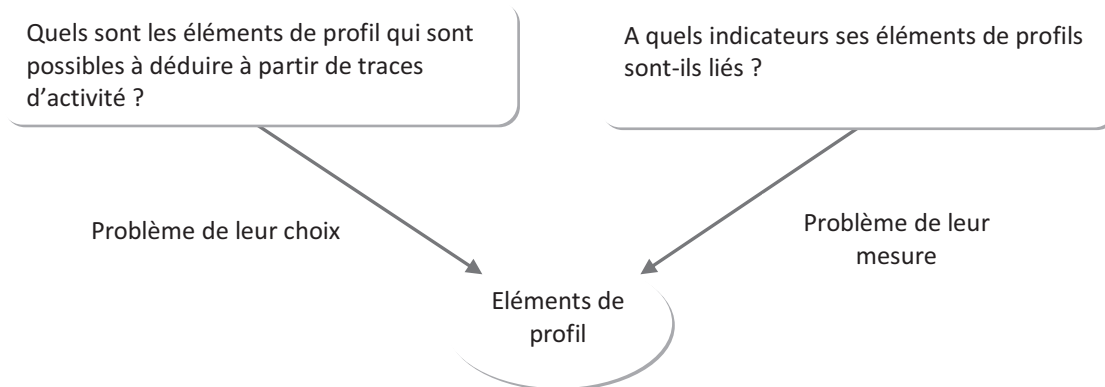


Figure 2.3 : Problème de définition des éléments du profil de l'apprenant.

Pour répondre à ces questions, nous nous sommes appuyés d'une part sur les travaux de Jean-Daubias.S [Jean-Daubias 2011b] sur la modélisation de profil de l'apprenant¹, et d'autre part sur quelques travaux existants, visant à analyser le comportement de l'apprenant dans un EIAH et qui présentent des objectifs d'interprétation différents : la déduction d'un modèle psychopédagogique de l'apprenant [Ahmed-Ouamer2004], la déduction des styles d'apprentissage de l'apprenant [Bousbia2011a][Piombo2007] et le diagnostic des compétences de l'apprenant [Basque 2007].

Ceci nous a permis, à la fois, d'établir un modèle d'apprenants, et d'identifier les différents indicateurs permettant la déduction des profils d'apprenants.

2.2.1. Structure et composantes du modèle d'apprenant :

Nous définissons notre modèle d'apprenant (figure 2.4) comme étant constitué des facettes suivantes :

1. Le modèle de profil des **informations personnelles** : comprend des informations telles que le nom, le prénom, l'adresse, l'e-mail, ...etc.
2. Le modèle de profil de **compétences** : précise le niveau de l'apprenant (débutant, intermédiaire, avancé).
3. Le modèle de profil de **préférences** : informe sur les préférences de l'apprenant compte à :
 - l'*environnement* d'apprentissage : collectif, ou individuel.
 - la *présentation* du contenu pédagogique : visuel (images, graphiques, vidéos...), ou verbal (texte, enregistrement audio ...).
 - son *pragmatisme* : sensoriel (ressources d'apprentissage pratiques), ou intuitif (ressources d'apprentissage théoriques).

¹ Nous faisons référence au modèle général LMPA1234 et le modèle IPACO présentés dans l'état de l'art.

4. Le modèle de profil des *caractéristiques psychopédagogiques* : comprend les éléments suivants :

- Le niveau de *motivation* qui peut être bas, moyen ou élevé.
- La capacité d'*assimilation* qui peut être faible, moyenne ou élevée.
- La capacité de *mémorisation* qui peut être faible, moyenne ou élevée.
- La capacité de *concentration* qui peut être faible, moyenne ou élevée.
- L'*assiduité* : précise si l'apprenant suit l'apprentissage de façon régulière ou pas.

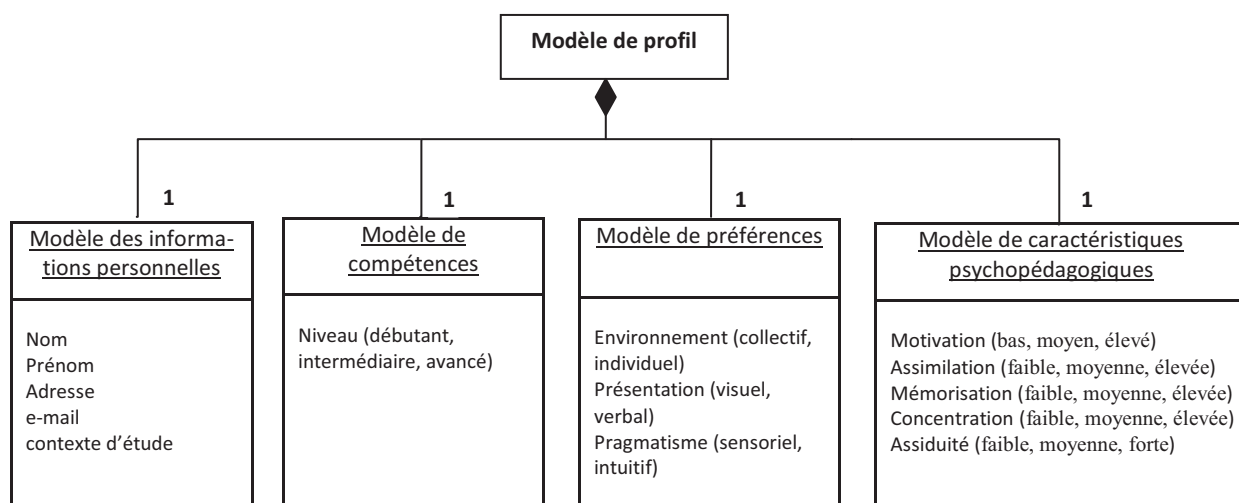


Figure 2.4 : Modèle de profil de l'apprenant.

2.2.2. Association des éléments de profils aux différents indicateurs :

Afin de pouvoir mesurer les éléments de profil constituant le modèle de profil de l'apprenant, nous avons établi une liste d'indicateurs calculables à partir des traces premières, le tableau suivant associe chaque élément aux indicateurs permettant sa déduction :

Modèle de profil	Élément de profil	Indicateurs	Commentaires
informations personnelles	Nom		ces éléments ne requièrent pas d'indicateurs, ils sont disponibles dans la trace première.
	Prénom . . . etc.		
Compétences	Niveau (débutant, intermédiaire, avancé)	-nombre de demandes ou de propositions d'aide. - taux d'activités (faciles, moyennes, ou difficiles) réalisées ou traitées.	Evaluer l'autonomie et l'expertise de l'apprenant ainsi que la complexité des activités réalisées.
préférences	Environnement	- fréquence des accès aux activités collectives (forums, wiki, . . .).	Cela permet de connaître le degré d'implication dans les activités collectives.
	(collectif vs	- taux de productions collectives	

	individuel)	(wiki collectifs, ...). - temps passé dans les activités collectives.	
	Présentation (visuel vs verbal)	-fréquence des accès aux différentes ressources pédagogiques de tout type. -durée passée sur les ressources pédagogiques.	Cela permet de connaître le type de ressources préférées.
	Pragmatisme (intuitif vs sensoriel)	- type de ressources visitées en premier (théoriques ou pratiques). - taux de consultation de ressources (théoriques et pratiques). - Durée passée dans les ressources (théoriques et pratiques).	Un profil intuitif préfère des ressources théoriques contrairement au profil sensoriel.
caractéristiques psychopédagogiques	Motivation	-durée passée en lecture des cours et en résolution de problèmes. -taux de productions réalisées (nombre d'exercices traités, nombre de devoirs remis...).	- évaluer la volonté d'apprendre.
	Assimilation	-durée de consultation des cours. -nombre d'accès aux éléments déjà visités. -nombre d'éléments revisités.	-Comparer le temps réel de consultation à celui prévu. -plus le nombre d'accès aux éléments déjà vus est grand, faible est la capacité d'assimilation.
	Mémorisation	-nombre d'utilisation des liens « précédent » et « suivant ». -temps passé sur les éléments atteints par le lien « précédent ».	Plus le nombre de retours chariots est grand, faible est la capacité de mémorisation.
	Concentration	-chronologie et cohérence des éléments visités durant une session.	si errance alors faible capacité de concentration.
	Assiduité	-intervalle de temps séparant le début de la session en cours et la fin de la session précédente.	Comparer cet intervalle à la différence temporelle prévue entre deux sessions.

Tableau 2.1 : Association des éléments de profils aux différents indicateurs.

2.3. Définition d'une chaîne de traitement des traces :

Afin de parvenir à la déduction des données de profil (figure 2.1) qui servent à alimenter le modèle de profil, la définition d'une chaîne de traitement est indispensable.

Nous proposons alors un traitement sur trois étapes différentes (figure 2.5):

1. A l'issue de la structuration des traces collectées², un premier traitement consiste en une étape d'interprétation. Les traces structurées doivent tout d'abord être interprétées afin de comprendre l'usage des produits de formation par un apprenant donné. En effet, l'interprétation d'une instance de la trace doit permettre d'identifier son acteur, le type de l'action effectuée, ainsi que l'objet pédagogique concerné par cette action.
2. Les données issues de ce premier processus d'interprétation vont à leur tour être exploitées. Un deuxième traitement est alors effectué, il consiste à calculer les différents indicateurs permettant de mesurer les éléments de profils.
3. Un troisième et dernier traitement, consiste en l'analyse de ces différents indicateurs. Cette analyse a pour objectif de mesurer la valeur de chaque élément de profil, les données de profil sont alors générées et les profils construits.

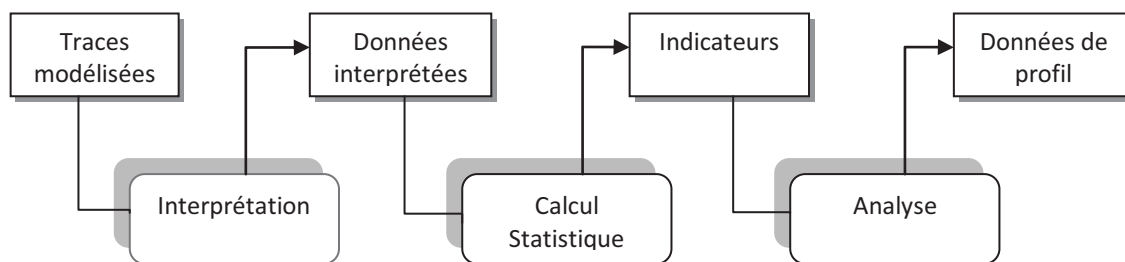


Figure 2.5 : Chaîne de traitement des traces structurées.

2.4. Collecte de traces brutes :

2.4.1. Choix d'une plateforme d'apprentissage pour la collecte de traces :

La collecte de traces est le premier processus de tout système utilisant les traces en vue d'une exploitation quelconque. En ce sens, les traces brutes constituent la matière première sur laquelle repose l'ensemble de notre travail.

Nous proposons alors d'utiliser une plateforme d'apprentissage en ligne, capable de stocker des traces d'activité. De telles plateformes existent, notre choix est porté sur la plateforme Moodle, et cela pour les trois raisons suivantes :

- Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment)³ est sous licence open source, et tourne sans modification sur tout système d'exploitation supportant un serveur web, le langage PHP et un système de gestion de base de données (Mysql, PostgreSQL...).

² Conformément au modèle de traces que nous avons défini.

³ www.moodle.org

- Moodle intègre un module capable de tracer toutes les activités des utilisateurs de la plateforme, et stocke les logs générés dans une base de données relationnelle.
- Moodle permet la création de plusieurs types d'activités (devoirs, chats, forums, wikis collectifs ou individuels, sondages, glossaires, leçons, tests, blogues, ...), et la manipulation de plusieurs types de ressources pédagogiques (pages web, sons, vidéos, fichiers pdf, fichiers Words, ...).

2.4.2. Description de la situation d'apprentissage à observer:

Afin d'obtenir des traces brutes, nous devons prévoir sur la plateforme Moodle quelques activités d'apprentissage sur lesquelles sera portée l'observation. Nous pourrions alors récupérer des traces d'interaction en simulant les accès d'apprenants à l'ensemble de ces activités.

2.4.2.1. Scénario pédagogique :

Le scénario pédagogique consiste en l'enseignement du module des bases de données à des universitaires. Les activités sont de documentation, de production, et de communication. Les ressources utilisées sont alors des pages web, des fichiers pdf et word, ainsi que des vidéos. Les forums sont utilisés pour la communication, et les wikis et devoirs pour les productions.

2.4.2.2. Organisation du cours :

Le cours s'étale sur cinq chapitres (figure 2.6), organisé chacun en trois sections différentes. La première comporte des supports de cours qui sont sous forme de pages web, ainsi que d'autres compléments qui sont des fichiers à télécharger. La seconde section est consacrée aux productions des étudiants, qui sont organisées en activités individuelles (résolution de problèmes en ligne ou des devoirs à remettre), et en activités collectives (participation à un wiki où chaque étudiant devra contribuer à la résolution d'un problème). Enfin, la troisième et dernière section est un espace de communication, où les étudiants peuvent échanger leurs idées et discuter les différentes notions enseignées. Ils peuvent initier des discussions afin de demander de l'aide, ou encore proposer de l'aide en postant des messages. Comme l'expérimentation se déroule sur le poste local, une activité de chat n'est pas possible, nous limitons donc à l'utilisation de forums.

La figure 2.7 représente les différentes sections du deuxième chapitre « le Modèle Conceptuel de Données » telle que c'est présenté sur Moodle. Ce cours est accessible via le deuxième lien présent sur la page d'accueil du site prévu pour l'observation (figure 2.6).

Dans le volet « Navigation » (figure 2.6), nous pouvons voir les autres cours disponibles.

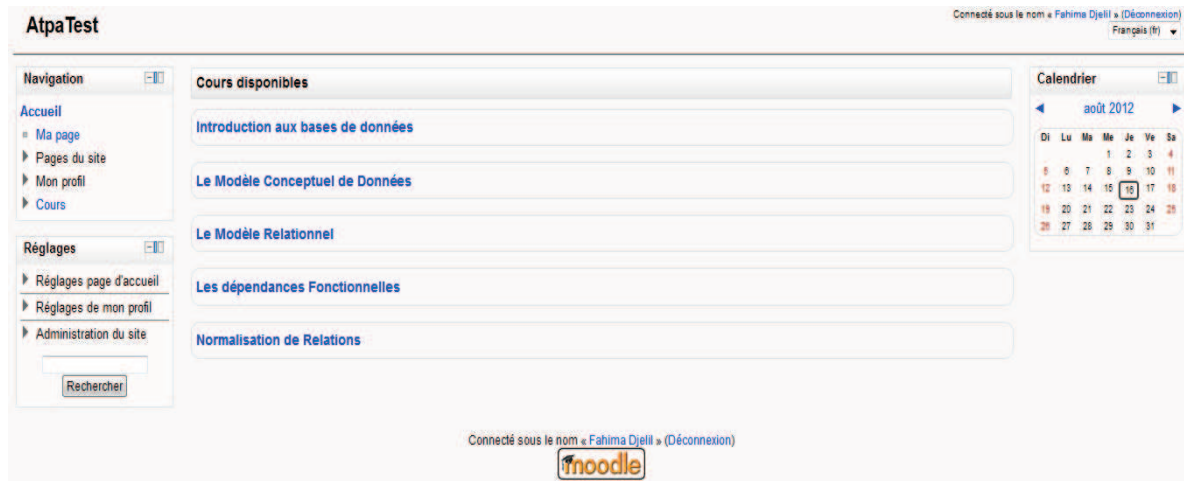


Figure2.6 : Page d'accueil du site d'apprentissage Moodle conçu pour l'observation.

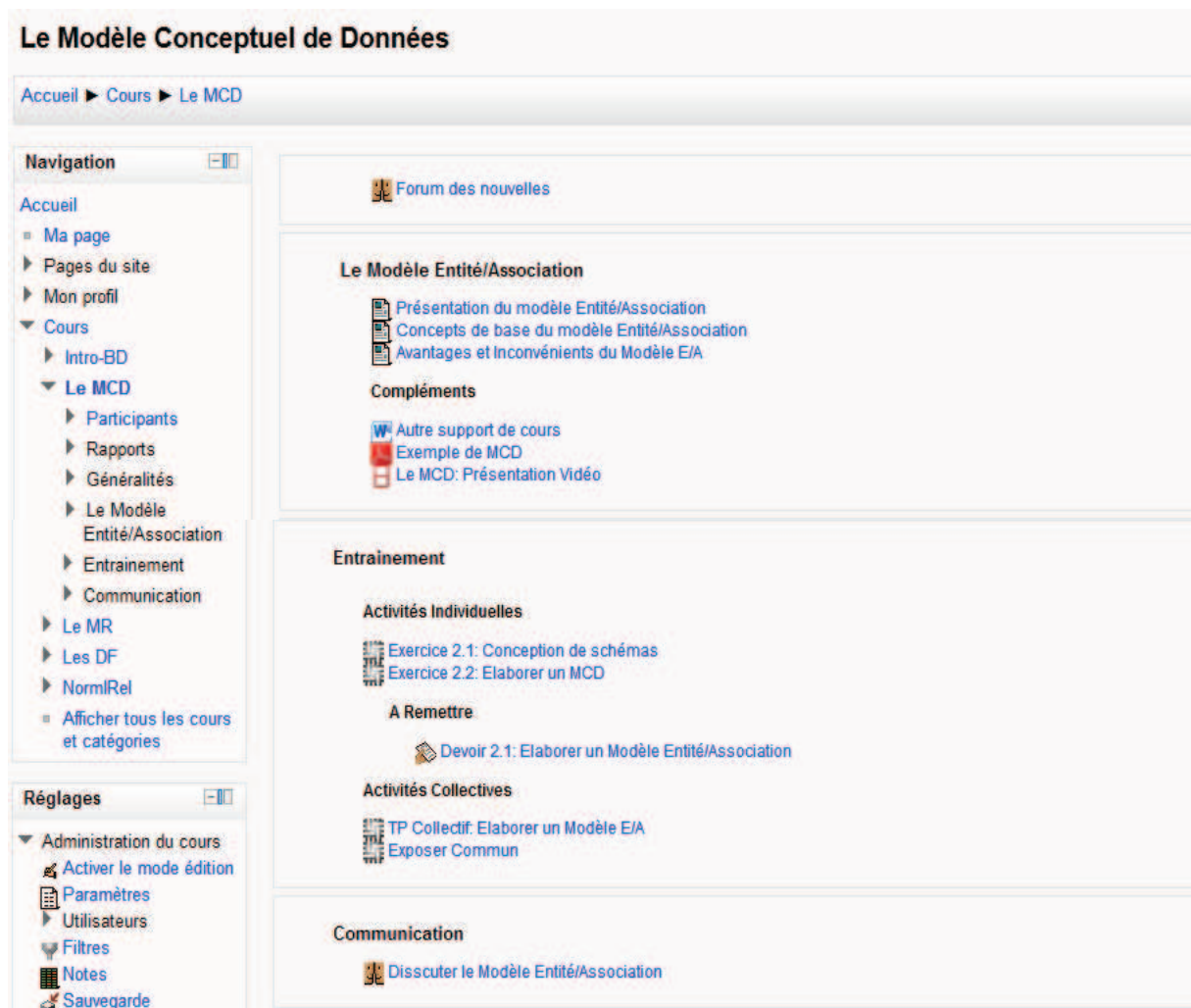


Figure2.7 : Présentation des différentes sections d'un cours sur Moodle.

II. Conception d'un système à base de traces pour l'élaboration de profils d'apprenants :

Afin de vérifier et de valider notre démarche pour l'élaboration de profils d'apprenants à partir de traces d'activité, nous proposons d'implémenter le système ATPA « Analyseur de Traces pour l'élaboration de Profils d'Apprenants ». Ce système doit être capable de stocker, transformer et interroger les traces d'activités. Il sera alors possible pour un enseignant/formateur d'interroger le système pour obtenir les profils de ses élèves.

1. Présentation du système ATPA :

Le système ATPA « Analyseur de Traces pour l'élaboration de Profils d'Apprenants », est un système à base de traces, capable d'analyser des traces d'activité afin de déduire des profils d'apprenants.

Ce système est destiné à un enseignant/formateur qui utilise la plateforme d'apprentissage Moodle en vue de créer ses activités d'enseignement, et qui souhaiterait connaître les profils de ses élèves.

2. Principe de fonctionnement du système ATPA :

Le système ATPA exploite les traces d'activités générées par la plateforme Moodle. Les traces Brutes Moodle sont d'abord récupérées, puis structurées pour être sauvegardées dans un format adéquat facilitant leur interprétation.

Une fois les traces sont interprétées, des calculs statistiques sont effectués afin d'obtenir des valeurs numériques décrivant l'activité d'apprentissage, et le comportement de l'apprenant. Ces données descriptives sont à leur tour analysées, pour déduire en fin, les valeurs des différents éléments de profil.

3. Architecture générale du système ATPA :

Le système ATPA est composé des quatre modules suivants (Figure2.8):

1. Module de collecte de traces :

La collecte de traces proprement dite n'est pas réalisée par le système ATPA. Le système exploite les sources de traçage de la plateforme d'apprentissage Moodle. Néanmoins, deux tâches essentielles sont à la charge de ce module :

- **Chargement:**

A ce niveau, le système ATPA établit une connexion à la base de données Moodle, pour récupérer les traces premières générées par Moodle, suite aux interactions des apprenants avec les activités et contenus pédagogiques, mis à leur disposition par l'enseignant/formateur.

- **Structuration :**

La structuration des traces revient à donner aux traces brutes Moodle, le format de notre modèle de traces préalablement défini. Cette opération permet de ne garder des traces récupérées, que les informations nécessaires à la réalisation de notre exploitation.

Les traces ainsi structurées, sont sauvegardées dans la base de données interne de notre système, et sont prêtes à être interprétées.

2. Module de traitement des traces :

Le traitement des traces se fait en deux étapes essentielles :

- **L'interprétation :**

Consiste à déduire de nouvelles données à partir des traces préalablement structurées. Ces données sont élaborées de façon à permettre le calcul des indicateurs que nous avons identifiés pour le calcul des différents éléments de profil. Ces données interprètent alors les usages des produits de formation par les apprenants et sont stockées à leur tour dans la base de données interne du système.

- **Le calcul d'indicateurs :**

Les indicateurs sont des valeurs numériques décrivant l'activité d'apprentissage. Ils sont calculés à partir des données issues de l'interprétation des traces, ainsi que d'autres informations portant sur les produits de formation. Le système s'appuie dans leurs calcul sur des formules statistiques (moyenne arithmétique, fréquence absolue, fréquence relative exprimée en pourcentage).

3. Module d'élaboration de profils d'apprenants :

Ce module possède un principe de fonctionnement analogue à celui d'un système expert, et se base sur un moteur d'inférence pour déduire à partir des indicateurs préalablement calculés, les valeurs servant à alimenter le profil de l'apprenant.

4. Module gestionnaire des IHMs :

Ce module offre à l'enseignant une visualisation des profils aux travers d'interfaces Homme/Machine (IHM). Ces IHMs permettent aussi à l'enseignant de renseigner certaines données additionnelles sur les produits de formation, qui sont nécessaires au calcul d'indicateurs. Ces données concernent des informations qui sont difficiles, voire impossibles à déduire automatiquement, telles que le type du contenu (théorique ou pratique), ou encore, le degré de difficulté d'une activité.

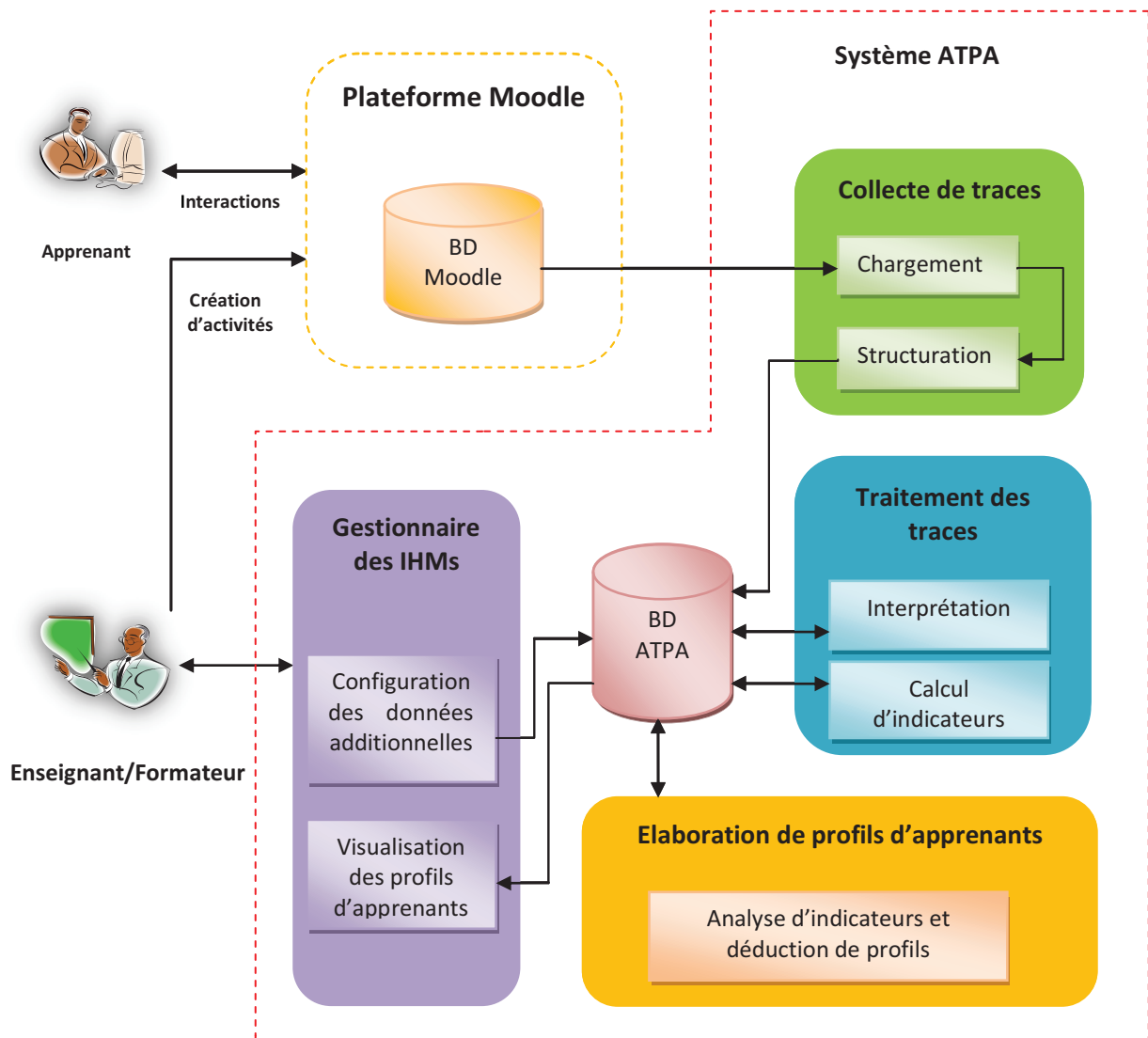


Figure 2.8 : Architecture globale du système ATPA.

4. Traitement de traces dans ATPA:

4.1. Interprétation des traces :

Lors de ce traitement, le système interprète l'usage de chaque produit de formation par un apprenant donné. La table suivante résume les informations élaborées au cours de ce processus d'interprétation pour chaque apprenant:

Objet d'interprétation	Informations élaborées
Les accès aux cours	Cours consulté, numéro de la session, temps début de consultation, temps fin de consultation.
Les accès aux devoirs	Devoir consulté, nombres d'accès au devoir, indication sur sa remise à l'enseignant

Les accès aux forums	Nombre total des accès à l'ensemble des forums, nombre de message postés sur les forums, nombre de discussions vues, nombre de discussions initiées, temps total de consultation
Les accès aux pages web	Page consultée, nombre d'accès à la page, durée de consultation de la page
Les accès aux ressources	Ressource consultée, nombre d'accès à la ressource, durée de consultation de la ressource
Les accès aux wikis	Wiki consulté, nombre de consultations du wiki, nombre de modifications apportées au wiki, indication précisant si l'apprenant est le premier à avoir créé la première page du wiki, Temps total mis sur le wiki
Type des contenus consultés en premier	Nombre de ressources théoriques consultées en premier, nombre de ressources pratiques consultées en premier
Intervalles de temps entre sessions	Valeur temporelle de chaque intervalle séparant deux sessions consécutives.
Durée maximale de consultation d'une page	Page consultée, durée maximale de consultation
Suite des pages visitées par cours et par session	Cours consulté, numéro de session, suite des pages web construite dans l'ordre chronologique de leurs visites

Tableau 2.2 : Données interprétées pour chaque apprenant.

4.2. Calcul des indicateurs :

La table suivante liste l'ensemble des indicateurs à calculer par notre système. Ces indicateurs sont classés par élément de profil à évaluer:

Elément de profil à évaluer	Indicateur
Niveau de compétence	moyenne des demandes d'aide par session.
	moyenne des propositions d'aide par session.
	Taux d'activités faciles réalisées sur l'ensemble d'activités réalisées.
	Taux d'activités moyennes réalisées sur l'ensemble d'activités réalisées.
	Taux d'activités difficiles réalisées sur l'ensemble d'activités réalisées.

Type d'environnement préféré	fréquence des accès aux activités collectives.
	taux de productions collectives sur l'ensemble des productions
	Rapport entre le temps passé dans les activités collectives et le temps total passé sur la plateforme
Type de présentation préférée	fréquence des accès aux ressources verbales
	Rapport entre le temps passé sur les ressources verbales et le temps total passé sur les ressources verbales et visuelles
Pragmatisme	Taux de contenus théoriques visités en premier
	Taux de consultations des contenus théoriques
	Rapport entre le temps passé sur les contenus théoriques et le temps total passé sur les contenus théoriques et pratiques
Motivation	Rapport entre le temps passé en lecture de cours et le temps total passé sur la plateforme d'apprentissage
	Rapport entre le temps passé en résolution de problèmes et le temps total passé sur la plateforme d'apprentissage
	Taux de productions réalisées sur l'ensemble d'activités de productions.
Assimilation	Taux de pages revisitées sur l'ensemble de pages visitées
	Taux d'accès aux pages déjà visités sur le nombre total d'accès aux pages
	Taux de pages dont la durée de consultation a dépassée la durée prévue
Mémorisation	Moyenne de passages d'une page précédente à une page suivante (et vice versa) par cours et par session
	Rapport entre le temps total passé sur les pages atteintes par le lien précédent et le temps total de consultation des pages
Concentration	Moyenne des accès errants par session
Assiduité	Taux d'intervalles entre sessions dont la valeur temporelle a dépassé celle prévue

Tableau 2.3 : Ensemble des indicateurs calculés par ATPA.

4.3. Analyse des indicateurs :

L'analyse des indicateurs permet de comprendre le comportement d'un apprenant quant à l'usage des produits de formation, et permet de déduire les éléments de profils qui constituent notre modèle de profils.

Cette analyse revient à interpréter les valeurs des indicateurs qui sont de type décimal (taux, moyenne) ou entier (effectif). Pour ce faire, nous procédons:

- Soit par comparaison simple de deux indicateurs distincts.
- Soit en évaluant l'écart entre deux indicateurs distincts : pour cela, nous nous basons sur trois intervalles de longueurs égales :
 - I1 = [0 , 33.33 [
 - I2 = [33.33 , 66.67]
 - I3 =] 66.67 , 100]

A titre d'exemple : Quand $\text{Fréq}_{ac}^1 \in I3$ alors $\text{Fréq}_{ai}^2 \in I1$.

Ceci indique alors que *le nombre d'accès aux activités collectives dépasse de beaucoup le nombre d'accès aux activités individuelles.*

L'interprétation d'un indicateur ne dépend pas seulement de sa valeur numérique. Cela dépend aussi de l'élément de profil évalué. De plus, l'évaluation d'un élément de profil nécessite l'évaluation de tous les indicateurs qui participent à sa déduction.

Nous présentons en annexe B l'analyse qu'on a faite sur les différents indicateurs.

4.4. Déduction des valeurs de profil :

La déduction des profils repose sur un système d'inférence ayant les composants suivants :

- Une **base de faits** qui est constituée de l'ensemble des indicateurs préalablement calculés.
- Une **base de règles** ou chaque règle possède comme prémisse une combinaison des évaluations d'indicateurs, et comme conclusion la valeur de l'élément du profil associée à cette combinaison.
- Un **moteur d'inférence** qui consiste en un algorithme qui en fonction des indicateurs d'entrée, sélectionne dans la base de règles, la règle adéquate qui retourne la valeur de l'élément de profil associée.

Pour mener à bien ce processus, nous avons identifié l'ensemble des règles d'inférence que nous présentons en annexe B.

¹ Fréquence des accès aux activités collectives

² Fréquence d'accès aux activités individuelles

5. Données additionnelles du système :

Certaines données indispensables au calcul des indicateurs, ne sont pas déductibles automatiquement. Elles doivent être spécifiées par l'enseignant qui crée les activités de formation. Ces données concernent les informations suivantes:

- Temps prévu entre deux sessions.
- Type théorique ou pratique des contenus.
- Durée maximale de lecture prévue d'une page web.
- Niveau de difficulté des activités de production.

Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté notre solution pour l'élaboration de profils d'apprenants à partir de traces d'activité. Cette solution nous a permis de connaître les différents éléments de profil à constituer, ainsi que le type des traces à exploiter. Nous avons aussi conçu une chaîne de traitement permettant la transformation des traces pour la déduction des profils.

Afin de valider cette solution, nous avons conçu le système ATPA « Analyseur de Traces pour l'élaboration de Profils d'Apprenants », un système à base de traces capable de stocker, transformer et d'interroger les traces. Nous avons décrit ses différents composants, en donnant son architecture générale, ainsi que son mode de fonctionnement pour la déduction des profils à partir des informations élaborées à base de traces d'activité.

Chapitre 3

Réalisation

Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation du système ATPA, ainsi que les différents outils de programmation qui ont permis sa réalisation.

I. Outils et langages de développement :

1. les langages :

1.1. Le langage Java :

Java¹ est un langage de programmation orienté objet, assurant entre autre la portabilité des applications développées avec ce langage.

1.2. Le langage SQL :

SQL est un langage de gestion de bases de données relationnelles. Il permet :

- L'interrogation de bases de données.
- La manipulation des données (mise à jour, suppressions...).
- La définition des données (création de bases de données et de tables relationnelles).

2. Les Outils :

2.1. NetBeans EDI :

NetBeans² est un environnement de développement intégré (EDI), distribué sous licence open source. Il supporte le langage de programmation Java, et possède un éditeur graphique pour la création d'interfaces logicielles, ainsi qu'un explorateur de bases de données. NetBeans tourne sur les systèmes d'exploitation Windows, Linux, Solaris, et Mac OS X.

2.2. MySQL :

MySQL³ est un système de gestion de base de données (SGBD), distribué sous une double licence GPL et propriétaire. MySQL supporte le langage de requête SQL et fonctionne sur de nombreux systèmes d'exploitation.

2.3. Apache :

Apache est un logiciel de serveur HTTP distribué sous licence libre, nommée licence Apache. Il est l'un des logiciels les plus populaires du Web.

2.4. phpMyAdmin :

phpMyAdmin⁴ est un outil d'administration de serveurs MySQL. Il est sous licence open source, et possède principalement les fonctionnalités suivantes:

- Création, modification et suppression de bases de données et de tables.
- Gestion des utilisateurs et de leurs privilèges.
- Exécution de requêtes SQL.

¹ www.java.sun.com

² www.netbeans.org

³ www.mysql.com

⁴ www.phpmyadmin.net

2.5. WampServer :

WampServer⁵ est une plateforme de développement Web, distribuée sous licence open source. Elle permet de faire fonctionner localement (sans se connecter à un serveur externe) des applications web. WampServer intègre les serveurs Apache, et MySQL, le langage PHP, ainsi que l'outil phpMyAdmin.

II. Description du système ATPA :

1. Hiérarchie des classes du système :

L'organisation des différentes classes du système est donnée sur la figure 3.1, où chaque paquetage représente un module particulier du système ATPA.

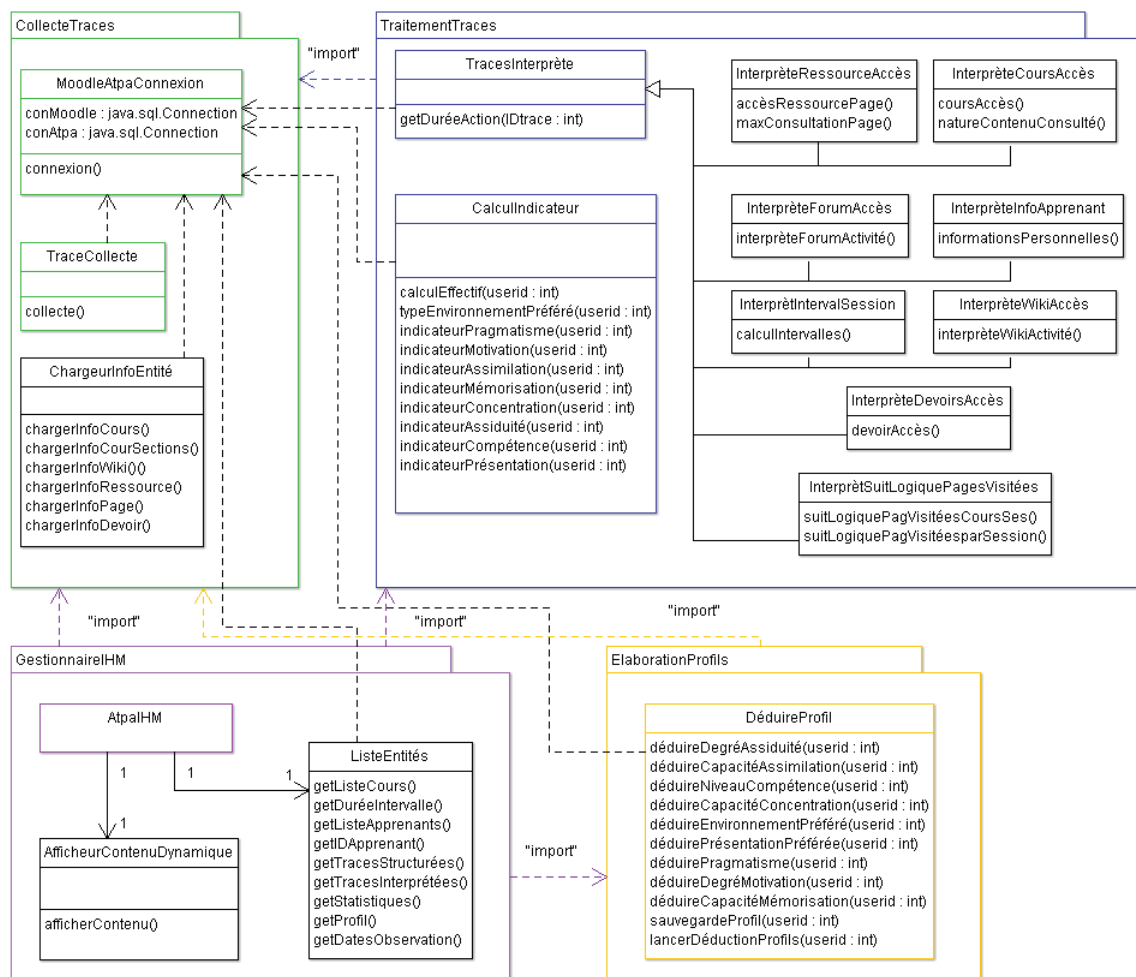


Figure 3.1 : Diagramme de classes UML du système ATPA.

⁵ www.wampserver.com

2. Description de la base de données :

2.1. Données issues du processus de structuration des traces :

Dans ATPA les traces structurées sont stockées dans une table nommée « *trace* », dont voici la structure :

Champ	type	Signification
id	bigint(10)	Identifiant de la trace
userid	bigint(10)	acteur de l'action
action	varchar(40)	Action réalisée : (view, add, update,upload....etc)
time	bigint(10)	Date de déclenchement de l'action
course	bigint(10)	Identifiant du cours dans lequel s'est déroulée l'action
entity	varchar(20)	Entité sur laquelle porte l'action (forum, wiki, page, devoir, ressource....etc)
identity	bigint(10)	Identifiant de l'entité
sessionid	bigint(10)	Numéro de session

La table trace constitue le résultat de l'instanciation de notre modèle de traces par les traces premières Moodle. En effet, chaque enregistrement représente un événement constituant notre trace d'activité. Cet événement est le résultat d'une action «*action*» effectuée par un apprenant identifié par «*userid*», dans une session de numéro «*sessionid*», à un temps «*time*» sur une entité de type «*entity*» identifiée par «*identity*» et appartenant à un cours «*course*».

2.2. Données issues du processus d'interprétation des traces :

Les données issues de l'interprétation des traces sont stockées dans les tables suivantes :

➤ accès_cours :

Stocke les accès des apprenants aux différents cours :

Champ	type	Signification
id	bigint(10)	Numéro de l'accès
iduser	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
idcours	bigint(10)	Identifiant du cours accédé
idsession	bigint(10)	Numéro de session
tempsdébut	bigint(10)	Temps début de l'accès
tempsfin	bigint(10)	Temps fin de l'accès

➤ accès_ressource :

Stocke les accès des apprenants aux différentes ressources :

Champ	type	Signification
iduser	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
idressource	bigint(10)	Identifiant de la ressource
Nombre accès	bigint(10)	Nombre d'accès à la ressource
Total accès	bigint(10)	Temps total mis sur la ressource

➤ **accès_page :**

Stocke les accès des apprenants aux différentes pages web:

Champ	type	Signification
iduser	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
idpage	bigint(10)	Identifiant de la page web
Nombre accès	bigint(10)	Nombre d'accès à la page
Total accès	bigint(10)	Temps total mis sur la page

➤ **accès_forum :**

Stocke les accès des apprenants aux différents forums :

Champ	type	Signification
iduser	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
Nombre accès	bigint(10)	Nombre d'accès à l'ensemble des forums
Nbr_msg_post	bigint(10)	Nombre total des messages postés
Nbr_disct_vues	bigint(10)	Nombre total de discussions vues
Nbr_disct_init	bigint(10)	Nombre total de discussions initiées
Total accès	bigint(10)	Temps total mis sur les forums

➤ **accès_wiki :**

Stocke les accès des apprenants aux différents wikis :

Champ	type	Signification
iduser	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
idwiki	bigint(10)	Identifiant du wiki
Nombre_cons	bigint(10)	Nombre de consultations du wiki
Nbr_modif	bigint(10)	Nombre de modifications apportées au wiki
Ajout_page	bigint(10)	Indique si l'apprenant est le premier à avoir créé la première page du wiki
Total accès	bigint(10)	Temps total mis sur le wiki

➤ **accès_devoir :**

Indique les accès des apprenants aux devoirs :

Champ	type	Signification
userid	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
devoirid	bigint(10)	Identifiant du devoir
Nbr accès	bigint(10)	Nombre d'accès au devoir
Fait	Int(2)	Indique si le devoir a été remis ou pas

➤ **premier_contenu_consulté:**

Stocke le type du premier contenu consulté :

Champ	type	Signification
<u>iduser</u>	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
<u>idcour</u>	bigint(10)	Identifiant du cours
Nombre_accès	bigint(10)	Nombre d'accès au cours
Nbr_res_thé1	bigint(10)	Nombre de ressources théoriques consultées en premier
Nbr_res_prat1	bigint(10)	Nombre de ressources pratiques consultées en premier

➤ **MaxDurée_consult_page :**

Stocke la durée maximale de consultation passée sur une page.

Champ	type	Signification
<u>iduser</u>	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
<u>idpage</u>	bigint(10)	Identifiant de la page
Max_durée_cons	bigint(10)	Durée maximale passée sur une page

➤ **séqPages_vistées_CourSess:**

Stocke la séquence des pages dans l'ordre de leur consultation par cours et par session :

Champ	type	Commentaire
<u>iduser</u>	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
<u>idsession</u>	bigint(10)	numéro de session
<u>coursid</u>	bigint(10)	Identifiant du cours
séquence	Text	Séquence de pages dans l'ordre de leur visite

➤ **séqPages_vistées_Session:**

Stocke la séquence des pages dans l'ordre de leur consultation par session :

Champ	type	Commentaire
<u>iduser</u>	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
<u>idsession</u>	bigint(10)	numéro de session
séquence	Text	Séquence de pages dans l'ordre de leur visite

➤ **intervalle_entre_sessions :**

Stocke les intervalles de temps entre sessions :

Champ	type	Signification
<u>id</u>	bigint(10)	Identifiant de l'intervalle
<u>iduser</u>	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
Valeur_temporelle	bigint(10)	Valeur de l'intervalle de temps séparant deux sessions successives

2.3. Données portant sur les produits de formation:

Le calcul d'indicateurs à partir des traces interprétées nécessite la connaissance d'informations sur les produits de formation. Certaines informations sont prises en charge par la plateforme Moodle, et sont produites à chaque fois que l'enseignant/formateur crée de nouvelles activités qu'il met à disposition de ses élèves. Elles sont alors récupérées et sauvegardées dans la base de données de notre système. Certaines d'autres informations sont directement fournies par l'enseignant/formateur comme données additionnelles.

➤ Info_cours:

Stocke les cours disponibles :

Champ	type	Signification
<u>Id</u>	bigint(10)	Identifiant du cours
nom	varchar(255)	Nom du cours

➤ Info_page :

Stocke le nom, le type théorique ou pratique du contenu d'une page, ainsi que la durée de consultation prévue:

Champ	type	Signification
<u>idpage</u>	bigint(10)	Identifiant de la page
IdCours	bigint(10)	Identifiant du cours
nom	varchar(255)	Nom de la page html
Type contenu	varchar(15)	Type théorique ou pratique du contenu de la page
Durée_consul_prévue	bigint(10)	Durée maximale de consultation prévue

➤ Info_ressource :

Stocke le type théorique ou pratique du contenu d'une ressource :

Champ	type	Signification
<u>idressource</u>	bigint(10)	Identifiant de la ressource
IdCours	bigint(10)	Identifiant du cours
nom	varchar(255)	Nom de la ressource
extension	varchar(15)	Extension du fichier ressource (pdf,doc,vlc,mp3...)
Type_contenu	varchar(15)	Type théorique ou pratique du contenu de la ressource

➤ Info_wiki :

Stocke le mode individuel ou collectif, ainsi que le degré de difficulté d'un wiki:

Champ	type	Signification
<u>idwiki</u>	bigint(10)	Identifiant du wiki
IdCours	bigint(10)	Identifiant du cours
nom	varchar(255)	Nom du wiki
mode	bigint(10)	mode individuel ou collectif du wiki
difficulté	varchar(30)	Degré de difficulté

➤ **Info_devoir :**

Stocke les devoirs disponibles, avec leurs degrés de difficulté:

Champ	type	Signification
<u>idDevoir</u>	bigint(10)	Identifiant du devoir
<u>IdCours</u>	bigint(10)	Identifiant du cours
<u>difficulté</u>	varchar(30)	Degré de difficulté du devoir

➤ **Cours_ordre_page :**

Stocke l'ordre des différentes pages web dans un cours:

Champ	type	Signification
<u>idcours</u>	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
<u>idpage</u>	bigint(10)	Identifiant de la page
<u>Ordre</u>	bigint(10)	Ordre de l'entité dans le cours

➤ **duréeSession_Prévue :**

Stocke la durée prévue entre deux sessions:

Champ	type	Signification
<u>id</u>	bigint(10)	Identifiant de l'intervalle
<u>Val_Temps</u>	bigint(10)	Valeur temporelle prévue

➤ **Session :**

Stocke les temps début et fin d'une session :

Champ	type	Signification
<u>idsession</u>	bigint(10)	numéro de session
<u>Temps_début</u>	bigint(10)	Temps début de la session
<u>Temps_fin</u>	bigint(10)	Temps fin de la session

2.4. Données issues du processus du calcul d'indicateurs (Base de faits) :

Les indicateurs calculés sont classés suivant l'élément de profil qu'ils servent à calculer. Le système réserve une table pour chaque classe d'indicateurs. Ci-dessous, nous donnons les schémas relationnels des différentes tables. La signification des différents indicateurs est donnée en annexe B.

- **indicateur_assimilation** : (identifiant-apprenant, Taux_{Revisit}, Taux_{accRvisit}, Taux_{pgeDépss})
- **indicateur_assiduité** : (identifiant-apprenant, Taux_{Idépss})
- **indicateur_compétence** : (identifiant-apprenant, Moy_{d/s}, Moy_{p/s}, taux_F, taux_M, taux_D)

- **indicateur_concentration** : (identifiant-apprenant, Moy_{accErrant})
- **indicateur_environment** : (identifiant-apprenant, Fréq_{ac}, taux_{pc}, rap_{temps})
- **indicateur_motivation** : (identifiant-apprenant, Rap_{tempsLect}, Rap_{tempsRésol}, Taux_{Prod})
- **indicateur_mémorisation** : (identifiant-apprenant, Moy_{prédSuiv}, Rap_{tempPrécéd})
- **indicateur_pragmatisme** : (identifiant-apprenant, Taux_{théoq-1}, taux_{ConsThéoq}, Rap_{tempsThéoq})
- **indicateur_présentation** : (identifiant-apprenant, Fréq_{Verb}, rap_{tempsVerb})

2.5. Données indiquant les règles d'inférence (base de règles) :

Tout comme les indicateurs, les règles d'inférence sont classées selon l'élément de profil qu'elles infèrent. A chaque classe de règles est réservée une table dans la base de données du système. Chaque règle va alors prendre la forme d'un enregistrement ayant des champs hypothèses et un champ conclusion.

La classification des règles est donnée dans l'annexe B.

2.6. Données de profils :

➤ Profil des informations personnelles :

Les informations personnelles des apprenants sont stockées dans la table suivante :

Champ	type	Signification
<u>id</u>	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
<u>pseudonyme</u>	bigint(10)	Pseudonyme
<u>nom</u>	varchar(100)	Nom
<u>prénom</u>	varchar(100)	prénom
<u>email</u>	varchar(255)	Adresse mail
<u>adresse</u>	varchar(70)	Adresse personnelle
<u>ville</u>	varchar(120)	Ville
<u>pays</u>	varchar(2)	Pays
<u>institution</u>	varchar(40)	Institution (école, université, ...)

➤ Profil des préférences :

La structure de la table stockant le profil des préférences est la suivante :

Champ	type	Signification
<u>iduser</u>	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
<u>environnement</u>	varchar(30)	Type d'environnement préféré
<u>présentation</u>	varchar(30)	Type de contenu préféré
<u>pragmatisme</u>	varchar(30)	Pragmatisme

➤ Profil comportemental :

La structure de la table stockant le profil comportemental est la suivante :

Champ	type	Signification
iduser	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
Motivation	varchar(30)	Degré de motivation
Assimilation	varchar(30)	Capacité d'assimilation
concentration	varchar(30)	Capacité de concentration
Mémorisation	varchar(30)	Capacité de mémorisation
Assiduité	varchar(30)	Degré d'assiduité

➤ Profil des compétences :

La structure de la table stockant le profil des compétences est la suivante :

Champ	type	Signification
iduser	bigint(10)	Identifiant de l'apprenant
compétence	varchar(30)	Niveau de compétences

3. Description des IHMs :

3.1. Description de la fenêtre principale :

Le système ATPA offre à l'enseignant/formateur une interface lui permettant à la fois de consulter les profils de ses élèves, et de renseigner les données additionnelles. Nous avons conçue cette interface sous forme d'une seule fenêtre, dans laquelle nous avons prévue, pour l'ensemble des opérations possibles, trois panneaux différents (figure 3.1) :

- Le panneau « *Connexion Moodle* » : comporte trois boutons et une zone de texte permettant d'indiquer :
 - ✓ Si de nouvelles activités ont été créées sur Moodle, après avoir cliqué sur le bouton « *Activités* ».
 - ✓ Si de nouvelles traces ont été chargées depuis Moodle, après avoir cliqué sur le bouton « *chargement* ».
 - ✓ Les dates début et fin de l'observation qui s'est déroulée sur Moodle, après avoir cliqué sur le bouton « *Observation* ».
- Le panneau « *Contenu Pédagogique* » : comporte trois principaux onglets, pour le renseignement et la consultation des données additionnelles (*type, complexité et durée*).
- Le panneau « *Apprenants* » : comporte deux principaux onglets, pour la visualisation des traces d'activité, et la consultation des profils d'apprenants. Ce panneau permet de montrer la chaîne de traitement effectuée sur les traces, de leur structuration jusqu'à l'élaboration des profils d'apprenants.

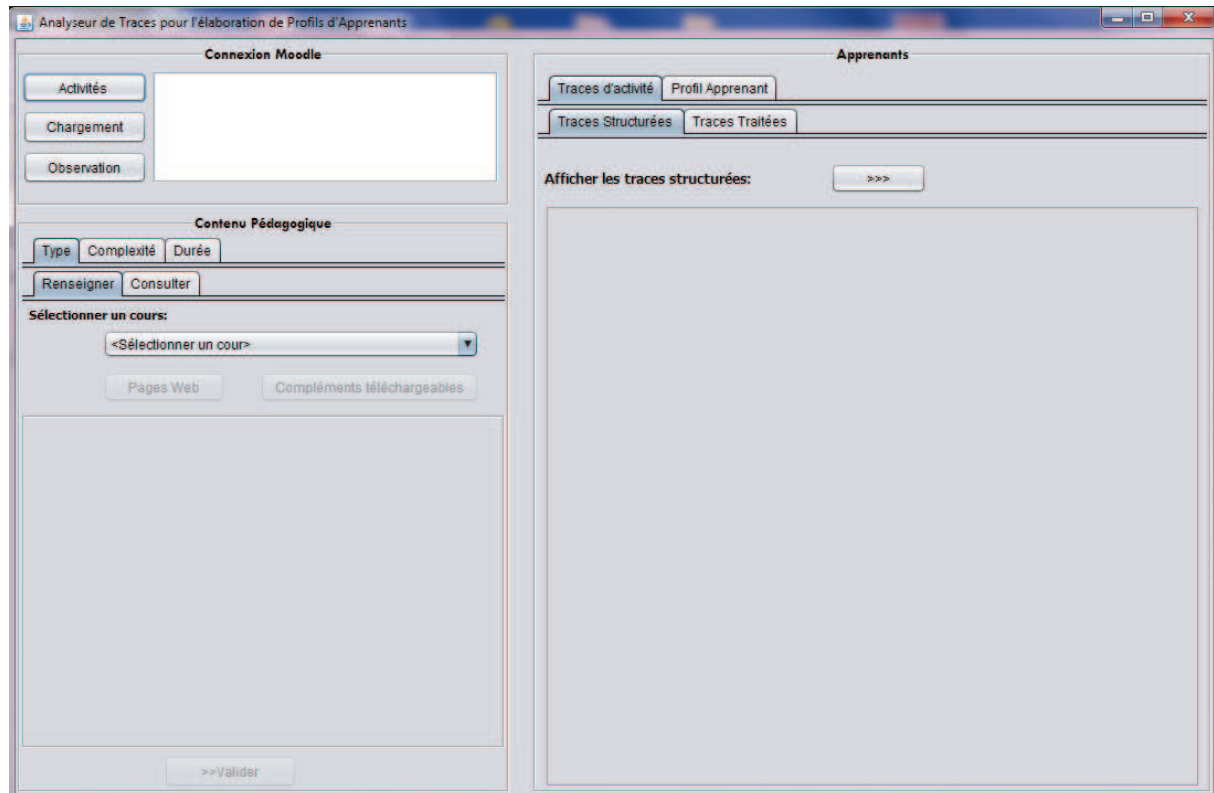


Figure 3.2 : Fenêtre principale du système ATPA.

3.2. Description du panneau « Contenu Pédagogique » :

Le panneau « Contenu Pédagogique » permet de renseigner et/ou de consulter le type, la complexité et la durée de consultation des activités créées par l'enseignant dans la plateforme Moodle.

Chacun des onglets «type», «complexité» et «durée» est composé de deux autres onglets, un pour le renseignement des données «renseigner», et un autre pour la consultation des données «consulter». L'enseignant est alors invité à sélectionner un cours via une barre de choix (figure 3.2), qui ne propose que les cours possédant des activités non encore renseignées, dans le cas d'une opération de renseignement.



Figure 3.3 : choix de cours sur ATPA.

La sélection d'un cours est suivie d'une sélection du produit de formation dont on souhaite renseigner/consulter le type, la complexité ou la durée. (Figures 3.3 – 3.5)

Figure 3.4 : Renseignement des types de pages web.

Si l'enseignant valide ses renseignements en oubliant certains contenus, il est aussitôt alerté. (Figure 3.4)

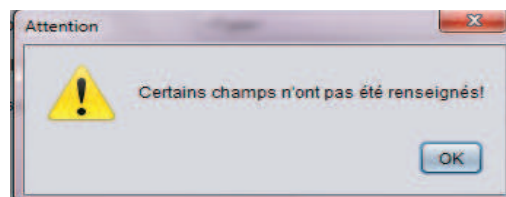


Figure 3.5: Message d'alerte.

Nom du Wiki	Niveau de Difficulté
Exercice 2.1: Conception de schémas	Moyen
Exercice 2.2: Elaborer un MCD	Facile
TP Collectif: Elaborer un Modèle E/A	Moyen
Exposer Commun	Difficile

Figure 3.6 : Consultation du degré de difficulté des wikis.

3.3. Description du panneau « Apprenants » :

Le panneau « Apprenants » permet d'afficher les différents profils d'apprenants, et offre une visualisation des traces d'activités. Il permet de montrer les traces sous toutes leurs formes, depuis la phase de structuration jusqu'à la phase d'élaboration de profils.

Il est composé de deux principaux onglets :

1. «Traces d'activité» : contient deux sous onglets :
 - «Traces Structurées» : sert à afficher les traces structurées. (Figure 3.6)
 - «Traces Traitées» : contient deux autres sous onglets :
 - «Traces interprétées» : permet d'afficher, pour chaque apprenant, l'interprétation des usages faits des produits de formation (cours, pages web, ressources, wikis, devoirs, et forums). (Figure 3.7)
 - «Statistiques» : permet d'afficher les indicateurs calculés pour chaque élément de profil évalué, lié au profil d'un apprenant donné. (Figure 3.8)
2. «Profil Apprenant» : permet d'afficher, pour un apprenant donné, les valeurs des différents profils (profil des informations personnelles, profil des compétences, profil des préférences, profil comportemental). (Figure 3.9)

Dans le cas où d'autres activités sont rajoutées par l'enseignant dans la plateforme Moodle, et que de nouvelles traces sont chargées dans le système ATPA, l'enseignant ne pourra pas visualiser les indicateurs ainsi que les profils des apprenants, avant d'avoir renseigné les données additionnelles concernant ces nouvelles activités.

Numéro	Apprenant	Session	Cours	Entité	Action	Date
117	Fahima Djellil	8	Introduction aux bases de données	Cours	view	2012-08-18 14:01:12.0
118	Fahima Djellil	8	Introduction aux bases de données	Forum	view forum	2012-08-18 14:01:16.0
119	Fahima Djellil	8	Introduction aux bases de données	Forum	view discussion	2012-08-18 14:01:18.0
120	Fahima Djellil	8	Introduction aux bases de données	Forum	view forum	2012-08-18 14:01:44.0
121	Fahima Djellil	8	Introduction aux bases de données	Forum	add discussion	2012-08-18 14:02:54.0
122	Fahima Djellil	8	Introduction aux bases de données	Forum	view forum	2012-08-18 14:02:57.0
123	Fahima Djellil	8	Le Modèle Conceptuel de Données	Cours	view	2012-08-18 14:03:49.0
124	Fahima Djellil	8	Le Modèle Conceptuel de Données	Cours	view	2012-08-18 14:03:53.0
125	Fahima Djellil	8	Introduction aux bases de données	Cours	view	2012-08-18 14:04:17.0
126	Fahima Djellil	8	Introduction aux bases de données	Wiki	view	2012-08-18 14:04:24.0
127	Fahima Djellil	8	Introduction aux bases de données	Wiki	edit	2012-08-18 14:05:28.0
128	Fahima Djellil	8	Introduction aux bases de données	Wiki	view	2012-08-18 14:05:29.0
130	Fahima Djellil	9	AtpaTest	Cours	view	2012-08-18 14:25:39.0
131	Fahima Djellil	9	Normalisation de Relations	Cours	view	2012-08-18 14:28:13.0
132	Fahima Djellil	9	Normalisation de Relations	Page	view	2012-08-18 14:28:16.0
133	Fahima Djellil	9	Normalisation de Relations	Page	view	2012-08-18 14:36:32.0
134	Fahima Djellil	9	Normalisation de Relations	Page	view	2012-08-18 14:42:05.0
135	Fahima Djellil	9	Normalisation de Relations	Page	view	2012-08-18 14:55:12.0
136	Fahima Djellil	9	Normalisation de Relations	Page	view	2012-08-18 15:02:28.0
137	Fahima Djellil	9	Normalisation de Relations	Ressource	view	2012-08-18 15:07:13.0
138	Fahima Djellil	10	AtpaTest	Cours	view	2012-08-21 16:18:31.0
139	Fahima Djellil	10	Le Modèle Conceptuel de Données	Cours	view	2012-08-21 16:18:41.0
140	Fahima Djellil	10	Le Modèle Conceptuel de Données	Wiki	add page	2012-08-21 16:19:03.0
141	Fahima Djellil	10	Le Modèle Conceptuel de Données	Wiki	edit	2012-08-21 16:19:56.0
142	Fahima Djellil	10	Le Modèle Conceptuel de Données	Wiki	view	2012-08-21 16:19:57.0
143	Fahima Djellil	10	Le Modèle Conceptuel de Données	Cours	view	2012-08-21 16:20:38.0
144	Fahima Djellil	10	Le Modèle Conceptuel de Données	Forum	view forum	2012-08-21 16:21:02.0
145	Fahima Djellil	10	Le Modèle Conceptuel de Données	Cours	view	2012-08-21 16:21:14.0
146	Fahima Djellil	10	Le Modèle Conceptuel de Données	Page	view	2012-08-21 16:21:19.0
147	Fahima Djellil	10	Le Modèle Conceptuel de Données	Page	view	2012-08-21 16:30:34.0
148	Fahima Djellil	10	Le Modèle Relationnel	Cours	view	2012-08-21 16:48:15.0
149	Fahima Djellil	10	Le Modèle Relationnel	Page	view	2012-08-21 16:48:18.0

Figure 3.7 : Visualisation des traces structurées.

Apprenants

Traces d'activité Profil Apprenant

Traces Structurées Traces Traitées

Traces Interprétées Statistiques

Sélectionner un produit de formation: Pages Web

Sélectionner un apprenant: Fahima Djelil

Page	Nombre d'Accès	Durée Totale de Consultation
Introduction aux bases de données	3	0 h 4 m 28 s
BDD et SGBD	2	0 h 10 m 8 s
Utilisation de SGBD	4	0 h 10 m 51 s
Présentation du modèle Entité/Association	2	0 h 3 m 58 s
Concepts de base du modèle Entité/Association	2	0 h 27 m 12 s
Avantages et Inconvénients du Modèle E/A	2	0 h 9 m 53 s
Introduction au Modèle Relationnel	4	0 h 26 m 5 s
Concepts de base du modèle relationnel	3	0 h 13 m 51 s
Algèbre Relationnelle	3	0 h 32 m 1 s
Intérêts de la normalisation	1	0 h 2 m 30 s
Les trois formes normales	1	0 h 8 m 16 s
1ère forme normale	1	0 h 5 m 33 s
2ème forme normale	1	0 h 13 m 7 s
3ème forme normale	1	0 h 7 m 16 s
Algorithmes de normalisation	1	0 h 4 m 45 s
Propriétés des DFs	1	0 h 8 m 1 s
Notions de DFs: clé de relation, DF élémentaire, D...	2	0 h 11 m 17 s
Fermeture Transitive et Couverture Minimale	1	0 h 4 m 42 s

Figure 3.8 : Visualisation des traces interprétées (usage de pages web)

Apprenants

Traces d'activité Profil Apprenant

Traces Structurées Traces Traitées

Traces Interprétées Statistiques

Les éléments de profils sont déduits à partir de l'analyse de valeurs statistiques :

Sélectionner un élément de profil : Compétences

Sélectionner un apprenant: Fahima Djelil

Variable Statistique	Valeur Numérique
Moyenne de Demandes d'aides	0.25 /Session
Moyenne de Proposition d'aides	0.0 /Session
% Activités faciles Réalisées	66.66 %
% Activités Moyennes Réalisées	33.33 %
% Activités Difficiles Réalisées	0.0 %

Figure 3.9 : Visualisation des indicateurs.

Apprenants

Traces d'activité Profil Apprenant

Sélectionner un apprenant: Djelil Fahima ▼

Profil des informations personnelles

Elément de Profil	Valeur
Nom	Djelil
Prénom	Fahima
Pseudonyme	ali
Courriel	fahi_Djelil@hotmail.com
Institution	Université UMMTO
Adresse	Makouda
Ville	Tizi Ouzou
Pays	Algérie

Profil des Préférences

Elément de Profil	Valeur
Type d'environnement préféré	individuel
Type de présentation préférée	Verbale
Pragmatisme	Intuitif

Profil des Compétences

Elément de Profil	Valeur
Niveau de Compétences	Débutant

Profil Comportemental

Elément de Profil	Valeur
Degré de Motivation	Moyenne
Capacité d'assimilation	Moyenne
Capacité de mémorisation	Forte
Capacité de concentration	Forte
Assiduité	Très Assidu

Figure 3.10: Visualisation des profils apprenants.

Conclusion :

Ce chapitre consacré à l'implémentation du système ATPA, nous a permis de démontrer notre démarche proposée pour la déduction des profils d'apprenant à partir de traces d'activité. Nous avons présenté l'architecture logicielle du système ATPA à l'aide d'un diagramme de classe UML, et nous avons donné la description de la base de données du système, ainsi que les différentes interfaces du logiciel.

Nous avons pu récupérer des traces d'activité à partir de la plateforme Moodle, puis nous les avons structurées conformément à notre modèle de traces, en suite nous avons appliqué notre chaîne de traitement des traces sur les traces structurées, pour obtenir, en fin, les profils d'apprenants.

Conclusion et Perspectives

Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre de l'e-Learning et se centre sur la notion des traces d'activité issues d'Environnements Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH).

Les principaux résultats de ce travail concernent l'élaboration d'une chaîne logicielle permettant l'exploitation de traces d'activité en vue de construire des profils d'apprenants, ainsi que la conception et la mise en œuvre d'un système à base de traces implémentant cette chaîne logicielle.

Pour parvenir à ces résultats, nous avons commencé par mener une recherche bibliographique afin d'étudier les notions de la trace, et des modèles de profils d'élèves. Ceci nous a permis de connaître le type de traces à exploiter, et de déterminer un modèle de l'élève en identifiant ses différentes facettes constitutives, et qui sont possibles à déduire à partir de traces d'activité.

Cette étude a par ailleurs servi, à la conception d'une chaîne de traitements permettant la manipulation et l'exploitation des informations contenues dans ces traces d'activités, afin d'aboutir à des données de profil servant à alimenter le modèle de l'apprenant ainsi défini.

Afin de réaliser la collecte de traces, nous avons utilisé la plateforme d'apprentissage Moodle qui offre la possibilité de générer des traces d'activité, suite aux interactions des utilisateurs avec les différents produits d'enseignement disponibles en ligne. Nous avons alors créé un certain nombre d'activités que nous avons enrichi de produits de formation, puis nous avons simulé les accès d'apprenants à ces différentes activités. Sachant que Moodle assure la sauvegarde des traces dans sa base de données interne, il ne restait plus qu'à les récupérer pour appliquer notre démarche d'élaboration de profils à partir de traces d'activité.

Pour valider et mettre en œuvre nos propositions, nous avons conçu le système ATPA « Analyseur de Traces pour l'élaboration de Profils d'Apprenants ». Ce système est capable de stocker des traces d'activité issues de la plateforme Moodle, de les transformer et de les analyser pour déduire des profils d'apprenants. Il assure l'implémentation des différents traitements constituant notre chaîne logicielle, et repose sur un système d'inférence pour la déduction des profils d'apprenants.

En perspectives, nous proposons tout d'abord d'enrichir notre modèle de l'apprenant par un modèle d'apprentissage permettant d'indiquer en plus des compétences de l'apprenant, l'état de ses connaissances. Sa mise en œuvre sur Moodle nécessiterait la maîtrise d'autres types d'activités plus complexes à manipuler, comme des *tests* ou encore des *leçons*¹.

D'un autre côté, nous avons validé notre travail dans un cadre très précis. Nous pouvons alors penser à élargir notre conception pour satisfaire un grand nombre de plateformes d'apprentissage. Il serait alors indispensable d'envisager un module capable de découvrir tout type d'activité d'enseignement créée par un enseignant, ainsi que la structure des traces générées par la plateforme utilisée, afin d'assurer leur interprétation pour la déduction des profils d'apprenants.

¹ www.moodle.org

Bibliographie

1. [Ahmed-Ouamer 2004] Rachid Ahmed-Ouamer : « *Modélisation et analyse du comportement de l'apprenant dans un tuteur intelligent, approche neuronale versus approche floue* ». Laboratoire de Recherche en Informatique (LARI), Département d'informatique, université UMMTO de tizi-ouzou. (2004)
2. [Baghli2011] Amina Baghli : « *Diag-K: Ontologie pour l'élaboration du modèle de connaissances de l'apprenant dans les EIAH* ». Rapport de Master 2ème année. Université Joseph Fourier, Grenoble, France (juin 2011).
3. [Basque 2007] Basque Josianne, Page-Lamarche Violaine : « *Un outil d'autodiagnostic des compétences au service d'une approche multi-scénarios pédagogiques dans un cours à distance... ou lorsque la différenciation pédagogique cesse d'être un mythe ?* ». Centre de recherche LICEF, Université MATI, Montréal - Québec-Canada. (2007)
4. [Bousbia2011a] Nabila 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 Marie Curie (France), Ecole Nationale Supérieure d'informatique (INI- Algérie). (Janvier 2011)
5. [Bousbia2011b] Nabila Bousbia : « *Traces de navigation des apprenants dans un environnement de formation sur le Web* ». Atelier 4 - EIAH 201, Mons, Belgique. (mardi 24 mai 2011)
6. [Champin2004a] Pierre-Antoine Champin, Yannick Prié ; « *MUSETTE : un modèle pour réutiliser l'expérience sur le web sémantique* ». Equipe Cognition et Expérience – LIRIS Université Claude Bernard Lyon. (2004)
7. [Champin2004b] Pierre Antoine Champin, Yannick Prié, Alain Mille:« *MUSETTE: a Framework for Knowledge Capture from Experience* ».Clermont Ferrand, (2004).
8. [Cram2007] Damien Cram : Visualisation de Traces : « *Application aux Traces Réflexives d'eLycée* ». Rapport de stage de Master Recherche Informatique, effectué dans le cadre du projet *eLycée*. (Février 2007)
9. [Djouad2009a] Tarek Djouad, Alain Mille (LIRIS, Lyon), Christophe Reffay (LIFC, Besançon), Mohamed Benmohamed(LIRE, Algérie) : « *Calcul des indicateurs collaboratifs à partir des transformations spécialisées dans un SBT* ». (2009)
10. [Djouad2009b] Tarek Djouad : « *Ingénierie des indicateurs d'activités à partir de traces modélisées pour un Environnement Informatique d'Apprentissage Humain* ». Thèse de doctorat. Université Mentouri de Constantine, université Claude Bernard Lyon1. (Décembre 2009).

Bibliographie

11. [Eyssautier-Bavay 2008] Carole Eyssautier-Bavay : « Modèles, langage et outils pour la réutilisation de profils d'apprenants ». Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier Grenoble1, France. (Mai 2008)
12. [Eyssautier-Bavay 2009] Carole Eyssautier Bavay, Stéphanie Jean Daubias, Jean Philippe Pernin : « Un modèle de processus de gestion de profils d'apprenants ». Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Le Mans 2009.
13. [Heraud2004] Jean-Mathias Heraud, Laure France, Alain Mille: « *Pixed: An ITS that guides students with the help of learners' interaction logs* ». Université Lyon, France. (2004)
14. [Jean-Daubias 2011a] Stéphanie Jean-Daubias : « *Ingénierie des profils d'apprenants* ». Habilitation à diriger des recherches en informatique. Université Claude Bernard Lyon1. Liris.(2011)
15. [Jean-Daubias 2011b] Stéphanie Jean-Daubias, Thi-Thu-Hong Phan : « *Différents niveaux de modélisation pour des profils d'apprenants* ». Université de Lyon, CNRS. (2011)
16. [Jean-Daubias 2009] Stéphanie Jean-Daubias, Carole Eyssautier-Bavay, Marie Lefevre : « *Uniformisation de la structure de profils d'apprenants issus de sources hétérogènes* ». Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2009), Le Mans, France. (2009)
17. [Jermann2001] Patrick Jermann, Amy Solter, et Martin Muehlenbrock: « *From Mirroring to Guiding: A Review of State of the Art Technology for Supporting Collaborative Learning* ». (2001)
18. [Lafifi 2009] Yacine Lafifi, Khaled Halimi, Assia Ghodbani, Nassima Salhi: « *Learners Monitoring Based on Traces in CSCL System* ». Computer Science Department, University of Guelma, Algeria. (2009)
19. [Laflaquière2007] J. Laflaquière, L.S. Settouti1, Y. Prié, A. Mille : « *Un environnement pour gérer des traces comme inscriptions de connaissances* ». Rapport de recherche, LIRIS - Bât Nautibus - UFR Informatique-Université Claude Bernard Lyon. (2007)
20. [Loghin2006] Gligor-Calin Loghin : « Aide à la compréhension du comportement de l'utilisateur par la transformation de traces collectées ». Laboratoire SYSCOM - Université de Savoie. (2006)
21. [Mazza2004] Riccardo Mazza, Vania Dimitrova: « *Visualising Student Tracking Data to Support Instructors in Web-Based Distance Education* ». (2004)

Bibliographie

22. [Mille & Prié 2006] Alain Mille, Yannick Prié : « Une théorie de la trace informatique pour faciliter l'adaptation dans la confrontation logique d'utilisation/logique de conception ». LIRIS UMR 5205 – Université Claude Bernard Lyon. (2006)
23. [Ollagner-Beldame2007] Magali Ollagner-Beldame, Alain Mille : «*Faciliter l'appropriation des EIAH par les apprenants via les traces informatiques d'interactions* ». Université de Lyon, LIRIS, UMR CNRS 5205. (2007)
24. [Oumaira2011] Ilham Oumaira, Rochdi Messoussi, Raja Touahni : « *Instrumentation des activités des tuteurs à l'aide d'un système multi-agents d'analyse automatique des interactions* ». LASTID,Faculté des Sciences ,Université Ibn Tofail, Maroc. (2011)
25. [Piombo2007] Christophe Piombo : « *Modélisation probabiliste du style d'apprentissage et application à l'adaptation de contenus pédagogiques indexés par une ontologie* ». Thèse de doctorat. Université de Toulouse, France. (Octobre 2007)
26. [Rozé2005] Gwenegan Rozé : « *Structuration et analyse de traces hybrides issues de situation d'apprentissage* ». Rapport de Master 2ème année. Université Joseph Fourier, Grenoble, France (2005).
27. [Settouti2005] Lotfi Sofiane Settouti, Yannick Prié, Alain Mille, Jean-Charles Marty : « *Systèmes à base de trace pour l'apprentissage humain* » LIRIS -Université Claude Bernard - Université de Savoie. (2005)

Annexe A

Description de la base de données Moodle

Le nombre de tables de la base de données varie selon la version Moodle. Dans notre cas, il existe un total de 299 tables (Moodle-2.3.1). Nous ne présentons alors que les tables ayant servi à la collecte de données.

1. La table stockant les traces brutes Moodle « mdl_log » :

mdl_log est la table principale sur laquelle repose notre système, car c'est elle qui stocke les logs de chaque utilisateur interagissant avec la plateforme Moodle. La table suivante donne la structure de mdl_log telle qu'elle est définie dans Moodle :

Champ	type	Signification
id	bigint(10)	Identifiant du log (trace)
time	bigint(10)	Date de réalisation de l'action
userid	bigint(10)	Acteur de l'action
ip	varchar(45)	Adresse ip de la machine de l'acteur de l'action
course	bigint(10)	Identifiant du cours dans lequel s'est déroulée l'action
module	varchar(20)	Entité sur laquelle porte l'action (course, chat, forum, wiki, page, ressource....etc)
cmid	bigint(10)	Variable incrémentée à chaque création d'une nouvelle activité
action	varchar(40)	Action réalisée : (login, logout, add,view, update, error,....etc)
url	varchar(100)	url de la page web Moodle chargée par le navigateur web
info	varchar(255)	Information portant sur l'entité de l'action (l'attribut module). Quand l'action est un ajout d'activité, ou une consultation de contenu, info désigne son identifiant.

2. Les autres tables Moodle :

Dans ce qui suit, nous ne gardons de la structure des tables Moodle que les champs utilisés dans la récupération de données :

➤ mdl_course :

Cette table contient les informations globales d'un cours :

Champ	type	Signification
id	bigint(10)	Identifiant du cours
fullname	varchar(254)	Titre du cours

Description de la base de données Moodle

➤ mdl_course_sections :

Contient les différentes sections d'un cours :

Champ	type	Signification
id	bigint(10)	Identifiant de la table
course	bigint(10)	Identifiant du cours
section	bigint(10)	Numéro de section
name	varchar(255)	Titre de section
sequence	Text	Séquence des cmid des entités d'une section

➤ mdl_resource :

Contient des informations sur les différentes ressources ajoutées par l'enseignant.

Champ	type	Signification
id	bigint(10)	Identifiant de la ressource
course	bigint(10)	Identifiant du cours
name	varchar(255)	Nom de la ressource

➤ mdl_files :

Contient des informations sur les différents fichiers ajoutés par l'enseignant et que l'apprenant peut télécharger.

Champ	type	Signification
id	bigint(10)	Identifiant du fichier
filename	varchar(255)	Nom du fichier
filesize	bigint(10)	Taille du fichier en octets
timecreated	bigint(10)	Date de création du fichier

➤ mdl_page :

Contient des informations sur les pages web créées par l'enseignant.

Champ	type	Signification
id	bigint(10)	Identifiant de la page
course	bigint(10)	Identifiant du cours
name	varchar(255)	Nom de la page

Description de la base de données Moodle

➤ mdl_wiki :

Contient des informations sur les activités de wiki :

Champ	type	Signification
id	bigint(10)	Identifiant du wiki
course	bigint(10)	Identifiant du cours
name	varchar(255)	Nom du wiki
wikimode	varchar(20)	Mode du wiki (Collaboratif, ou individuel)
firstpagetitle	varchar(255)	Titre de la première page du wiki

➤ mdl_wiki_pages :

Conserve des informations sur les différentes pages des wiki.

Champ	type	Signification
id	bigint(10)	Identifiant de la page-wiki
title	bigint(10)	Titre de la page-wiki

➤ mdl_assign :

Conserve des informations sur les différents devoirs.

Champ	type	Signification
id	bigint(10)	Identifiant du devoir
course	bigint(10)	Identifiant du cours
name	varchar(255)	Nom du devoir

➤ mdl_user :

Stocke les informations personnelles des différents utilisateurs de la plateforme.

Champ	type	Signification
id	bigint(10)	Identifiant de l'utilisateur
username	bigint(10)	Pseudonyme
firstname	varchar(100)	prénom
lastname	varchar(100)	Nom
email	varchar(255)	Adresse mail
institution	varchar(40)	Institution (école, université, ...)
address	varchar(70)	Adresse personnelle
city	varchar(120)	Ville
country	varchar(2)	Pays

Annexe B

Analyse d'indicateurs et déduction de profils dans ATPA

Afin de mesurer la valeur d'un élément de profil, nous analysons individuellement chaque indicateur participant à sa déduction, puis nous combinons ces évaluations, afin de porter un jugement sur la valeur de cet élément de profil. Chaque combinaison représentera une des règles d'inférence de cet élément de profil, et chaque jugement sa conclusion.

1. Analyse d'indicateurs:

Dans ce qui suit, nous considérons la liste des indicateurs suivante :

Indicateur	Signification
Moy _{d/s}	moyenne des demandes d'aide par session.
Moy _{p/s}	moyenne des propositions d'aide par session.
taux _F	Taux d'activités faciles réalisées sur l'ensemble d'activités réalisées.
taux _M	Taux d'activités moyennes réalisées sur l'ensemble d'activités réalisées.
taux _D	Taux d'activités difficiles réalisées sur l'ensemble d'activités réalisées.
Fréq _{ac}	fréquence des accès aux activités collectives.
taux _{pc}	taux de productions collectives sur l'ensemble des productions
rap _{temps}	Rapport entre le temps passé dans les activités collectives et le temps total passé sur la plateforme
Fréq _{verb}	fréquence des accès aux ressources verbales
rap _{tempsVerb}	Rapport entre le temps passé sur les ressources verbales et le temps total passé sur les ressources verbales et visuelles
Taux _{théoq-1}	Taux de contenus théoriques visités en premier
taux _{ConsThéoq}	Taux de consultations des contenus théoriques
Rap _{tempsThéoq}	Rapport entre le temps passé sur les contenus théoriques et le temps total passé sur les contenus théoriques et pratiques
Rap _{tempsLect}	Rapport entre le temps passé en lecture de cours et le temps total passé sur la plateforme d'apprentissage
Rap _{tempsRésol}	Rapport entre le temps passé en résolution de problèmes et le temps total passé sur la plateforme d'apprentissage
Taux _{Prod}	Taux de productions réalisées sur l'ensemble d'activités de productions.
Taux _{Revisit}	Taux de pages revisitées sur l'ensemble de pages visitées
Taux _{accRvisit}	Taux d'accès aux pages déjà visités sur le nombre total d'accès aux pages
Taux _{pgeDépss}	Taux de pages dont la durée de consultation a dépassée la durée prévue
Moy _{prédSuiv}	Moyenne de passages d'une page précédente à une page suivante (et vice versa)

Annexe B

Analyse d'indicateurs et déduction de profils dans ATPA

	par cours et par session
Rap _{tempPrécéd}	Rapport entre le temps total passé sur les pages atteintes par le lien précédent et le temps total de consultation des pages
Moy _{accErrant}	Moyenne des accès errants par session
Taux _{Idépss}	Taux d'intervalles entre sessions dont la valeur temporelle a dépassé celle prévue

1.1. Analyse d'indicateurs pour l'évaluation du niveau de compétences :

Critère	Evaluation	Signification
Autonomie	$Moy_{d/s} \geq 1$	L'apprenant demande toujours de l'aide.
	$0 < Moy_{d/s} < 1$	L'apprenant demande souvent de l'aide.
	$Moy_{d/s} = 0$	L'apprenant ne demande jamais de l'aide.
Expertise	$Moy_{p/s} = 0$	L'apprenant ne propose jamais de l'aide.
	$0 < Moy_{p/s} < 1$	L'apprenant propose souvent de l'aide.
	$Moy_{p/s} \geq 1$	L'apprenant propose toujours de l'aide.
Complexité des activités réalisées	$Max(taux_F, taux_M, taux_D) = taux_F$	Les activités réalisées par l'apprenant sont majoritairement faciles.
	$Max(taux_F, taux_M, taux_D) = taux_M$	Les activités réalisées par l'apprenant sont majoritairement moyennes.
	$Max(taux_F, taux_M, taux_D) = taux_D$	Les activités réalisées par l'apprenant sont majoritairement difficiles.

1.2. Analyse d'indicateurs pour l'évaluation du profil de préférences :

1.2.1. Type d'environnement préféré :

Critère	Evaluation	Signification
Accès aux activités collectives et individuelles	$Fréq_{ac} \in I3$	L'apprenant accède aux activités collectives plus qu'il n'accède aux activités individuelles
	$Fréq_{ac} \in I1$	L'apprenant accède aux activités individuelles plus qu'il n'accède aux activités collectives
	$Fréq_{ac} \in I2$	L'apprenant accède aux activités individuelles et collectives de la même façon
Production	$taux_{pc} \in I3$	Nombre de productions collectives est supérieur au nombre de productions individuelles

Annexe B

Analyse d'indicateurs et déduction de profils dans ATPA

collectives et individuelles	taux _{pc} € I1	Nombre de productions individuelles est supérieur au nombre de productions collectives
	taux _{pc} € I2	Nombre de productions individuelles n'est pas très différent du nombre de productions collectives
Temps passé sur les activités collectives et individuelles	rap _{temps} € I3	L'apprenant passe plus de temps sur les activités collectives que sur les activités individuelles
	rap _{temps} € I1	L'apprenant passe plus de temps sur les activités individuelles que sur les activités collectives
	rap _{temps} € I2	Le temps passé sur les activités collectives n'est pas très différent de celui passé sur les activités individuelles

1.2.2. Type de présentation préférée :

Critère	Evaluation	Signification
Fréquence des accès	Fréq _{verb} € I3	L'apprenant accède aux ressources verbales plus qu'il n'accède aux ressources visuelles
	Fréq _{verb} € I1	L'apprenant accède aux ressources visuelles plus qu'il n'accède aux ressources verbales
	Fréq _{verb} € I2	L'apprenant accède aux ressources verbales et visuelles de la même façon
Durée de consultation	rap _{tempsVerb} € I3	L'apprenant passe plus de temps sur les ressources verbales que sur les ressources visuelles
	rap _{tempsVerb} € I1	L'apprenant passe plus de temps sur les ressources visuelles que sur les ressources verbales
	rap _{tempsVerb} € I2	Le temps passé sur les ressources visuelles n'est pas très différent de celui passé sur les ressources verbales

1.2.3. Pragmatisme :

Critère	Evaluation	Signification
Type des contenus visités en premier	Taux _{t-1} € I3	L'apprenant préfère accéder en premier aux contenus théoriques
	Taux _{t-1} € I2	L'apprenant n'a aucune préférence quant au type de contenus visités en premier
	Taux _{t-1} € I1	L'apprenant préfère accéder en premier aux contenus pratiques
Type des contenus consultés	taux _{ConsThéoq} € I3	L'apprenant consulte les contenus théoriques plus que les contenus pratiques
	taux _{ConsThéoq} € I2	L'apprenant consulte les contenus pratiques de la même manière que les contenus théoriques
	taux _{ConsThéoq} € I1	L'apprenant consulte les contenus pratiques plus que les contenus théoriques

Annexe B

Analyse d'indicateurs et déduction de profils dans ATPA

Durée des visites	Rap _{tempsThéoq} € I3	L'apprenant passe plus de temps sur les contenus théoriques que sur les contenus pratiques
	Rap _{tempsThéoq} € I2	Le temps passé sur les contenus théoriques est proche du temps passé sur les contenus pratiques
	Rap _{tempsThéoq} € I1	L'apprenant passe plus de temps sur les contenus pratiques que sur les contenus théoriques

1.3. Analyse d'indicateurs pour l'évaluation du profil comportemental :

1.3.1. Degré de motivation :

Critère	Evaluation	Signification
Durée passée en lecture des cours	Rap _{tempsLect} € I3	L'apprenant consacre beaucoup de temps à la lecture des cours
	Rap _{tempsLect} € I2	L'apprenant ne consacre pas beaucoup de temps à la lecture des cours
	Rap _{tempsLect} € I1	L'apprenant consacre peu de temps à la lecture des cours
Durée passée en résolution de problèmes	Rap _{tempsRésol} € I3	L'apprenant consacre beaucoup de temps à la résolution de problèmes
	Rap _{tempsRésol} € I2	L'apprenant ne consacre pas beaucoup de temps à la résolution de problèmes
	Rap _{tempsRésol} € I1	L'apprenant consacre peu de temps à la résolution de problèmes
Nombre de productions Réalisées	Taux _{Prod} € I3	L'apprenant résout beaucoup de problèmes
	Taux _{Prod} € I2	L'apprenant ne résout pas beaucoup de problèmes
	Taux _{Prod} € I1	L'apprenant résout peu de problèmes

1.3.2. Capacité d'assimilation :

Critère	Evaluation	Signification
Nombre de pages revisités	Taux _{Revisit} € I3	Sur l'ensemble de pages vues, beaucoup ont été revisitées
	Taux _{Revisit} € I2	Sur l'ensemble de pages vues, peu ont été revisitées
	Taux _{Revisit} € I1	Sur l'ensemble de pages vues, très peu ont été revisitées
Nombres d'accès aux pages	Taux _{accRevisit} € I3	L'apprenant revoit plusieurs fois les pages déjà visitées
	Taux _{accRevisit} € I2	L'apprenant revoit quelques fois les pages déjà visitées

Annexe B

Analyse d'indicateurs et déduction de profils dans ATPA

revisitées	Taux _{accRvisit} € I1	L'apprenant revoie rarement les pages déjà visitées
Durées de consultation réelle et prévue	Taux _{pgeDépss} € I3	L'apprenant dépasse toujours le temps de consultation prévu
	Taux _{pgeDépss} € I2	L'apprenant dépasse souvent le temps de consultation prévu
	Taux _{pgeDépss} € I1	L'apprenant dépasse rarement le temps de consultation prévu

1.3.3. Capacité de mémorisation :

Critère	Evaluation	Signification
Utilisation des liens «précédent », « suivant »	$\text{Moy}_{\text{prédSuiv}} \geq 1$	L'apprenant utilise beaucoup les liens « précédent », « suivant »
	$0 < \text{Moy}_{\text{prédSuiv}} < 1$	L'apprenant n'utilise pas beaucoup les liens « précédent », « suivant »
	$\text{Moy}_{\text{prédSuiv}} = 0$	L'apprenant utilise très peu les liens « précédent », « suivant »
Temps passé sur les pages atteintes par le lien « précédent »	Rap _{tempPrcéd} € I3	L'apprenant passe beaucoup de temps sur les pages atteintes par le lien « précédent »
	Rap _{tempPrcéd} € I2	L'apprenant ne passe pas beaucoup de temps sur les pages atteintes par le lien « précédent »
	Rap _{tempPrcéd} € I1	L'apprenant passe très peu de temps sur les pages atteintes par le lien « précédent »

1.3.4. Capacité de concentration :

Critère	Evaluation	Signification
Errance	$\text{Moy}_{\text{accErrant}} \geq 1$	L'apprenant erre toujours dans la consultation des pages
	$0 < \text{Moy}_{\text{accErrant}} < 1$	L'apprenant erre souvent dans la consultation de pages
	$\text{Moy}_{\text{accErrant}} = 0$	L'apprenant n'erre jamais dans la consultation de pages

1.3.5. Assiduité:

Critère	Evaluation	Signification
Intervalles de temps	Taux _{Idépss} € I3	L'apprenant met beaucoup de temps pour se connecter de nouveau à la plateforme
	Taux _{Idépss} € I2	L'apprenant ne met pas beaucoup de temps pour se connecter de nouveau à la plateforme

Annexe B

Analyse d'indicateurs et déduction de profils dans ATPA

	Taux _{Idéps} € I1	L'apprenant met très peu de temps pour se connecter de nouveau à la plateforme
--	----------------------------	--

2. Règles d'inférence :

2.1. Règles d'inférence du niveau de compétence :

Hypothèse1	Hypothèse2	Hypothèse3	Conclusion
$Moy_{d/s} \geq 1$	$Moy_{p/s} = 0$	facile	Débutant
		Moyenne	Intermédiaire
		Difficiles	Intermédiaire
$Moy_{d/s} \geq 1$	$0 < Moy_{p/s} < 1$	facile	Débutant
		Moyenne	Intermédiaire
		Difficiles	Intermédiaire
$Moy_{d/s} \geq 1$	$Moy_{p/s} \geq 1$	facile	Débutant
		Moyenne	Intermédiaire
		Difficiles	Intermédiaire
$0 < Moy_{d/s} < 1$	$Moy_{p/s} = 0$	facile	Débutant
		Moyenne	Intermédiaire
		Difficiles	Intermédiaire
$0 < Moy_{d/s} < 1$	$0 < Moy_{p/s} < 1$	facile	Débutant
		Moyenne	Intermédiaire
		Difficiles	Intermédiaire
$0 < Moy_{d/s} < 1$	$Moy_{p/s} \geq 1$	facile	Intermédiaire
		Moyenne	Intermédiaire
		Difficiles	Intermédiaire
$Moy_{d/s} = 0$	$Moy_{p/s} = 0$	facile	Débutant
		Moyenne	Intermédiaire
		Difficiles	Avancé
$Moy_{d/s} = 0$	$0 < Moy_{p/s} < 1$	facile	Intermédiaire
		Moyenne	Intermédiaire
		Difficiles	Avancé
$Moy_{d/s} = 0$	$Moy_{p/s} \geq 1$	facile	Intermédiaire
		Moyenne	Intermédiaire
		Difficiles	Avancé

2.2. Règles d'inférence du type d'environnement préféré :

Hypothèse1	Hypothèse2	Hypothèse3	Conclusion
Fréq _{ac} € I3	taux _{pc} € I3	rap _{temps} € I3	Collectif
		rap _{temps} € I1	Mixte

Annexe B

Analyse d'indicateurs et déduction de profils dans ATPA

		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I2}$	Mixte
$\text{Fréq}_{\text{ac}} \in \text{I3}$	$\text{taux}_{\text{pc}} \in \text{I1}$	$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I3}$	Mixte
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I1}$	Individuel
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I2}$	Mixte
$\text{Fréq}_{\text{ac}} \in \text{I3}$	$\text{taux}_{\text{pc}} \in \text{I2}$	$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I3}$	Collectif
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I1}$	Mixte
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I2}$	Mixte
$\text{Fréq}_{\text{ac}} \in \text{I1}$	$\text{taux}_{\text{pc}} \in \text{I3}$	$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I3}$	Collectif
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I1}$	Mixte
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I2}$	Mixte
$\text{Fréq}_{\text{ac}} \in \text{I1}$	$\text{taux}_{\text{pc}} \in \text{I1}$	$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I3}$	Mixte
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I1}$	Individuel
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I2}$	Mixte
$\text{Fréq}_{\text{ac}} \in \text{I1}$	$\text{taux}_{\text{pc}} \in \text{I2}$	$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I3}$	Mixte
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I1}$	Individuel
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I2}$	Mixte
$\text{Fréq}_{\text{ac}} \in \text{I2}$	$\text{taux}_{\text{pc}} \in \text{I3}$	$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I3}$	Collectif
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I1}$	Mixte
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I2}$	Mixte
$\text{Fréq}_{\text{ac}} \in \text{I2}$	$\text{taux}_{\text{pc}} \in \text{I1}$	$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I3}$	Mixte
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I1}$	Individuel
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I2}$	Mixte
$\text{Fréq}_{\text{ac}} \in \text{I2}$	$\text{taux}_{\text{pc}} \in \text{I2}$	$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I3}$	Mixte
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I1}$	Mixte
		$\text{rap}_{\text{temps}} \in \text{I2}$	Mixte

2.3. Règles d'inférence du type de présentation préférée :

Hypothèse1	Hypothèse2	Conclusion
$\text{Fréq}_{\text{verb}} \in \text{I3}$	$\text{rap}_{\text{tempsVerb}} \in \text{I3}$	Verbal
	$\text{rap}_{\text{tempsVerb}} \in \text{I1}$	Mixte
	$\text{rap}_{\text{tempsVerb}} \in \text{I2}$	Mixte
$\text{Fréq}_{\text{verb}} \in \text{I1}$	$\text{rap}_{\text{tempsVerb}} \in \text{I3}$	Mixte
	$\text{rap}_{\text{tempsVerb}} \in \text{I1}$	Visuel
	$\text{rap}_{\text{tempsVerb}} \in \text{I2}$	Mixte
$\text{Fréq}_{\text{verb}} \in \text{I2}$	$\text{rap}_{\text{tempsVerb}} \in \text{I3}$	Mixte
	$\text{rap}_{\text{tempsVerb}} \in \text{I1}$	Mixte
	$\text{rap}_{\text{tempsVerb}} \in \text{I2}$	Mixte

Analyse d'indicateurs et déduction de profils dans ATPA

2.4. Règles d'inférence de pragmatisme :

Hypothèse1	Hypothèse2	Hypothèse3	Conclusion
Taux _{t-1} € I3	taux _{ConsThéoq} € I3	Rap _{tempsThéoq} € I3	Théorique
		Rap _{tempsThéoq} € I2	Mixte
		Rap _{tempsThéoq} € I1	Mixte
	taux _{ConsThéoq} € I2	Rap _{tempsThéoq} € I3	Théorique
		Rap _{tempsThéoq} € I2	Mixte
		Rap _{tempsThéoq} € I1	Mixte
	taux _{ConsThéoq} € I1	Rap _{tempsThéoq} € I3	Théorique
		Rap _{tempsThéoq} € I2	Mixte
		Rap _{tempsThéoq} € I1	Pratique
Taux _{t-1} € I2	taux _{ConsThéoq} € I3	Rap _{tempsThéoq} € I3	Théorique
		Rap _{tempsThéoq} € I2	Mixte
		Rap _{tempsThéoq} € I1	Pratique
	taux _{ConsThéoq} € I2	Rap _{tempsThéoq} € I3	Théorique
		Rap _{tempsThéoq} € I2	Mixte
		Rap _{tempsThéoq} € I1	Pratique
	taux _{ConsThéoq} € I1	Rap _{tempsThéoq} € I3	Mixte
		Rap _{tempsThéoq} € I2	Mixte
		Rap _{tempsThéoq} € I1	Pratique
Taux _{t-1} € I1	taux _{ConsThéoq} € I3	Rap _{tempsThéoq} € I3	Théorique
		Rap _{tempsThéoq} € I2	Mixte
		Rap _{tempsThéoq} € I1	Pratique
	taux _{ConsThéoq} € I2	Rap _{tempsThéoq} € I3	Mixte
		Rap _{tempsThéoq} € I2	Mixte
		Rap _{tempsThéoq} € I1	Pratique
	taux _{ConsThéoq} € I1	Rap _{tempsThéoq} € I3	Mixte
		Rap _{tempsThéoq} € I2	Mixte
		Rap _{tempsThéoq} € I1	Pratique

2.5. Règles d'inférence de degré de motivation :

Hypothèse1	Hypothèse2	Hypothèse3	Conclusion
Rap _{tempsLect} € I3	Rap _{tempsRésol} € I3	Taux _{Prod} € I3	Forte
		Taux _{Prod} € I2	Forte
		Taux _{Prod} € I1	Forte
	Rap _{tempsRésol} € I2	Taux _{Prod} € I3	Forte
		Taux _{Prod} € I2	Moyenne
		Taux _{Prod} € I1	Moyenne
	Rap _{tempsRésol} € I1	Taux _{Prod} € I3	Forte

Annexe B

Analyse d'indicateurs et déduction de profils dans ATPA

Rap _{tempsLect} € I2	Rap _{tempsRésol} € I3	Taux _{Prod} € I2	Moyenne
		Taux _{Prod} € I1	Moyenne
		Taux _{Prod} € I3	Forte
	Rap _{tempsRésol} € I2	Taux _{Prod} € I2	Moyenne
		Taux _{Prod} € I1	Moyenne
		Taux _{Prod} € I3	Moyenne
	Rap _{tempsRésol} € I1	Taux _{Prod} € I2	Moyenne
		Taux _{Prod} € I1	Faible
		Taux _{Prod} € I3	Moyenne
Rap _{tempsLect} € I1	Rap _{tempsRésol} € I3	Taux _{Prod} € I2	Faible
		Taux _{Prod} € I1	Faible
		Taux _{Prod} € I3	Moyenne
	Rap _{tempsRésol} € I2	Taux _{Prod} € I2	Moyenne
		Taux _{Prod} € I1	Faible
		Taux _{Prod} € I3	Moyenne
	Rap _{tempsRésol} € I1	Taux _{Prod} € I2	Faible
		Taux _{Prod} € I1	Faible
		Taux _{Prod} € I3	Moyenne

2.6. Règles d'inférence de la capacité d'assimilation :

Hypothèse1	Hypothèse2	Hypothèse3	Conclusion
Taux _{Revisit} € I3	Taux _{accRvisit} € I3	Taux _{pgeDépss} € I3	Faible
		Taux _{pgeDépss} € I2	Faible
		Taux _{pgeDépss} € I1	Faible
	Taux _{accRvisit} € I2	Taux _{pgeDépss} € I3	Faible
		Taux _{pgeDépss} € I2	Moyenne
		Taux _{pgeDépss} € I1	Moyenne
	Taux _{accRvisit} € I1	Taux _{pgeDépss} € I3	Faible
		Taux _{pgeDépss} € I2	Moyenne
		Taux _{pgeDépss} € I1	Forte
Taux _{Revisit} € I2	Taux _{accRvisit} € I3	Taux _{pgeDépss} € I3	Faible
		Taux _{pgeDépss} € I2	Moyenne
		Taux _{pgeDépss} € I1	Moyenne
	Taux _{accRvisit} € I2	Taux _{pgeDépss} € I3	Faible
		Taux _{pgeDépss} € I2	Moyenne
		Taux _{pgeDépss} € I1	Forte
	Taux _{accRvisit} € I1	Taux _{pgeDépss} € I3	Moyenne
		Taux _{pgeDépss} € I2	Moyenne
		Taux _{pgeDépss} € I1	Forte

Annexe B

Analyse d'indicateurs et déduction de profils dans ATPA

Taux _{Revisit} € I1	Taux _{accRvisit} € I3	Taux _{pgeDépss} € I3	Faible
		Taux _{pgeDépss} € I2	Moyenne
		Taux _{pgeDépss} € I1	Moyenne
	Taux _{accRvisit} € I2	Taux _{pgeDépss} € I3	Moyenne
		Taux _{pgeDépss} € I2	Moyenne
		Taux _{pgeDépss} € I1	Forte
	Taux _{accRvisit} € I1	Taux _{pgeDépss} € I3	Moyenne
		Taux _{pgeDépss} € I2	Forte
		Taux _{pgeDépss} € I1	Forte

2.7. Règles d'inférence de la capacité de mémorisation :

Hypothèse1	Hypothèse2	Conclusion
$\text{Moy}_{\text{prédSuiv}} \geq 1$	Rap _{tempPrcéd} € I3	Faible
	Rap _{tempPrcéd} € I2	Faible
	Rap _{tempPrcéd} € I1	Moyenne
$0 < \text{Moy}_{\text{prédSuiv}} < 1$	Rap _{tempPrcéd} € I3	Moyenne
	Rap _{tempPrcéd} € I2	Moyenne
	Rap _{tempPrcéd} € I1	Forte
$\text{Moy}_{\text{prédSuiv}} = 0$	Rap _{tempPrcéd} = 0 € I1	Forte

2.8. Règles d'inférence de la capacité de concentration :

Hypothèse	Conclusion
$\text{Moy}_{\text{accErrant}} \geq 1$	Faible
$0 < \text{Moy}_{\text{accErrant}} < 1$	Moyenne
$\text{Moy}_{\text{accErrant}} = 0$	Forte

2.9. Règles d'inférence du degré de l'assiduité:

Hypothèse	Conclusion
Taux _{Idépss} € I3	Non assidu
Taux _{Idépss} € I2	Peu assidu
Taux _{Idépss} € I1	Très assidu