



HAL
open science

Instrumentation de la supervision par la réutilisation d'indicateurs: Modèles et Architecture

Fatoumata Diagne

► **To cite this version:**

Fatoumata Diagne. Instrumentation de la supervision par la réutilisation d'indicateurs: Modèles et Architecture. Informatique [cs]. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2009. Français. NNT : . tel-00366368

HAL Id: tel-00366368

<https://theses.hal.science/tel-00366368v1>

Submitted on 6 Mar 2009

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

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

Ecole Doctorale Mathématiques, Sciences et Technologies de
l'Information, Informatique

THESE

Présentée par **Fatoumata DIAGNE**
Pour l'obtention du grade de **Docteur de l'Université Joseph
Fourier – Grenoble**
Spécialité : Informatique

Instrumentation de la supervision de l'apprentissage par la réutilisation d'indicateurs: Modèles et Architecture

Thèse soutenue le 20 Janvier 2009

Composition du jury :

| | |
|-----------------------|--|
| Rapporteurs : | Angélique Dimitracopoulou Alain Mille |
| Examineurs : | Jean-Charles Marty Christophe Reffay Christine Verdier |
| Directeurs de thèse : | Jean-Pierre Peyrin Jean-Pierre David Vanda Luengo |

Thèse préparée au sein de l'équipe METAH du Laboratoire Informatique de Grenoble (LIG)

*A mes parents Ibrahima Diagne et Mame Awa Ndiaye,
A mes frères et sœurs Marième, Alassane, Bintou et Chams,
A mon mari Marouf Liady,
A notre fille Nasrine Mariem,*

Mais également à ceux qui ne sont plus ...

Remerciements

Et voilà, quatre ans et demi d'échanges scientifiques et humains, de découverte de soi qui ont bouleversé ma vie.

Tout d'abord, je remercie la **région Rhône-Alpes** de m'avoir donné la chance de faire cette thèse, par une aide financière fort confortable.

Une thèse n'est pas un travail individuel. **Jean-Pierre Peyrin, Jean-Pierre David et Vanda Luengo**, cette réussite est également la votre. Elle a été le fruit de réunions de travail régulières, mais pas que cela.

Jean-Pierre Peyrin, je ne vous remercierai jamais assez. Sans vous, cette thèse n'aurait peut être jamais eu lieu, ou alors elle se serait terminée très prématurément. Je vous connais depuis temps d'années, et nous avons été proches dès ma Licence. Vous m'avez écouté, suivi, guidé, aidé, ... Vous avez été plus qu'un directeur de thèse pour moi et j'espère que nos relations ne s'arrêteront pas là. En tous cas, merci de m'avoir soutenu pendant les moments durs, de m'avoir appris ce qu'était une thèse et par votre sagesse, de toujours me ramener à l'essentiel.

Jean-Pierre David, les débuts ont été très durs entre nous. Beaucoup d'incompréhension et de souffrance. Je retiens pour ma part les deux dernières années de thèse qui ont été riches en échanges scientifiques et en diplomatie. Voilà que je découvre l'homme! Et il est très humain.

Vanda Luengo, je t'admire en secret, parce que jeune, femme, d'origine étrangère et se battant corps et âme pour aller au plus loin dans la recherche. Ta pertinence scientifique m'a aidé et beaucoup rassuré dans cette thèse. Je te remercie surtout d'avoir toujours été franche et direct avec moi.

Cette thèse ne se serait pas soutenue aujourd'hui sans les membres du jury. Je remercie Mme **Christine Verdier** d'avoir accepté de présider mon jury de thèse.

Merci à **Angélique Dimitracopoulou** et **Alain Mille**, d'avoir accepté de rapporter ma thèse. Sans vraiment me connaître, vous avez accepté de prendre de votre temps, ô combien précieux dans notre milieu, pour tenter de comprendre et évaluer mes travaux. Mention Spéciale à Angélique qui malgré les crises sociales que traversait la Grèce, a pu me consacrer du temps.

Merci à **Jean-Charles Marty** et **Christophe Reffay** d'avoir accepté d'être examinateurs de ma thèse. Malgré nos multiples rencontres, nous n'avons jamais eu le temps de bien discuter de mes travaux de recherche. C'est aujourd'hui un honneur pour moi de les soumettre à votre évaluation.

Cette thèse est aussi celle de **Marouf**, mon mari, confident et ami de chaque jour, qui m'a écouté, conseillé et soutenu pendant toutes ses années. Ce manuscrit symbolise notre réussite à tous les deux. Une autre de nos réussites, la plus belle, **Nasrine Marième**, sera bien contente d'avoir une maman à temps plein.

Je remercie particulièrement **mes parents** qui m'ont soutenu moralement et financièrement pendant toutes ses années. Avoir une fille de 28 ans, qui est étudiante et sans revenus réguliers, n'est pas un rêve de parent. Merci pour votre patiente.

Je ne finirai pas sans remercier les membres de l'équipe **METAH**, qui m'ont accueilli, et avec qui j'ai passé de très bons moments. Mention Spéciale à ma co-bureau **Anne Lejeune**, au cœur d'or, qui m'a supporté pendant toutes ces années.

Merci à tous les membres du Laboratoire Informatique de Grenoble.

Résumé

L'instrumentation de la supervision passe par la compréhension de son utilité et de sa faisabilité. Les indicateurs fournissent au tuteur des informations lui permettant de réguler les activités d'apprentissage au niveau Cognitif, Pédagogique, Social et Technique. Cette thèse se propose de répondre aux questions portant sur l'identification des types d'indicateurs utiles à chaque rôle de régulation du tuteur et sur la proposition d'une méthodologie permettant de réutiliser un ensemble d'indicateurs, de ces types, dans un environnement de supervision.

Le modèle CAS de supervision propose une taxonomie permettant au tuteur d'avoir une perception de l'activité d'apprentissage. Une enquête auprès de tuteurs en ligne a montré que les indicateurs Cognitifs permettent de jouer des rôles pédagogique et cognitif, les indicateurs Sociaux le rôle social. L'utilité des indicateurs d'Activité (Parcours et Technique) n'en est pas clairement ressortie. L'enquête révèle également un besoin de personnalisation de la supervision.

A la problématique d'instrumentation de la réutilisation, nous répondons en proposant un formalisme de Patron d'Indicateur Réutilisable qui permet de capitaliser les savoir-faire en terme de définition d'indicateur, ainsi qu'une Architecture Multi-Agent Ouverte permettant de les réutiliser dans de nouveaux contextes de supervision. Ces savoir-faire, modélisés en termes de fonction, peuvent dans l'architecture proposée se déployer et se combiner pour informer le tuteur sur l'activité d'apprentissage. Les opérations d'Agrégation et de Composition sont définies sur les fonctions «indicateur». L'environnement EM-AGIIR, implémentant l'architecture proposée est ouvert, évolutif et permet au tuteur de personnaliser son activité de supervision. Un ensemble d'indicateurs sur les traces du projet MATES du réseau européen Kaleidoscope y ont été réutilisés.

Table des Matières

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION GENERALE | 1 |
| CHAPITRE 1 : CADRE GENERAL | 3 |
| 1.1 CONCEPTS CLES DE LA THESE | 3 |
| 1.1.1 <i>La Supervision</i> | 3 |
| 1.1.2 <i>Le Tutorat</i> | 8 |
| 1.1.3 <i>La Trace d'interaction</i> | 9 |
| 1.1.4 <i>L'Indicateur d'analyse d'interaction</i> | 16 |
| 1.1.5 <i>Conclusion sur la Supervision et ses concepts-clés</i> | 18 |
| 1.2 PROBLEMATIQUE DE LA THESE | 19 |
| 1.3 CONTEXTE D'EXPERIMENTATION : LE PROJET MATES..... | 21 |
| 1.3.1 <i>Description Générale</i> | 21 |
| 1.3.2 <i>Descriptif du Scénario</i> | 21 |
| 1.4 CONCLUSION DU CHAPITRE..... | 24 |
| CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART SUR LES ENVIRONNEMENTS DE SUPERVISION DESTINES AU TUTEUR..... | 25 |
| 2.1 ENVIRONNEMENTS PROPOSANT UN ENSEMBLE FINI D'INDICATEURS | 25 |
| 2.1.1 DEFINITION D'INDICATEURS POUR LES ROLES DE REGULATION DU TUTEUR..... | 25 |
| 2.1.2 SUPERVISION AXEE SUR UNE COMPOSANTE DE L'ACTIVITE D'APPRENTISSAGE..... | 26 |
| 2.1.2.1 <i>Supervision dans un domaine d'apprentissage précis</i> | 27 |
| 2.1.2.2 <i>Supervision d'un apprentissage collaboratif</i> | 30 |
| 2.1.2.3 <i>Supervision selon un modèle d'organisation de l'apprentissage</i> | 35 |
| 2.1.3 TECHNIQUES DE VISUALISATION POUR LA SUPERVISION..... | 40 |
| 2.2 DEFINITION DES INDICATEURS PAR LE TUTEUR..... | 44 |
| 2.3 CONCLUSION..... | 49 |
| CHAPITRE 3 : MODELE CAS (COGNITIF - ACTIVITE - SOCIAL) DE SUPERVISION..... | 54 |
| 3.1 TYPOLOGIE D'INDICATEURS D'APPRENTISSAGE | 54 |
| 3.1.1 UNE TYPOLOGIE BASEE SUR L'UTILITE DES INDICATEURS | 54 |
| 3.1.2 POSITIONNEMENT DE NOTRE TYPOLOGIE | 56 |
| 3.2 LE MODELE CAS..... | 57 |
| 3.2.1 LA TAXONOMIE D'INDICATEURS | 57 |
| 3.2.1.1 <i>Indicateurs Cognitifs</i> | 57 |
| 3.2.1.2 <i>Indicateurs d'Activité</i> | 57 |
| 3.2.1.3 <i>Indicateurs Sociaux</i> | 58 |
| 3.2.2 TYPES DE TRACES NECESSAIRES AUX INDICATEURS DU MODELE CAS | 59 |
| 3.2.2.1 <i>Les Événements sur une plateforme d'apprentissage</i> | 60 |
| 3.2.2.2 <i>Illustration avec les traces générées par les expérimentations du projet MATES</i> | 61 |
| 3.2.3 CONCLUSION SUR LE MODELE CAS D'INDICATEURS ET LES TRACES QUI PERMETTENT DE LE DEFINIR..... | 62 |
| 3.3 ENQUETE SUR LES BESOINS DU TUTEUR EN LIGNE..... | 64 |
| 3.3.1 L'ENQUETE..... | 65 |
| 3.3.1.1 <i>Outil : un QCM ouvert</i> | 65 |
| 3.3.1.2 <i>Déroulement</i> | 66 |
| 3.3.2 RESULTATS | 66 |
| 3.4 CONCLUSION DU CHAPITRE..... | 70 |
| CHAPITRE 4 : SPECIFICATION DE LA METHODE DE REUTILISATION DES INDICATEURS D'ANALYSE D'INTERACTION : MODELE ET ARCHITECTURE | 72 |
| 4.1 PATRON D'INDICATEUR REUTILISABLE | 72 |
| 4.1.1 LES DIFFERENTS NIVEAUX D'INDICATEURS EXISTANTS | 72 |
| 4.1.1.1 <i>Les indicateurs de bas niveau</i> | 73 |

| | |
|--|------------|
| 4.1.1.2 Les indicateurs de haut niveau | 73 |
| 4.1.2 UN MODELE DE L'INDICATEUR : LA FONCTION « INDICATEUR »..... | 74 |
| 4.1.3 LA PARTIE REUTILISABLE D'UN INDICATEUR | 78 |
| 4.1.3.1 Sélection | 79 |
| 4.1.3.2 Analyse | 79 |
| 4.1.3.3 Visualisation | 79 |
| 4.1.3.4 Conclusion..... | 80 |
| 4.1.4 FORMALISME D'UN PATRON D'INDICATEUR REUTILISABLE ET LES CONDITIONS DE REUTILISATION | 80 |
| 4.1.4.1 Patrons de conception pour l'Analyse des traces..... | 80 |
| 4.1.4.2 Formalisme d'un Patron d'indicateur Réutilisable..... | 81 |
| 4.1.4.3 Les conditions de réutilisation..... | 89 |
| 4.1.5 ILLUSTRATION AVEC LE PATRON « CHANGEMENT DE REPOSE (OU PAS) DE CHAQUE APPRENANT APRES AVOIR DISCUTE SUR LE CHAT » | 90 |
| 4.2 ARCHITECTURE DE L'ENVIRONNEMENT DE SUPERVISION..... | 93 |
| 4.2.1 LES CONTRAINTES | 93 |
| 4.2.2 QUELLE TECHNOLOGIE POUR CETTE ARCHITECTURE | 95 |
| 4.2.2.1 Composant..... | 95 |
| 4.2.2.2 Service | 95 |
| 4.2.2.3 Agent..... | 95 |
| 4.2.2.4 Notre Choix : la technologie agent..... | 96 |
| 4.2.4 DESCRIPTION DE NOTRE ARCHITECTURE | 96 |
| 4.2.4.1 Les utilisateurs..... | 97 |
| 4.2.4.2 Du Patron d'indicateur réutilisable à l'Agent Indicateur | 97 |
| 4.2.4.3 Les agents de l'architecture et leurs rôles..... | 97 |
| 4.2.4.4 Agent Compositeur | 99 |
| 4.2.5 AGREGATION D'INDICATEURS A TRAVERS LE CATALOGUE..... | 100 |
| 4.3 CONCLUSION DU CHAPITRE..... | 101 |
| CHAPITRE 5 : EM-AGIIR : ENVIRONNEMENT MULTI-AGENT DE SUPERVISION A BASE D'INDICATEURS REUTILISES..... | 102 |
| 5.1 IMPLEMENTATION DU PROTOTYPE EM-AGIIR | 102 |
| 5.1.1 ADAPTABILITE A UNE BASE DE TRACES | 102 |
| 5.1.1.1 BD relationnelle | 102 |
| 5.1.1.2 BD XML..... | 103 |
| 5.1.2 INTEGRABILITE D'UN INDICATEUR | 104 |
| 5.1.2.1 Formulaire de chargement de l'agent indicateur..... | 104 |
| 5.1.2.2 Interface de correspondance entre entrées nécessaires et disponibles..... | 105 |
| 5.1.3 CATALOGUE POUR L'AGREGATION D'INDICATEURS | 105 |
| 5.2 EM-AGIIR : VERSION ADAPTATEUR-INTEGRATEUR..... | 105 |
| 5.2.1 ADAPTATION DE L'ENVIRONNEMENT A UNE BASE DE TRACES | 106 |
| 5.2.1.1 Adaptation à une base de traces relationnelles | 107 |
| 5.2.1.2 Adaptation à la Base de traces XML « eXist » du projet MATES..... | 108 |
| 5.2.2 INTEGRATION D'UN INDICATEUR | 108 |
| 5.2.2.1 Phase 1 : Création de l'agent Indicateur | 109 |
| 5.2.2.2 Phase 2 : Chargement de l'agent Indicateur..... | 109 |
| 5.2.2.3 Phase 3 : Définition des entrées (traces et/ou informations nécessaires) | 110 |
| 5.2.2.4 Illustration 1: Intégration du micro-indicateur « Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat » | 110 |
| 5.2.2.5 Illustration 2 : Intégration de macro-indicateurs - Composition d'indicateurs | 113 |
| 5.3 EM-AGIIR : VERSION TUTEUR..... | 121 |
| 5.4 VALIDATION AUPRES DES UTILISATEURS DANS LE CONTEXTE DU PROJET MATES..... | 123 |
| 5.4.2 REUTILISATION D'UN INDICATEUR PAR UN TIERS INFORMATICIEN DANS EM-AGIIR..... | 123 |
| 5.4.2 UTILITE DU CATALOGUE POUR LES TUTEURS EN LIGNE MATES..... | 124 |
| 5.5 CONCLUSION DU CHAPITRE..... | 127 |

| | |
|---|------------|
| CONCLUSION GENERALE | 130 |
| SYNTHESE | 130 |
| DISCUSSION SUR LES PROPOSITIONS DE LA THESE | 131 |
| PERSPECTIVES | 134 |
| LE MOT DE LA FIN | 136 |
| ANNEXES | 137 |
| ANNEXE 1 : CLASSIFICATION DES INDICATEURS DE NOTRE ETAT DE L'ART (CF. CHAPITRE 2) SELON LEURS TYPES ET LES TRACES QU'ILS UTILISENT | 137 |
| ANNEXE 2 : LE QUESTIONNAIRE..... | 143 |
| ANNEXE 3 : PATRONS D'ANALYSE DE TRACES | 149 |
| ANNEXE 4 : PROGRAMME AGENT JAVA (PAJ) ET UN EXEMPLE D'UTILISATION | 154 |
| ANNEXE 5 : ALGORITHME D'EXTRACTION DES TRACES POSSIBLES ET DE LEURS TYPES A PARTIR D'UN SCHEMA XSD | 170 |
| ANNEXE 6 : PROGRAMME CORRESPONDANT A L'ALGORITHME DE CENTRALITE D'INTERMEDIAIRE DE BRANDES (2001) | 175 |
| BIBLIOGRAPHIE..... | 177 |
| WEBOGRAPHIE..... | 184 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 Superviser en ligne..... | 1 |
| Figure 2 Modèle SAAD (Desprès 2001)..... | 6 |
| Figure 3 Modèle SIAC (Laperrousaz 2006)..... | 7 |
| Figure 4 Processus de Suivi de projets (Fougères et Ospina 2005)..... | 8 |
| Figure 5 Architecture du Système à Base de Traces (Settouti 2006)..... | 10 |
| Figure 6 Framework de Settouti (2006) pour la Trace, le Modèle de Trace et le Graphe des transformations..... | 11 |
| Figure 7 Taxonomie des traces (Schoonenboom et al. 2004)..... | 12 |
| Figure 8 Typologie de traces proposée par le projet DPULS (Choquet 2004)..... | 13 |
| Figure 9 Modèle d'information de la trace (Choquet et Iksal 2007)..... | 14 |
| Figure 10 les composants du modèle de traces Musette (Champin et al. 2004)..... | 15 |
| Figure 11 Principaux processus d'un outil générique d'analyse d'interaction (Dimitracopoulou et al. 2004, Dimitricopoulou et al. 2005)..... | 17 |
| Figure 12 Supervision de l'apprentissage pour aider le tuteur dans sa tâche de régulation..... | 18 |
| Figure 13 Circuit présenté dans la question1..... | 22 |
| Figure 14 Diagramme d'activité du scénario MATES (David et al. 2007)..... | 23 |
| Figure 15 Tableau de bord du tuteur (Teutsch et al. 2004)..... | 26 |
| Figure 16 Géographie cognitive d'une classe..... | 28 |
| Figure 17 Un exemple de diagnostic avec DIANE (Hakem et al. 2005)..... | 28 |
| Figure 18 Interface Apprenant dans Assistent (Razzaq et al. 2005)..... | 30 |
| Figure 19 Interface de supervision de TACSI..... | 31 |
| Figure 20 SIGFAD fournit au tuteur la liste de membres (prénoms) du groupe 'Aquitania' présents entre le 23 mai et le 31 mai 2001 (Mbala et al. 2003)..... | 32 |
| Figure 21 SIGFAD fournit l'état du groupe 'Aquitania' entre le 23 mai et le 31 mai 2001 (Mbala et al. 2003)..... | 32 |
| Figure 22 Une vue d'ensemble de SIGFAD (Mbala et al. 2003)..... | 33 |
| Figure 23 Architecture du classificateur automatique de dialogue (Vieira et al. 2004)..... | 34 |
| Figure 24 Etat d'avancement d'un apprenant dans un module (Desprès et al. 2004)..... | 36 |
| Figure 25 Une interface du tuteur dans Formid Suivi (Guéraud et al. 2004)..... | 37 |
| Figure 26 Interface de Moodle avec des indicateurs de Moodog (Zhang et al. 2007)..... | 39 |
| Figure 27 Architecture de Moodog..... | 39 |
| Figure 28 Vue d'une classe virtuelle (France et al. 2007)..... | 40 |
| Figure 29 Visualisation de discussions liés à des cours ou à des groupes d'apprenants (Mazza et al. 2004)..... | 41 |
| Figure 30 Visualisation de la performance des apprenants aux quizz (Mazza et al. 2004)..... | 41 |
| Figure 31 Les accès aux cours (Mazza et al. 2004)..... | 42 |
| Figure 32 DynMap : Interface tuteur avant le début de la session (Rueda et al. 2003)..... | 43 |
| Figure 33 DynMap : Interface tuteur à la fin de la session (Rueda et al. 2003)..... | 43 |
| Figure 34 Une requête et le tableau d'événements résultant (Mostow et al. 2005)..... | 44 |
| Figure 35 Interface de visualisation des patrons (Harrer et al. 2005)..... | 46 |
| Figure 36 Interface de TADA-ED..... | 47 |
| Figure 37 Exemple de Statistiques sur les clusters..... | 48 |
| Figure 38 Architecture de Supervision proposée (Voisin et Vidal 2007)..... | 49 |
| Figure 39 une intervention productive dans le chat..... | 62 |
| Figure 40 une manipulation d'OP productive dans le Questionnaire..... | 62 |
| Figure 41 Diagramme de classe des Evénements des apprenants dans la plateforme d'apprentissage..... | 63 |
| Figure 42 Modèle descriptif des différents niveaux d'indicateurs [Diagramme de classe UML]..... | 73 |
| Figure 43 La fonction « indicateur »..... | 75 |
| Figure 44 Pattern MVC (Trygve 2003)..... | 76 |
| Figure 45 Composantes principales d'un patron d'indicateur réutilisable..... | 82 |
| Figure 46 Descriptif de l'indicateur..... | 83 |
| Figure 47 Contexte de supervision..... | 84 |
| Figure 48 Une activité d'apprentissage supervisée..... | 86 |
| Figure 49 la solution : la fonction « indicateur », son domaine de définition et l'interprétation à donner aux informations fournies..... | 88 |
| Figure 50 Les autres patrons liés au PIR..... | 89 |
| Figure 51 Réutilisation dans les différentes phases du cycle de développement d'un logiciel..... | 94 |
| Figure 52 Architecture du Système Multi-agent Ouvert de Supervision..... | 97 |

| | |
|--|------------|
| Figure 53 Architecture de Supervision augmentée de la fonctionnalité de Composition des indicateurs. | 100 |
| Figure 54 Interface d'accueil de l'adaptateur-intégrateur | 106 |
| Figure 55 EM-AGIIR : Interface d'adaptation à une nouvelle Base de traces..... | 107 |
| Figure 56 Adaptation à la base de traces Exist..... | 108 |
| Figure 57 Interface d'intégration (phase de chargement) d'un nouvel indicateur..... | 109 |
| Figure 58 EM-AGIIR : Interface d'Intégration d'un nouvel indicateur..... | 111 |
| Figure 59 Identification des traces nécessaires au micro-indicateur « Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat »..... | 112 |
| Figure 60 Agents actifs lors de la définition des traces ou informations nécessaires à un indicateur..... | 113 |
| Figure 61 Informations et traces nécessaires au macro-indicateur « Matrice Enchaînement de Tour de Parole »..... | 116 |
| Figure 62 Macro-indicateur « Matrice Enchaînement de Tour de Parole » intégré à EM-AGIIR | 117 |
| Figure 63 les agents actifs après l'exécution du macro-indicateur « Matrice Enchaînement de Tour de Parole »..... | 118 |
| Figure 64 Algorithme de calcul de la Centralité d'Intermédiaire (Brandes 2001)..... | 119 |
| Figure 65 Interface de définition des informations nécessaires au macro-indicateur « Betweenness Centrality » | 120 |
| Figure 66 Macro-Indicateur « Betweenness Centrality » visualisé dans EM-AGIIR | 121 |
| Figure 67 Les agents actifs lors de l'exécution du macro-indicateur « Betweenness Centrality »..... | 121 |
| Figure 68 EM-AGIIR : le Catalogue d'Indicateurs proposé au tuteur | 122 |
| Figure 69 EM-AGIIR : Interface de Visualisation des informations fournies par les indicateurs | 123 |
| Figure 70 Choix des indicateurs à visualiser par rapport aux activités MATES | 125 |
| Figure 71 Quelques indicateurs calculés sur les traces MATES | 126 |
| Figure 72 Quelques indicateurs calculés sur les traces MATES (suite) | 127 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|-----|
| Tableau 1 Exemple d'indicateurs au niveau de la page et du contenu (Bousbia et Labat 2007)..... | 38 |
| Tableau 2 Les Objectifs des indicateurs d'analyse d'interaction (Dimitracopoulou et al. 2005)..... | 55 |
| Tableau 3 Hypothèse sur la correspondance entre types d'indicateurs et rôles du tuteur..... | 65 |
| Tableau 4 Correspondance Question -Rôle..... | 65 |
| Tableau 5 Liste des indicateurs calculés sur les traces MATES, classés selon le modèle CAS..... | 66 |
| Tableau 6 : Réponses des tuteurs au questionnaire, classées selon le Modèle CAS..... | 67 |
| Tableau 7 Nombre de tuteurs ayant choisi un type d'indicateurs pour chaque rôle..... | 67 |
| Tableau 8 les différents indicateurs cognitifs voulus par les tuteurs pour jouer un rôle pédagogique..... | 68 |
| Tableau 9 les indicateurs proposés par les tuteurs, classés selon le modèle CAS..... | 70 |
| Tableau 10 Algorithme de l'indicateur « Fréquentation de la Plateforme »..... | 78 |
| Tableau 11 Schéma xsd de la métadonnée des traces MATES..... | 103 |
| Tableau 12 Programme Agent Java (PAJ) : programme à trous pour créer un Agent Indicateur..... | 104 |
| Tableau 13 Requête créée lors de l'intégration du micro-indicateur « Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat »..... | 113 |
| Tableau 14 Requête définie et stockée par l'agent Requête..... | 117 |
| Tableau 15 Comparaison EM-AGHIR/Tableau de bord de l'outil Croisières..... | 129 |

Introduction Générale

L'« apprentissage en ligne » définit une organisation qui bouleverse les habitudes traditionnelles prises dans des amphithéâtres ou des salles de classe. Il s'effectue généralement à distance et permet à chaque acteur d'interagir avec des objets pédagogiques, voire avec d'autres acteurs, à travers une plateforme d'apprentissage, accessible par Internet.

L'« apprentissage en présentiel » met principalement en relation deux types d'acteurs qui sont les enseignants et les apprenants. Le métier de l'enseignant se subdivise avec l'apprentissage en ligne. On voit apparaître divers métiers dont ceux de concepteur de cours, gestionnaire du planning, tuteur.

Nous nous intéressons dans cette thèse au tuteur et à l'instrumentation de son activité. Le tutorat, modélisé par Gounon et al. (2004) et Garrot (2007), constitue une activité d'accompagnement de l'apprenant. La description de cette activité permet de distinguer plusieurs phases qui vont de la supervision à l'évaluation, dans un objectif global de régulation. La supervision permet au tuteur d'avoir une perception de l'activité d'apprentissage, elle se déroule quotidiennement. Pour connaître la progression des apprenants, l'évaluation des connaissances des apprenants peut être décidée et réalisée au cours (évaluation formative) ou à son terme (évaluation sommative) de la formation. Dans les deux cas, supervision et évaluation permettent au tuteur de prendre des décisions dans le but de réguler l'apprentissage.

Lorsque l'apprentissage est traditionnel, l'enseignant peut superviser ses apprenants grâce à leurs écrits, leurs dialogues et leurs comportements. Il a la possibilité de les évaluer à partir de leurs productions lors des activités.

Dans un contexte d'apprentissage en ligne, les activités des différents acteurs de l'apprentissage se faisant à travers l'environnement informatique, l'enseignant n'a pas accès directement à ces informations. L'exploitation des traces d'interaction devrait fournir des indicateurs permettant la supervision voire l'évaluation des apprentissages.

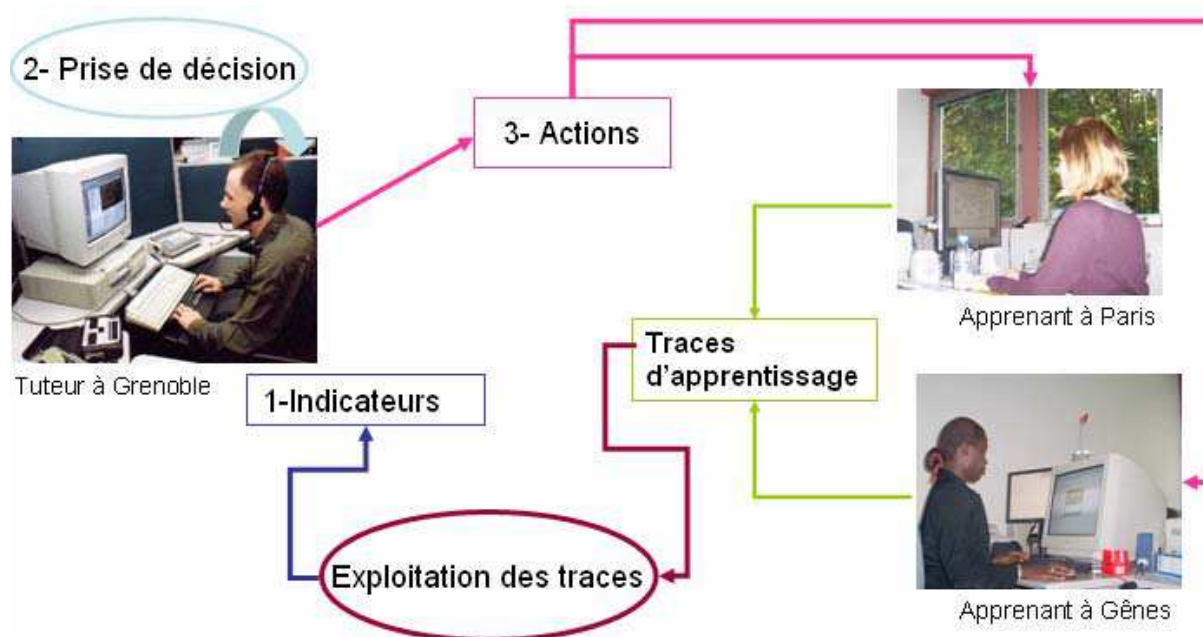


Figure 1 Superviser en ligne

Introduction Générale

Toutes les phases de supervision, d'évaluation et de régulation peuvent dans une certaine mesure être instrumentées.

Nous nous proposons d'instrumenter la supervision dans un objectif de régulation de l'apprentissage. Dans ce contexte, la problématique consiste à proposer les indicateurs utiles au tuteur pour assurer l'ensemble de son activité de régulation.

Lors de son activité de régulation, pendant ou après l'activité d'apprentissage, le tuteur joue différents types de rôles. Ces rôles peuvent être liés par exemple à l'aide à la compréhension des connaissances traitées, à l'aide à l'utilisation des outils d'apprentissage. Ainsi, il paraît nécessaire de fournir au tuteur différents types d'indicateurs. Dimitracopoulou et al. (2005) en distinguent trois (Cognitif, Social et Affectif) pour mettre en évidence les divers aspects des interactions pendant l'apprentissage. La définition de ces indicateurs nécessite une expertise dans différents domaines qui touchent à l'apprentissage. La problématique générale d'instrumentation de la supervision fait émerger deux verrous que sont (i) l'identification des types d'indicateurs nécessaires à chaque rôle du tuteur, puis (ii) la mise à disposition pour le tuteur de ces divers types d'indicateurs dans un même environnement d'apprentissage, sachant qu'ils nécessitent, pour le concepteur, une expertise dans plusieurs domaines. La réutilisation d'indicateurs existants est une piste pour le deuxième verrou, mais constitue également une problématique informatique dans un contexte plus général de réutilisation des logiciels (Coulange 1996)

La thèse cherche à répondre à ces verrous en proposant des modèles, méthodes ou outils. Les résultats de nos travaux sont décrits dans ce manuscrit qui s'articule en deux grandes parties.

La première partie présente l'état d'avancement de la recherche dans des contextes proches du nôtre. Elle est composée de deux chapitres.

Le **chapitre 1** présente les définitions ainsi que les modèles existants pour chacun des concepts-clés de notre problématique (trace, indicateur, supervision, tutorat). Ensuite, sont détaillées les questions de recherche liées à ces concepts. Ce chapitre nous permet également de présenter le contexte d'expérimentation qui nous a permis d'évaluer nos propositions.

Le **chapitre 2** étudie les propositions faites dans les environnements de supervision pour permettre au tuteur de réaliser son activité de tutorat.

La deuxième partie du manuscrit présente nos contributions. Le **chapitre 3** présente le modèle CAS, une taxonomie d'indicateurs proposée pour les rôles de régulation du tuteur. Une enquête, faite auprès de tuteurs en ligne, a permis d'évaluer son utilité.

Le **chapitre 4** présente la proposition du concept de « Réutilisation des indicateurs ». Il instrumente cette réutilisation avec un Patron d'indicateur Réutilisable, et une architecture évolutive d'intégration d'indicateurs.

Le **chapitre 5** décrit l'environnement EM-AGIIR qui est une implémentation de l'architecture évolutive proposée et qui permet l'intégration d'indicateurs réutilisés. L'utilité et l'utilisabilité d'un tel environnement y sont évaluées.

Partie 1 : Etude de l'existant

Chapitre 1 : Cadre Général

Nous nous intéressons dans cette thèse à la modélisation et à l'instrumentation de la supervision, dans un contexte d'apprentissage en ligne. L'apprentissage en ligne réunit les acteurs, apprenants et enseignants, à travers une plateforme numérique qui se doit d'organiser toutes les communications. Marchand (2001) souligne que ce type d'apprentissage oblige davantage le professeur à réfléchir à son nouveau rôle. En effet, le métier de l'enseignant, lorsqu'on est en ligne, se subdivise en divers métiers pouvant être réalisés par des personnes différentes. On distingue le concepteur de cours, le tuteur (formateur) et éventuellement le gestionnaire des acteurs et des événements (Paquette 2002).

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à comprendre le rôle du tuteur dans ce contexte et l'utilité de la supervision pour le tutorat, afin de proposer des modèles et des outils informatiques l'instrumentant. Pour cela, nous définissons dans une première partie les concepts clés introduits dans cette thèse; nous poserons ensuite, dans une deuxième partie, la problématique générale avant de préciser dans une troisième partie le contexte de validation de nos propositions.

1.1 Concepts clés de la thèse

Ce paragraphe présente les concept-clés permettant de comprendre la supervision et son utilité pour le tutorat. Pour cela, nous définissons d'abord la supervision (« Quoi »), nous étudions ensuite son utilité et les rôles qu'elle peut permettre au tuteur de jouer (« Pourquoi »). Nous nous intéressons ensuite à la méthodologie de cette supervision (« Comment ») dans notre contexte d'apprentissage en ligne. Nous présentons alors les concepts de trace puis d'indicateur qui seront utilisés pour l'instrumentation de cette supervision.

1.1.1 La Supervision

Dans ce paragraphe, nous allons d'abord présenter des définitions de la supervision dans différents contextes d'apprentissage, ce qui servira de base pour une proposition concernant notre contexte. Dans un deuxième temps, nous étudierons le concept de Suivi qui a été modélisé dans le domaine des EIAH, afin de déterminer ses liens avec la Supervision.

1.1.1.1 Les points de vue sur ce concept

Le concept que nous voulons définir se situe au carrefour de deux domaines importants : l'Education et l'Informatique. Legendre (2000) donne une vision générale de la supervision dans le domaine de l'Education. Il le définit comme l'ensemble des opérations critiques d'observation, d'analyse et d'interprétation, par lequel on vérifie la cohérence entre les pratiques et la politique institutionnelle, et on décide des opérations à entreprendre (planification, direction, organisation, contrôle, évaluation) pour maintenir et améliorer la réalité.

En informatique, le terme supervision intervient dans le cadre de l'apprentissage des machines, et non celui des humains qui nous intéressent (Fuchs 1997, Millot 1988).

Nous n'avons pas trouvé de définition associée au domaine de l'apprentissage en ligne, mais le sujet a été traité dans différents contextes d'apprentissage.

1.1.1.1.1 Supervision de Stages et Thèses (Leduc 1990, Boutet et Rousseau 2002)

Les stages et thèses sont des phases d'apprentissage sur le terrain où l'apprenant est guidé par un tuteur dans ses différentes tâches. Des auteurs ont étudié la supervision dans ce contexte.

Son importance vient dans le fait qu'elle est souvent garante de l'apport de cet apprentissage. Leduc (1990) identifie :

- La supervision directive : qui implique des consignes et des contacts fréquents avec l'étudiant (au moment de la formulation du projet) ;
- La supervision – conseil : à la demande des étudiants ;
- La supervision non directive : le superviseur est un personnage qui donne un minimum d'orientation à l'étudiant et qui a peu de contacts avec lui.

Boutet et Rousseau (2002) définissent cette supervision comme un art de la médiation, « une activité humaine fondée sur l'interaction et orientée vers l'amélioration de l'intervention éducative ». Dans ce contexte, les auteurs s'intéressent aux liens entre apprentissage théorique (cours) et pratique (stage), ainsi qu'à l'apport d'une bonne supervision pour l'apprenant.

1.1.1.1.2 Supervision de l'activité d'enseignement (Bouchamma 2004)

Dans son activité, l'enseignant a besoin d'évaluer ses pratiques pédagogiques. L'administration scolaire prévoit également de les superviser. (à modifier, supervision pédagogique) La supervision pédagogique est appliquée dans ce contexte. Elle est constituée de toute activité de relation d'aide destinée à améliorer le processus enseignement-apprentissage.

Bouchamma (2004) cite sept modèles de supervision pédagogique:

- Modèle de supervision pédagogique classique : le but poursuivi par le superviseur est d'amener l'intervenant à acquérir les connaissances et à maîtriser les habiletés qui lui permettront d'appliquer le programme d'enseignement;
- Modèle de supervision clinique : La supervision clinique cherche à apporter de l'aide à l'enseignant dans le but d'améliorer la performance de son acte d'enseigner et à poursuivre son développement professionnel ;
- Le modèle de l'auto-supervision : L'auto-supervision a pour but d'améliorer sa pratique éducative, mesurer l'écart entre ce qu'il fait et ce qu'il devrait faire, identifier ses forces et ses faiblesses, consolider ses acquis, combler ses lacunes, identifier ses besoins ;
- Modèle de supervision pédagogique différenciée basé sur une approche inductive : c'est un modèle de supervision pédagogique qui recourt à une approche inductive tenant compte des différences manifestées par les supervisés en terme de besoins, de niveau d'habileté, de degré de motivation par rapport à la matière enseignée et d'expériences. Il est à signaler que dans un tel modèle, la supervision est considérée comme un tout auquel peuvent être liés plusieurs types d'assistance adaptés aux besoins de l'intervenant ;
- La supervision par les pairs : il s'agit de travailler ensemble pour mettre en œuvre des stratégies par un processus systématique de formation de groupe. Cette méthode permet l'amélioration, l'efficacité et le développement d'une atmosphère de collégialité. Le portfolio et les grilles d'observation de classe sont des outils importants dans ce processus ;
- L'évaluation par les élèves : selon l'auteur, cette supervision comporte des limites car les apprenants peuvent être influencés par divers facteurs dont le professeur, la procédure et l'outil d'instrumentation ;
- La supervision par la recherche-action : La supervision par la recherche-action vise l'amélioration des compétences des enseignants à coopérer avec le supérieur, le changement, la compréhension des pratiques, l'évaluation, la connaissance ou l'amélioration d'une situation donnée ;

Dans tous les cas, la supervision de l'enseignant se base sur la compréhension de ses méthodologies d'enseignement, dans un objectif final de les améliorer en mettant en place les techniques citées. Cette aide a un impact certain sur l'apprentissage.

1.1.1.1.3 Supervision d'une classe (Dessus et al. 2006)

Dans le contexte d'une classe, la supervision de l'apprentissage est une activité de l'enseignant. « L'enseignement est la supervision d'un environnement dynamique » (Dessus et al. 2006). Au cours de cette supervision, l'enseignant prend « de très nombreuses décisions d'action » (Dessus et al. 2006) en fonction des événements qui s'y déroulent.

1.1.1.1.4 Synthèse sur les différents point de vue

Dans ces différents contextes, on parle de supervision pédagogique dont l'objectif est d'intervenir auprès de l'apprenant pour améliorer les processus d'apprentissage et ainsi permettre l'acquisition des connaissances.

Nous remarquons que dans les domaines que nous avons étudiés, les définitions de la supervision portent sur son intérêt et ses conséquences, et non sur les phases d'observation, d'analyse et d'interprétation qu'identifie Legendre (2000). Cela peut s'expliquer par le fait que ces phases sont implicitement effectuées par le superviseur humain et sont fonction de ses propres compétences et expériences. Le superviseur a en face les supervisés et peut en fonction de ce qu'il observe, faire une analyse et donner des interprétations.

Dans un contexte d'apprentissage en ligne, la distance fait que le superviseur ne peut observer directement les comportements et ne peut donc pas les analyser et les interpréter. La supervision dans ce contexte devient alors différente dans la méthodologie mais pas dans l'objectif. L'étude du suivi qui a fait l'objet de plusieurs travaux dans notre contexte pourrait peut-être nous éclaircir sur ce concept de supervision en ligne.

1.1.1.2 Le Suivi

Le suivi de l'apprentissage est un axe de recherche actuellement très actif (Guéraud et al. 2004, Heraud et al. 2004, etc.). Plusieurs modèles de Suivi ont été proposés dans le domaine des EIAH :

1.1.1.2.1 Modèle SAAD (Després 2001)

Le modèle SAAD (Suivi d'Activités d'Apprentissage à Distance) est destiné à l'apprentissage à distance, pour un suivi en mode synchrone. Le modèle s'articule autour de 3 principales composantes.

- *La perception de l'activité de l'apprenant* : dans cette phase le système fournit au tuteur des informations sur l'apprentissage. « La perception est un processus actif de construction d'une représentation mentale de cette activité » (Després 2001). Dans ce contexte d'apprentissage en ligne, le système permet cette perception ;
- *Le soutien à l'apprenant* : il peut être assuré soit par le tuteur, soit par le système. Il se base sur la première phase de perception des activités de l'apprenant. Ce soutien peut se faire par des apports conversationnels avec les apprenants, par le partage de certaines ressources dans un espace de travail, ou par la délégation de certaines tâches au système (pour diminuer la charge de travail du tuteur) ;
- *La gestion de l'activité de suivi* : elle est constituée de services qui peuvent être gérés par la plateforme. Cette composante est indépendante des deux autres et est axée sur l'activité du tuteur ;

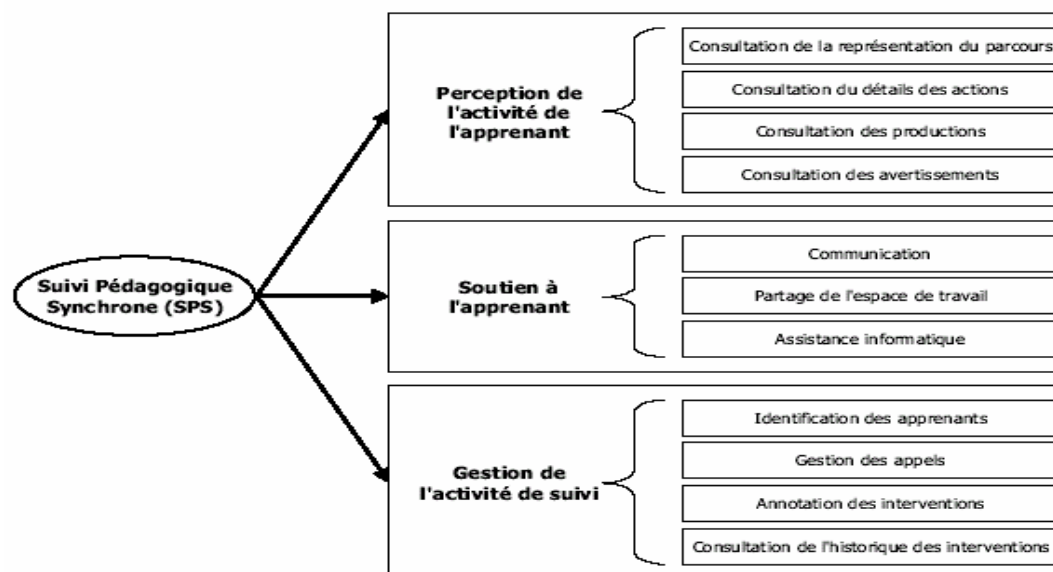


Figure 2 Modèle SAAD (Després 2001)

Ce Modèle a servi de base à l'environnement ESSAIM (Environnement de Suivi pédagogique Synchron d'Activités d'apprentissage Médiatisées).

1.1.1.2.2 Modèle SIAC (Laperrousaz 2006)

Le modèle SIAC est un modèle de suivi individuel d'apprenants engagés dans des activités collaboratives à distance. Son élaboration est aidée par une observation de scénarios collaboratifs. Ce modèle propose un suivi de chaque individu et du groupe lui-même, ces deux tâches s'alternant au gré du tuteur et selon les perceptions qu'il a des activités de chaque apprenant et du groupe.

Pour les deux types de suivi, une phase basique consiste à lui fournir des informations lui permettant de jouer un rôle d'animateur dans cet apprentissage collaboratif. L'animation dans ce contexte consiste en une intervention auprès des apprenants ou du groupe.

Le modèle SIAC prévoit également que le tuteur puisse gérer son activité, c'est-à-dire voir son parcours de suivi avec chaque apprenant ou chaque groupe.

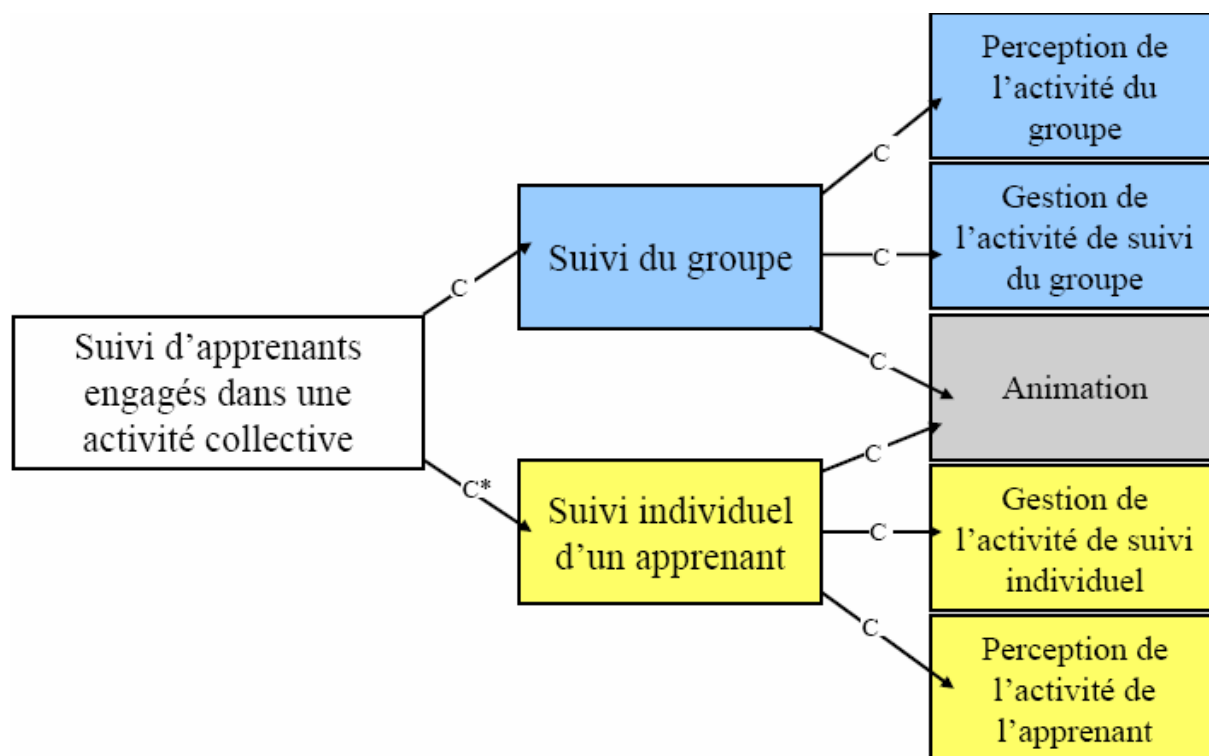


Figure 3 Modèle SIAC (Laperrousaz 2006)

Le modèle SIAC a servi de base à l'environnement TACSI (Tuteurs d'Activité Collective assurant un Suivi Individualisé).

1.1.1.2.3 Processus de Suivi de projets d'Etudiants (SPE) (Fougères et Ospina 2005)

(Fougères et Ospina 2005) ont modélisé l'activité de suivi pour un apprentissage collaboratif, plus précisément dans un contexte de pédagogie par projet. Le suivi est effectué autant par le tuteur que par les apprenants eux-mêmes. Dans ce dernier cas, il consiste à « contrôler périodiquement l'avancement réel du projet par rapport aux prévisions ».

Le tuteur demande les rapports des étudiants. Ces rapports permettent d'évaluer le travail réalisé et à partir de là, d'aider les étudiants dans leurs démarches.

Les étudiants quant à eux ont une perception de leur propre activité en comparant leur travail avec les prévisions initiales. Cela leur permet d'élaborer des actions correctrices, de structurer la conception du projet et de produire une synthèse.

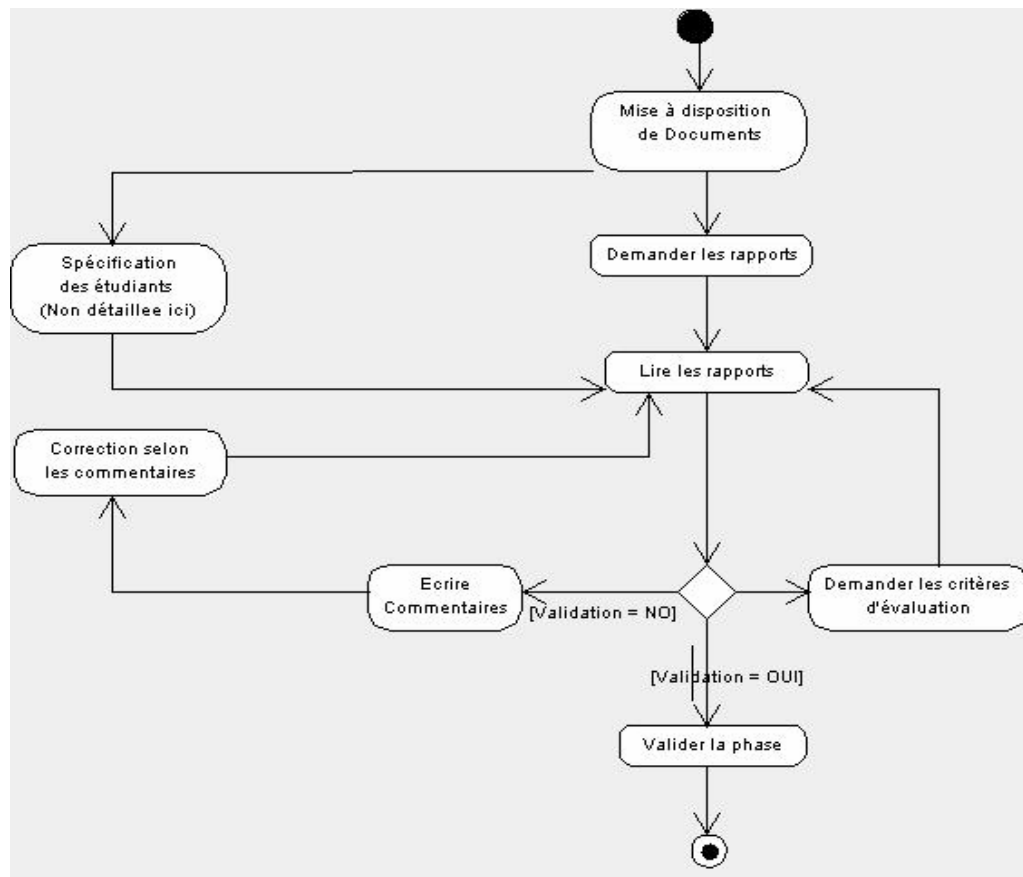


Figure 4 Processus de Suivi de projets (Fougères et Ospina 2005)

1.1.1.2.4 Suivi et Supervision

Ces trois types de suivi font émerger trois phases :

- La perception de l'activité d'apprentissage : présente dans SAAD et SIAC. Dans le modèle SPE, elle s'obtient avec les rapports des étudiants ;
- Le soutien à l'apprenant : présent dans SAAD, il correspond à l'animation dans SIAC et au retour apporté aux étudiants dans SPE ;
- La gestion de l'activité de suivi qui concerne l'activité de suivi effectuée par le tuteur lui-même. Cette phase n'est pas définie dans le modèle SPE.

Nous remarquons que la phase de perception de l'activité d'apprentissage correspond à la définition de la supervision donnée par Legendre (2000), c'est à dire les opérations critiques d'observation, d'analyse et d'interprétation qui permettront par la suite de vérifier la cohérence entre les pratiques des apprenants et l'enseignement réalisé. Nous pouvons donc conclure que la supervision est une phase du suivi, la phase qui permet au tuteur d'avoir une perception de l'activité d'apprentissage.

La supervision permet de prendre de nombreuses décisions d'action (Dessus et al. 2006), des actions qui vont se traduire par un soutien à l'apprenant dans sa tâche d'apprentissage. Dans le paragraphe suivant nous étudions le tutorat pour comprendre l'utilité réelle de la supervision dans ce contexte, et voir quels types d'actions de régulation le tuteur pourrait mener à partir de la supervision.

1.1.2 Le Tutorat

Le tutorat permet d'accompagner l'apprenant et de le conseiller dans son processus d'apprentissage. Gounon et al. (2004) modélisent le tutorat et le définit comme suit : « le tutorat est un accompagnement ou une activité d'encadrement dont le but est de faciliter

l'apprentissage de l'étudiant au moyen d'interventions humaines ou informatiques ». Deschênes et Paquette (1996) considèrent également que le tutorat est une activité d'encadrement et d'accompagnement. Pour pouvoir accompagner l'apprenant le tuteur a besoin d'informations sur l'activité de ses apprenants. La supervision permet au tuteur d'avoir une perception de l'activité d'apprentissage et de prendre des décisions d'action visant à la réguler. La question à laquelle nous tentons de répondre dans ce paragraphe est « quels types d'actions doit-il mener ? ». Répondre à cette question revient à définir les tâches ou rôles de régulation du tuteur vis-à-vis de l'activité qu'il supervise. En étudiant les travaux sur ce thème, nous avons recensé plusieurs rôles :

- Rôle social : Maintenir la motivation des apprenants (Gounon et al 2004, Paquette 2002) et l'unité des groupes dans le cadre d'un apprentissage collaboratif (Feenberg 1989, Berge 1996, Daele et Docq 2002), plus largement favoriser les relations humaines et les contacts entre apprenants pour rompre l'isolement (Teutsch et al 2004) ;
- Rôle pédagogique : Fournir une aide pédagogique. Le tuteur intervient auprès des étudiants pour les aider à organiser leurs apprentissages (Feenberg 1989, Berge 1995, Daele et Docq 2002) et leur permettre l'acquisition d'une méthode de travail (Guounon et al 2004) ;
- Rôle cognitif : Fournir un support cognitif. Le tuteur doit aider l'apprenant dans son processus de compréhension des connaissances traitées dans l'apprentissage. (Gounon et al. 2004). Il est ce que (Teutsch et al. 2004) appellent une personne ressource ;
- Rôle technique : Fournir une aide technique. Il aide les apprenants à résoudre des problèmes d'utilisation des moyens et outils informatiques (Berge 1995, Lewis 1997, Paquette 2002, Daele et Docq 2002).

Il est à noter que la littérature sur le tutorat parle d'une charge de travail considérable pour le tuteur. Le tuteur doit en général « guider en parallèle plusieurs apprenants aux parcours très personnels, dans une interaction asynchrone mais avec un délai de réaction relativement court » (Teutsch et al 2004).

Pour Ciocoiu et al. (2001), il est difficile pour l'enseignant de suivre l'évolution du groupe et de voir la contribution de chacun dans un contexte d'apprentissage coopératif. Daele et Docq (2002), en relatant les travaux de Feenberg (1989), appuient cette hypothèse et rajoutent que le contexte « à distance » rend le tutorat « inhabituellement complexe du fait de la difficulté de gérer une activité organisée de groupe dans un environnement écrit¹ ».

Pour aider le tuteur dans sa tâche, il est donc important d'automatiser certaines tâches, de les déléguer à la machine avec qui il travaille. Dans notre contexte de supervision, cette délégation se fait en diminuant la quantité d'informations à fournir au tuteur.

Une activité d'apprentissage en ligne peut être supervisée grâce aux traces générées. Cependant les fichiers de traces résultants sont peu compréhensibles pour le tuteur. L'analyse de ces traces pour définir des indicateurs, plus synthétiques et plus significatifs, faciliterait la supervision des activités par le tuteur. **Notre travail tiendra compte du fait que disposer d'indicateurs de supervision à la place des traces brutes diminue la charge de travail du tuteur.**

Dans les paragraphes suivants nous présentons les concepts de trace et d'indicateur.

1.1.3 La Trace d'interaction

Nous considérons comme traces, les données brutes résultantes d'activité d'apprentissage à travers les objets pédagogiques disponibles sur une plateforme d'apprentissage. Nous

¹ Les échanges se font par écrit en opposition à une communication orale

consacrons la première partie de ce paragraphe à l'étude de quelques travaux actuels sur les traces.

Pour exploiter les traces d'interaction, il faut les comprendre. Beaucoup d'EIAH sont aujourd'hui capable d'en fournir. Lorsque l'apprentissage est organisé avec un scénario pédagogique, les traces peuvent être sémantiquement significatives si leur collecte est préalablement définie, comme dans l'environnement FORMID (Guéraud et al. 2004). Cependant dans la plupart des cas, comme dans JCacheSim (Branovic et al. 2002), les plateformes fournissent des fichiers log.

La modélisation des traces permet de comprendre ces fichiers. Plus en amont, elle peut aider à organiser la collecte des traces et ainsi faciliter leur exploitation en leur donnant une sémantique. Cette modélisation faciliterait également le stockage des traces dans des Bases de données (Diagne et David 2005). La deuxième partie de ce paragraphe fait un état de l'art sur les modèles de trace.

1.1.3.1 Travaux sur les traces

1.1.3.1.1 Systèmes à Base de Traces (Settouti 2006)

Le concept de système à base de traces (SBT) est le résultat d'une thèse financée dans le cadre de la tâche « Production de traces et représentation » du projet « Personnalisation des EIAH » du cluster Rhône Alpes ISLE. Un système à base de traces est un système informatique permettant et facilitant l'exploitation des traces. Il décrit l'ensemble du processus de traitement de la trace, on parle ici du cycle de vie de la trace ou de théorie de la trace. Settouti (2006) définit la trace comme une séquence temporelle d'observés, sachant qu'un observé constitue toute information structurée issue de l'observation d'une interaction.

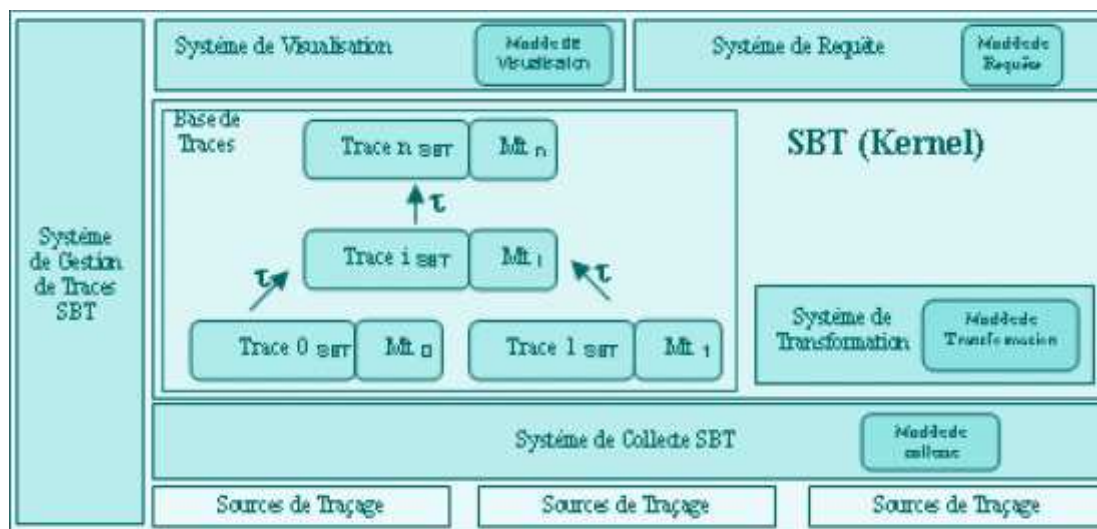


Figure 5 Architecture du Système à Base de Traces (Settouti 2006)

Dans un système à base de traces, les traces sont collectées à travers les sources de traçages, selon un modèle. Le modèle de trace est un ensemble d'objets étiquetés représentant le vocabulaire de la trace. Il doit permettre d'expliquer la trace.

Le *Système de Collecte* permet de sélectionner la source de traçage. Le *SBT Kernel* (fig. 5), constitué de la Base de Traces et d'un *Système de Transformation*, est le noyau du système. La base de trace stocke les traces et leurs modèles. Le système de transformation permet de transformer une trace en l'enrichissant, la filtrant, en modifiant le modèle associé, etc. Ces transformations permettent l'exploitation de la trace.

Le *Système de Requête* permet d'interroger la base de traces. Le système de collecte convertit les données en traces. Il peut pour cela synchroniser les bases de temps des sources de traces, mais également agréger les sources.

Le *Système de Visualisation* permet de visualiser et d'interpréter les traces de la source mais également celles qui sont transformées.

Le *Système de Gestion* de traces gère tous les modèles (modèle de trace, de collecte, de transformation,...). « Il peut être considéré comme un système assurant la traçabilité des transformations effectuées sur les traces ».

Settoui (2006) formalise les notions de traces, modèle de traces et Graphe des transformations en proposant les définitions décrites sur la figure 6.

– **Définition 1** : Un *modèle de Trace* est une structure $\Theta = (\Theta_c, \Theta_r)$ où Θ_c est un ensemble fini de concepts θ_{ci} , $\Theta_c = \{\theta_{c0}, \theta_{c1}, \dots, \theta_{cn}\}$ et Θ_r est un ensemble fini de concepts relations θ_{ri} , $\Theta_r = \{\theta_{r0}, \theta_{r1}, \dots, \theta_{rn}\}$. Le modèle de la trace est une structure à deux ensembles de concepts θ_{ci} et de concepts relations θ_{ri} .

– **Définition 2** : Un *domaine temporel* est une structure $D_p = (T, \leq)$ ordonnée linéairement où T est l'ensemble fini des instants de temps et \leq est une relation d'ordre linéaire dans T.

– **Définition 3** : Une *Trace* est un quintuplé $Trace = (D_p, O_{tr}, \Theta_t, R_t, R_s)$ où D_p est un domaine temporel O_{tr} est un ensemble fini des éléments O de la Trace, $O_{tr} = \{o_0, o_1, \dots, o_n\}$ Tel que $\forall |O_i \in O_{tr}, f(O_i) \in \theta_{ci}, f$ est une fonction d'étiquetage $f : O_{tr} \rightarrow \theta_{ci}$. Θ_t est un modèle de trace associé à la trace R_t est une relation représentant les liens temporels $D_t \times O_{tr}$ tel que $R_t \subseteq D_t \times O_{tr}$. et $\forall R_{ti} \in R_t, h(R_{ti}) \in \theta_{ri}$, h est une fonction d'étiquetage $h : R_t \rightarrow \theta_{ri}$. R_s est une relation représentant les liens structurels $O_{tr} \times O_{tr}$ tel que $R_s \subseteq O_{tr} \times O_{tr}$. et $\forall R_{si} \in R_s, g(R_{si}) \in \theta_{ri}$, g est une fonction d'étiquetage $g : R_s \rightarrow \theta_{ri}$.

La trace est une structure où les objets de la trace O_{tr} sont liés au domaine temporel D_t par R_t , les objets de la trace sont liés entre eux par une relation de structure R_s et les objets de la trace, les relations temporelles et structurelles sont liées aux modèles de trace par des fonctions d'étiquetages.

– **Définition 4** : *Graphe de transformation* $G_f = (Traces, Transformations)$ où Traces est un ensemble de noeud de type Trace et Transformations est un ensemble de relations de Traces Traces.

Figure 6 Framework de Settoui (2006) pour la Trace, le Modèle de Trace et le Graphe des transformations

1.1.3.1.2 Travaux du Projet Trails (Schoonenboom et al. 2004)

Le projet TRAILS du réseau européen Kaleidoscope a fourni une taxonomie de traces issues de l'utilisation d'Objets Pédagogiques (OP) et de la navigation entre ces OP interconnectés par des liens temporels et conceptuels. Ce résultat du projet provient d'un état de l'art sur les travaux actuels concernant les traces, au niveau international. Les OP correspondent aux LO (« Learning Objects ») sur la figure 7. Dans TRAILS, les traces sont des séquences (ou parcours d'apprentissage) linéaires d'objets pédagogiques connectés par des liens. Ces OP peuvent être prédéfinis pour l'apprenant ou alors créés par l'apprenant lors de l'apprentissage (exemple : une discussion, ou une réaction à un OP).

La taxonomie proposée pour les traces dépend des types d'OP et des types de liens entre les OP. Les OP peuvent être classés selon qu'ils sont numériques ou pas, déjà visités par un apprenant ou pas, selon leur mode de création (exemple : préexistant, créé par un apprenant ou un groupe en réponse à une consigne ou une discussion, créé par un enseignant en réponse à la création d'un OP par un apprenant ou groupe). Les liens peuvent être temporels (ex : OP1 doit être exploité avant OP2) ou conceptuels (ex : OP1 contient les pré-requis nécessaires à OP2).

Chapitre 1 : Cadre Général

Les traces obtenues à partir d'un réseau de liens temporels peuvent être des traces de manipulation d'OP préexistants, de discussions, ou de réaction (« visit and result trails »). Parmi les traces d'OP, on peut également distinguer les traces planifiées (« authored trails ») des traces émergentes (« emergent trails ») qui n'étaient pas prévues avant l'activité.

Une distinction est également faite parmi les traces planifiées, selon l'environnement d'apprentissage proposant les OP:

- Environnements d'apprentissage simples où l'apprentissage est fixe, on a un système cours-exercice-evaluation, il n'y a pas de personnalisation ;
- Environnements d'apprentissage composés, ce sont également des systèmes cours-exercice-evaluation mais adaptatifs. C'est le cas des tuteurs intelligents ;

Environnements d'apprentissage ouverts : Ils peuvent être comparés à des bases d'objets pédagogiques ou au web ;

Un réseau de liens conceptuels forme une carte cognitive. Les traces obtenues en parcourant ce réseau sont des traces cognitives. Parmi celles-ci, on distingue les traces reconstruites qui sont des traces organisées par l'apprenant en fonction de la compréhension qu'il a des concepts liés à ces traces.

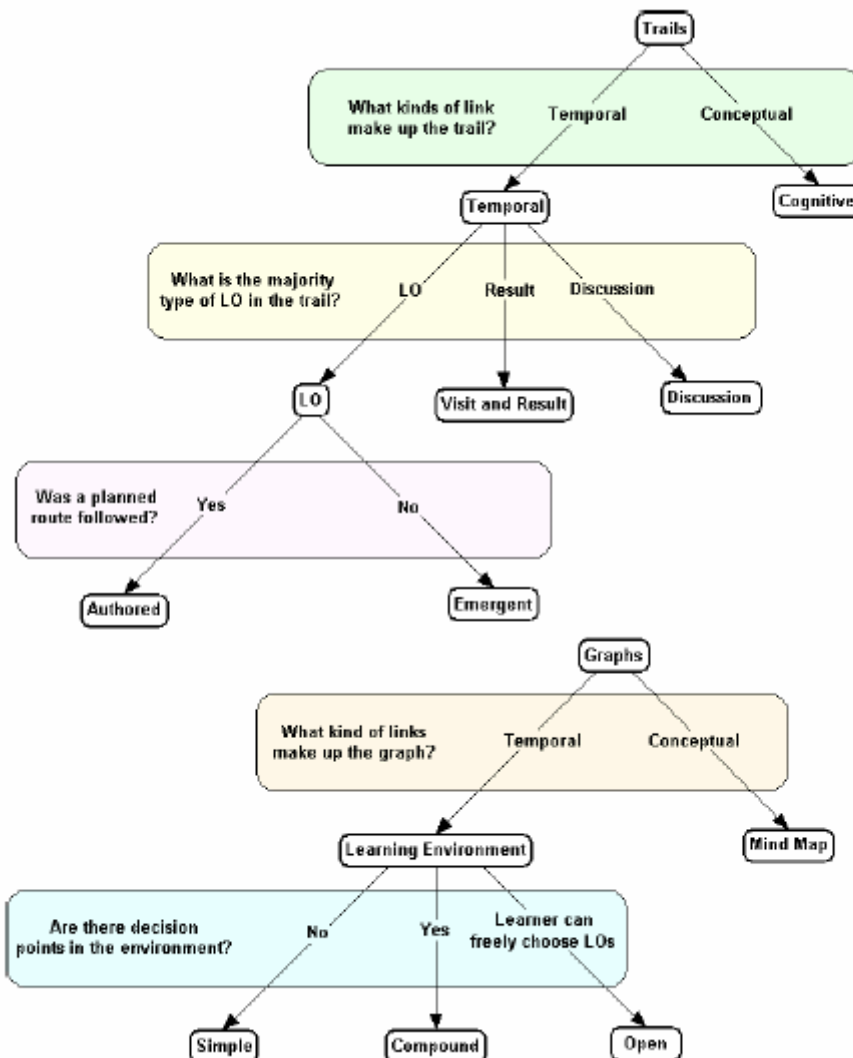


Figure 7 Taxonomie des traces (Schoonenboom et al. 2004)

1.1.3.1.3 Travaux du projet DPULS (Choquet 2004)

Suite au projet TRAILS, et dans l'objectif de définir des Patrons d'analyse de trace, le projet DPULS a proposé une typologie de traces. Ces types sont définis en fonction des objectifs d'utilisation et de la provenance des traces.

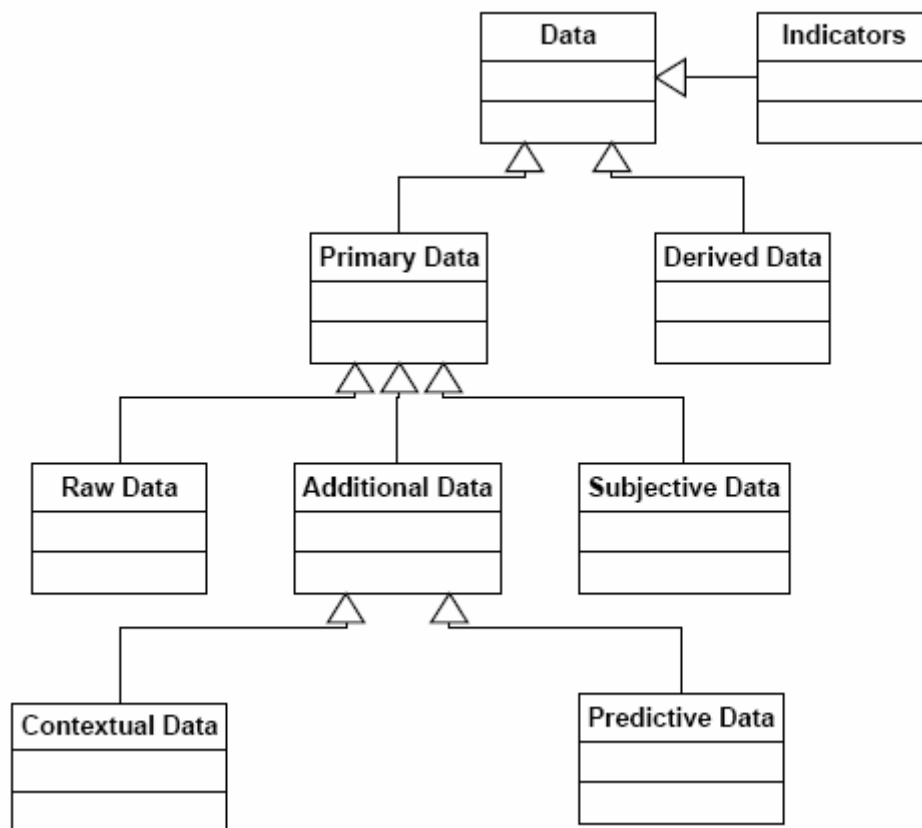


Figure 8 Typologie de traces proposée par le projet DPULS (Choquet 2004)

Une donnée ou trace peut être *primaire* ou *dérivée*. Les *données primaires* ne sont pas calculées ou déduites d'autres données. Ce sont des données de bases. Elles peuvent être :

- Des *données brutes* (« raw data ») qui sont collectées avant, pendant ou après la session d'apprentissage ;
- Des *données additionnelles* qui sont liées à une situation d'apprentissage et peuvent être utilisées dans une analyse des usages. Elles sont contextuelles lorsqu'elles sont collectées à partir d'outils d'apprentissages (exemple : des métadonnées, le scénario pédagogique), ou prédictives lorsqu'elles sont liées au résultat des activités sur l'environnement d'apprentissage (exemple : rapport du tuteur sur l'apprentissage d'un apprenant) ;
- Des *données subjectives* qui sont des traces voulues par un des acteurs de la plateforme d'apprentissage.

Les *données dérivées* sont calculées ou déduites des traces primaires ou d'autres données dérivées.

Les *indicateurs* sont des données primaires ou dérivées qui ont un sens au niveau pédagogique.

1.1.3.1.4 UTL : Usage Tracking Language (Choquet et Iksal 2007)

UTL est un langage dont l'objectif est « de permettre aux acteurs intervenant dans le cycle de vie d'un EIAH de décrire les traces d'usage et leurs sémantiques, ainsi que la définition des besoins d'observation et des moyens à mettre en œuvre pour l'acquisition des données à collecter » (Choquet et Iksal 2007). Les traces abordées ici sont celles issues de scénarios

d'apprentissage. Leur sémantique est donnée par le concepteur de scénario qui détermine les traces à observer.

L'objectif du traçage dans ce contexte est de permettre la ré-ingénierie de scénarios. Si l'utilisation du scénario ne correspond pas au scénario prédictif, le concepteur devrait pouvoir s'en rendre compte grâce à l'analyse des traces. UTL permet de décrire l'ensemble des concepts traçables d'un scénario. Chaque concept traçable, décrit avec un modèle d'information, est lié à plusieurs traces. La figure 9 décrit le modèle d'information de la trace. Une trace se décompose en deux catégories, les mots clés et leurs valeurs, qui permettent de décrire son format. « Title » contient le nom de la trace et « Data » sa valeur. Le type de trace peut être textuel, XML, base de donnée, ou autre.

Les autres paramètres décrits dans le modèle de l'information de la trace permettent de la localiser et donc de pouvoir la collecter.

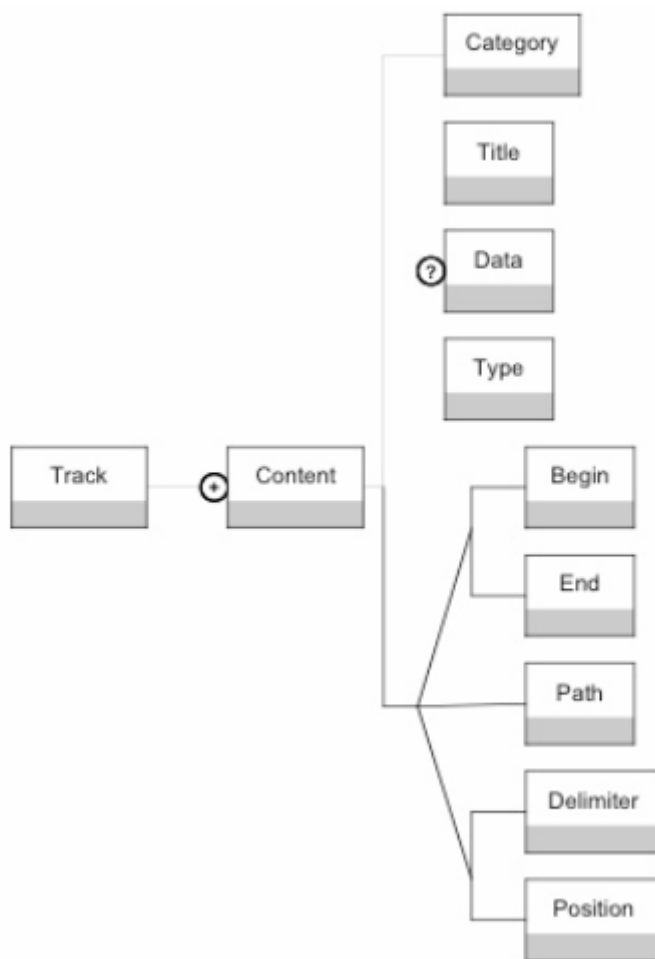


Figure 9 Modèle d'information de la trace (Choquet et Iksal 2007)

1.1.3.2 Vers un modèle de la trace

1.1.3.2.1 Musette (Champin et al. 2004)

Le modèle MUsETTE (Modélisation des Usages et des Tâches pour Tracer l'Expérience) est un modèle générique de traces. Il permet de décrire l'utilisation qui est faite d'un système informatique. Ce modèle peut être appliqué au domaine des EIAH. Il se compose du *modèle d'utilisation* qui comprend l'ensemble des *objets* observables du système et des *opérations* que l'on peut effectuer sur ces objets.

Chapitre 1 : Cadre Général

Lorsqu'un utilisateur manipule ces objets avec des opérations, il laisse ce qu'on appelle une *trace d'utilisation*. Sur la figure 10, la trace montre que l'utilisateur était sur la « Page1 » est avait à sa disposition 2 liens. En cliquant sur « Lien1 », il a fait une transition vers la « Page2 ».

Les traces d'utilisation peuvent être comprises grâce à des *modèles de tâches*. Un *modèle de tâche* est « une restriction du modèle d'utilisation décrivant les propriétés de ses objets qui sont toujours vérifiées lors de la réalisation de la tâche en question. Il peut aussi être accompagné d'explications sur le rôle des éléments du modèle d'utilisation impliqués dans cette tâche ». Des exemples de *modèles de tâches* sont proposés sur la figure 10.

Lorsqu'on arrive à comprendre une partie de la trace d'utilisation grâce à un modèle de tâche, cette partie est appelée *cas d'utilisation*.

Par l'extraction de *cas d'utilisation*, MUSETTE permet de comprendre l'utilisation qui est faite du système observé. Pendant l'exécution d'une tâche, le raisonnement à base de cas permet de fournir une aide contextualisée à l'utilisateur sur l'utilisation du système (Mille 2006).

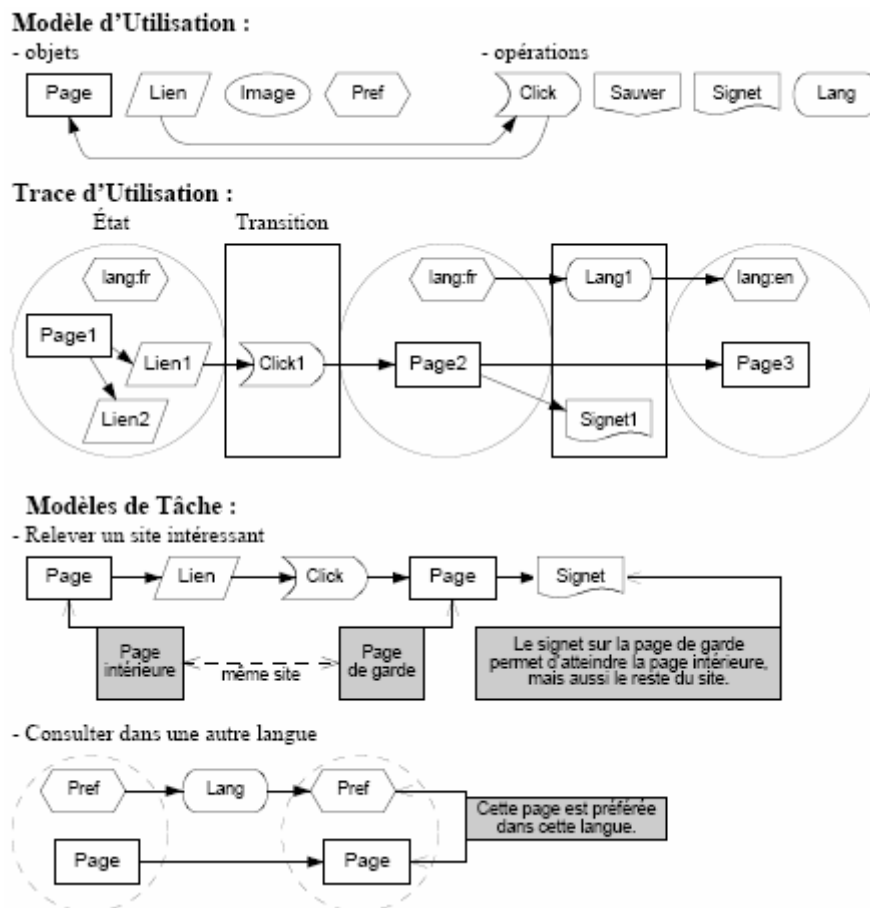


Figure 10 les composants du modèle de traces Musette (Champin et al. 2004)

1.1.3.2 Trèfle (Egyed-Zsigmond et al. 2002)

Le modèle Trèfle permet la mémorisation des traces d'utilisation pour capitaliser l'expérience des utilisateurs. Les traces évoquées sont celles d'une activité d'annotation. Le modèle est composé de 3 grands éléments : Objets, Procédés et Utilisateurs. « L'utilisateur, lors de l'utilisation d'une application informatique, manipule des objets à travers des procédés » (Egyed-Zsigmond et al. 2002).

Une instance de modèle trèfle est composée de :

- un graphe G qui contient le modèle d'utilisation constitué d'objets, le modèle d'observation qui comprend les utilisateurs et les procédés qui permettent de manipuler les objets, et la trace;
- l'ensemble des graphes potentiels (GP) permettant d'exploiter ce graphe. Les GP sont composés d'éléments du scénario et sont utilisés dans le modèle Trèfle pour calculer des traces, découper et adapter des épisodes d'utilisation.

Trèfle modélise des traces décrivant l'activité d'apprentissage de l'apprenant par les objets pédagogiques qu'il utilise à travers certains procédés.

1.1.4 L'Indicateur d'analyse d'interaction

Le concept d'indicateur provient du monde de l'entreprise. Il est le composant principal du tableau de bord permettant de piloter l'entreprise (Personne 1998). Il a pour objectif la mesure des performances et le pilotage stratégique de l'entreprise (Wegmann 2000). En faisant une synthèse de travaux sur le sujet, Diagne (2004) conclut qu'« un tableau de bord est un ensemble d'indicateurs, à un niveau suffisamment agrégé, à destination des responsables d'une entreprise quel que soit leur niveau hiérarchique (directeurs et sous-directeurs d'administration centrale, chefs de services déconcentrés, etc.), en vue de leur permettre de connaître l'état d'avancement des programmes ou des orientations dont ils doivent assurer la mise en œuvre et pour lesquels ils doivent atteindre un objectif spécifique ».

Le concept d'indicateur est aujourd'hui largement utilisé dans le domaine des EIAH, pour permettre de faire un suivi des activités d'apprentissage. Les projets ICALT et IA du réseau européen Kaleidoscope ont étudié ce concept et ont fait une synthèse des travaux sur le sujet. Nous présentons ci-après leurs résultats.

1.1.4.1 Travaux des projets ICALT et IA (Dimitracopoulou et al. 2004, Dimitricopoulou et al. 2005)

Le projet ICALT (Interaction and Collaboration Analysis supporting Teachers and Students Self-regulation) a pour objectif principal de réfléchir et d'organiser les recherches sur l'analyse des interactions et des collaborations sur un EIAH. Le projet IA (Interaction Analysis) s'est intéressé aux outils et méthodologies de mise en place des indicateurs dans un contexte d'auto-régulation des apprenants ou des enseignants.

Une structure permettant de décrire et de comprendre les indicateurs a été définie par le projet ICALT puis reprise par les partenaires du projet IA. L'indicateur est défini de la sorte: «These indicators constitute variables that describe 'something' related to:

- the mode or the process or the 'quality' of the considered 'cognitive system' learning activity (task related process or quality);
- the features or the quality of the interaction product;
- the mode, the process or the quality of the collaboration, when acting in the frame of a social context forming via the technology based learning environment».

Autrement dit, les indicateurs sont des variables qui donnent des informations sur le mode, le processus ou la qualité du système cognitif d'une activité d'apprentissage, sur les caractéristiques et la qualité du produit de l'interaction, le mode, le processus ou la qualité de la collaboration lorsqu'on est dans un contexte social.

Un indicateur est doté de plusieurs attributs :

- Le concept : chaque indicateur est caractérisé par l'aspect de l'interaction qu'il représente ;
- L'objectif : un indicateur peut être décrit comme étant cognitif, social ou affectif. Il faut également signifier s'il permet la prise de conscience (« awareness »), l'évaluation des travaux (« assessment ») ou l'évaluation de principes scientifiques (« evaluation ») ;

- Les valeurs qui peuvent être calibrées, interprétées, ou telles quelles ;
- Le domaine de validité : il est composé du type d'environnement d'apprentissage, du contenu des activités, du profil des participants à l'apprentissage, des utilisateurs prévus ;
- Les acteurs de l'EIAH ;
- Les utilisateurs (de l'indicateur) ;
- La période d'utilisation de l'indicateur : Synchrones ou Asynchrones ;
- Les dépendances : l'indicateur peut être dépendant du temps ou du contenu ;
- Le type d'EIAH : Dimitracopoulou et al. (2005) en distinguent trois (3) : les environnements d'apprentissage individuel, les environnements collaboratifs basés sur les actions, les environnements collaboratifs orientés productions textuelles.

Les partenaires du projet ICALT ont défini la structure d'un outil générique fournissant des indicateurs. Le processus de mise en place d'un indicateur comprend plusieurs phases (figure 11) qui sont :

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

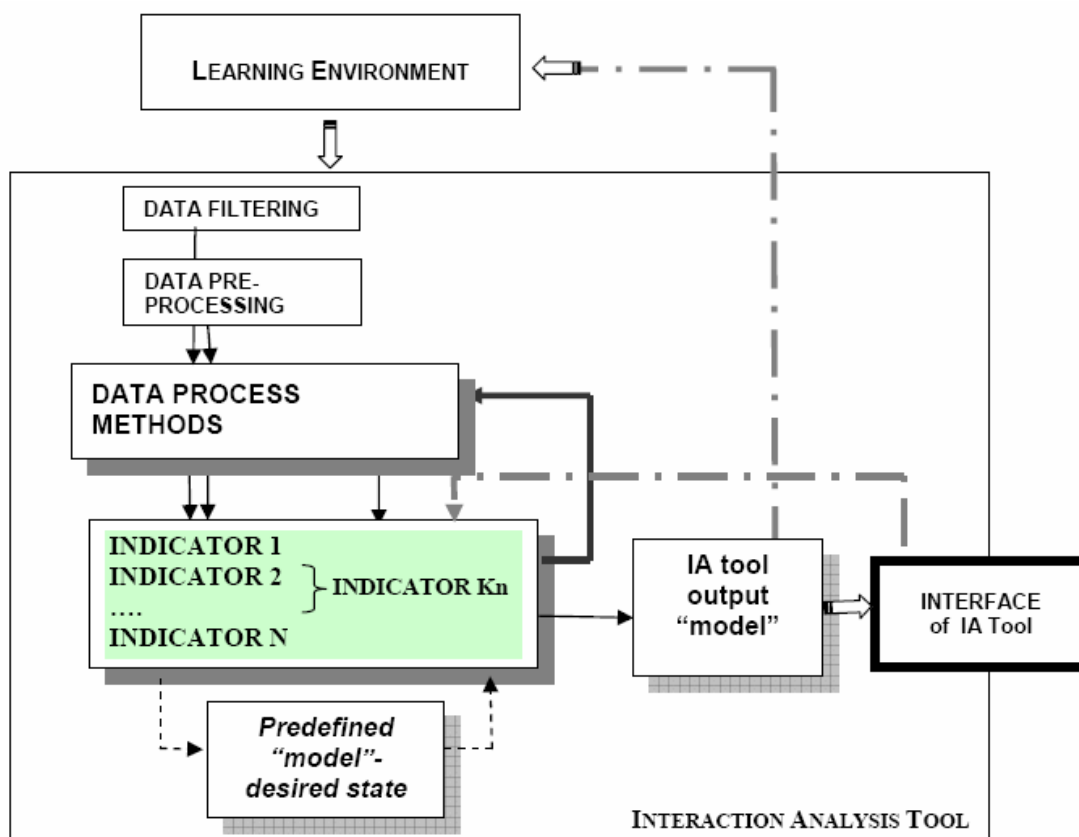


Figure 11 Principaux processus d'un outil générique d'analyse d'interaction (Dimitracopoulou et al. 2004, Dimitracopoulou et al. 2005)

L'outil d'analyse des interactions peut proposer des informations sur certains aspects de l'activité, ou une information plus complète, plus cohérente qui devient un modèle d'interaction.

Dimitracopoulou et al. 2005 distinguent deux niveaux d'indicateurs :

- Les indicateurs de haut niveau qui ont une valeur interprétative inhérente et sont obtenus avec des techniques d'exploitation de données complexes. Ils sont souvent dérivés, obtenus à partir d'indicateurs de bas niveau ;
- Les indicateurs de bas niveau qui n'ont pas de valeur interprétative propre et sont obtenus en exploitant directement les traces.

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

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

1.1.5 Conclusion sur la Supervision et ses concepts-clés

Dans un contexte d'apprentissage sur un EIAH, nous avons vu que la supervision permet au tuteur de percevoir l'activité de ses apprenants, que cet apprentissage soit individuel ou collaboratif. Cette perception entre dans un processus de suivi où le tuteur doit prendre des décisions d'actions en terme de soutien à l'apprenant, d'animation de groupe, plus généralement pour la régulation ou la personnalisation de l'apprentissage. La supervision est une activité du tuteur - humain ou logiciel - qui peut mener des actions de divers types selon les informations perçues. Ces actions de régulation peuvent être de type Cognitif, Social, Pédagogique ou Technique.

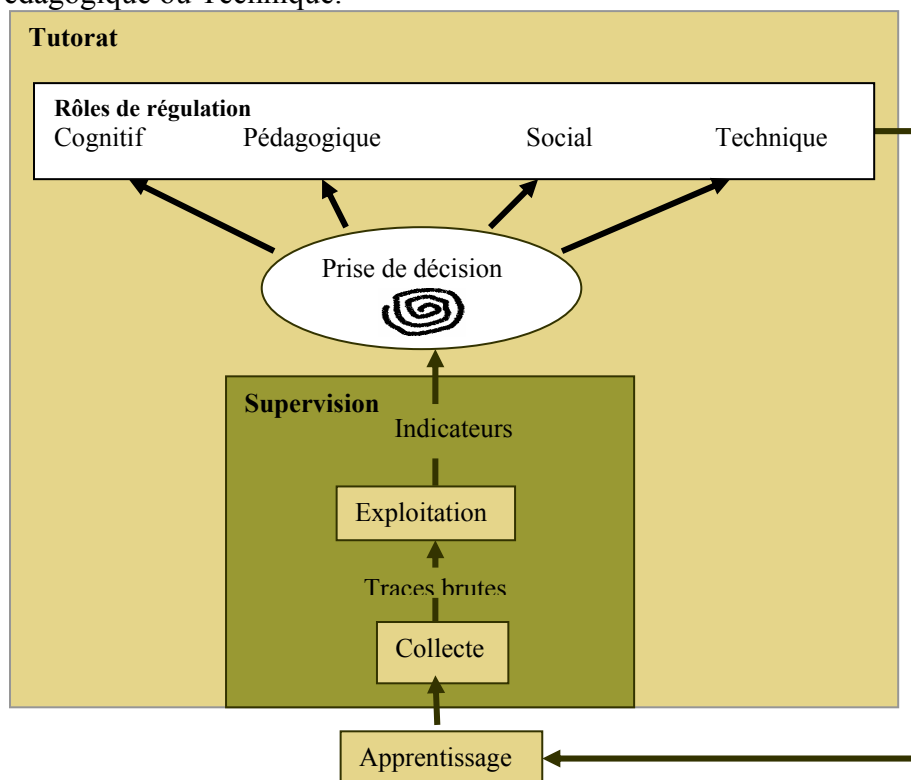


Figure 12 Supervision de l'apprentissage pour aider le tuteur dans sa tâche de régulation

Quand l'apprentissage se déroule dans une classe, la supervision peut se faire par l'analyse des écrits, paroles et comportements des apprenants. Lorsque l'apprentissage se déroule sur un EIAH et en ligne, ces informations ne sont plus accessibles directement. Il faut donc collecter les traces laissées par les apprenants lors de leurs activités d'apprentissage. Ces traces brutes constituent un ensemble important de données difficilement compréhensible par le tuteur. Elles sont analysées pour extraire les indicateurs qui permettront au tuteur d'avoir une perception de l'activité d'apprentissage et de prendre des décisions d'action.

L'état de l'art sur les traces montre que celles-ci ont été beaucoup étudiées, modélisées et classifiées. L'étude des indicateurs d'analyse d'interaction est largement entamée par les projets ICALT et IA, mais nécessite encore un travail de modélisation selon les objectifs visés.

Dans la suite de la thèse, nous nous basons beaucoup sur les définitions des concepts de trace et d'indicateur donnés par les projets TRAILS et ICALT, au sein du réseau européen d'excellence Kaleidoscope. Leurs résultats sont des réflexions et des synthèses de travaux faites par de nombreux chercheurs européens.

Nous proposons dans cette thèse d'instrumenter la supervision pour qu'elle permette au tuteur de jouer ses divers rôles de régulation. Le paragraphe suivant définit plus amplement notre problématique.

1.2 Problématique de la thèse

Le domaine des EIAH s'est longtemps intéressé à la mise en place de plateformes d'apprentissage (Tchounikine 2002) proposant des objets pédagogiques (David 2003). Le suivi des activités d'apprentissage (Després 2001) est devenu une thématique forte dès lors que les plateformes et leurs contenus sont mis en place. Nos recherches s'intègrent dans le cadre délimité de la supervision, qui est la composante du suivi permettant au tuteur d'avoir une perception des apprentissages de ses apprenants. L'objectif de cette supervision est de permettre au tuteur de prendre des décisions de régulation. La perception des activités d'apprentissage est possible grâce aux informations apportées par les indicateurs. Ceux-ci sont obtenus en exploitant les traces laissées par l'apprenant.

Nous avons choisi de nous intéresser à l'instrumentation de la supervision, basée sur des indicateurs d'analyse d'interaction, lorsque celle-ci s'effectue dans un contexte d'apprentissage à distance et pour un objectif de régulation de l'apprentissage.

La définition d'indicateurs d'analyse est une thématique en pleine expansion dans la recherche en EIAH. Au niveau international, des projets – Kaleidoscope ICALT (Dimitracopoulou 2004, 32 indicateurs) et DPULS (David et al. 2005, indicateurs des partenaires et ceux d'un état de l'art) -, ainsi que des rencontres - workshop on Educational Datamining (AIED 2007), workshop on usage analysis in learning Systems (AIED 2005), User Modelling 2007, etc.) – se sont intéressés au concept d'indicateur d'analyse d'interaction et en ont identifié un nombre important.

Au niveau national, l'intérêt pour la définition de tels indicateurs est également grandissant (Cluster Personnalisation des EIAH, Revue spécial Sticef 2007 «Traces», Colloque Jocair'2008 sur l'analyse des usages). Le projet « personnalisation des EIAH » du Cluster Rhône-Alpes ISLE s'est intéressé au traitement des traces à différents points de vue. Les travaux sont axés sur la modélisation de la trace, le couplage des traces et des scénarios pédagogiques, leur utilisation pour la représentation et l'analyse des connaissances, et également pour fournir des informations sur les aspects sociaux et langagiers dans un contexte de collaboration. Ces travaux ont révélé un ensemble d'indicateurs créés au préalable par les partenaires du projet. On peut citer l'état d'avancement et la production d'un apprenant

dans une activité scénarisée (Guéraud et al. 2004), les règles appliquées dans un exercice d'algèbre (Crozet 2005), la « lecture » d'un message (May 2008).

L'étude de ces différents travaux montre que les indicateurs sont définis pour permettre la perception de plusieurs dimensions d'une activité d'apprentissage. Ces différentes dimensions pourraient constituer une base pour la classification des indicateurs. A travers les travaux cités précédemment, on constate qu'il existe une quantité et une diversité d'indicateurs définissables pour une activité d'apprentissage. Le premier problème auquel nous sommes confronté, dès lors, est l'identification de ceux qui faciliteraient la régulation des apprentissages par le tuteur. Cette activité de régulation peut se faire à différents niveaux (cognitif, pédagogique, social, technique) comme nous l'avons vu dans les paragraphes précédents. L'instrumentation de la supervision ne saurait se faire sans la détermination des indicateurs à fournir pour les rôles de régulation du tuteur.

Par ailleurs, nous avons également remarqué que la définition de certains indicateurs nécessite des compétences spécifiques telles que la didactique du domaine d'apprentissage (Crozet 2005), la sociologie et l'analyse des réseaux sociaux (Reyes et Tchounikine 2005), etc. Des indicateurs tels que la cohésion d'un groupe d'apprenants (Reffay et Chanier 2003), les conceptions des apprenants en électricité (Michelet 2006), voire même les actions erronées sur une plateforme d'apprentissage (El Kechai et Desprès 2007) sont de ce genre, autrement dit ils sont domaine-dépendants (sociologie, domaine d'apprentissage, autres). Les connaissances inhérentes à la définition de ces indicateurs ne sont pas par essence détenues par un informaticien. Pourtant, la mise en place des environnements de supervision lui incombe. Dans cette mesure, le problème de la définition des indicateurs, nécessitant des compétences spécifiques, dans les environnements de supervision, se pose. Comment proposer aux tuteurs des indicateurs dont ils auraient besoin, sans disposer des compétences nécessaires à leur définition ?

Etant donné que des chercheurs ont pu, en se spécialisant dans un domaine précis, définir des indicateurs domaine-dépendants, serait-il possible de réutiliser ces indicateurs? Et sous quelles conditions ?

Nous remarquons que la réutilisation des indicateurs est un verrou dans la mesure où il s'agit d'entités logicielles d'origines diverses et définies pour des situations d'apprentissage précises.

Les environnements de supervision existants sont définis :

- pour des plateformes particulières (Teutsch et al. 2004) ou sont interopérables (Laperrousaz 2006),
- pour des apprentissages bien précis (Hakem et al. 2005) ou sont utilisables sur divers types d'apprentissage (France et al. 2007),
- proposent un ensemble défini d'indicateurs (Mazza et al. 2004) ou laissent au tuteur la liberté de les définir (Harrer et al. 2005).

L'introduction du concept de réutilisation des indicateurs comme paramètre de conception des environnements est un aspect nouveau qui pose des problèmes d'ordre architectural non négligeables. Fournir des capacités de réutilisation à un environnement de supervision, équivaut à permettre à l'ensemble des indicateurs, qui y sont réutilisés, de pouvoir utiliser les traces d'une nouvelle plateforme d'apprentissage. La définition de l'architecture de cet environnement, instrumentant la réutilisation des indicateurs, est un autre verrou que nous tenterons de lever dans ces travaux.

1.3 Contexte d'expérimentation : le projet MATES

1.3.1 Description Générale

Le projet MATES (Methodology And Tools for Experimentation Scenario) (David et al. 2007) est un projet du réseau européen d'excellence Kaleidoscope. L'objectif est de mettre en place une plateforme d'expérimentation et une méthodologie de mise en place de ces expérimentations pédagogiques. La méthodologie comprend la conception de scénarios pédagogiques, leurs implémentations sur la plateforme, la collecte des traces d'activité ainsi que leur analyse.

La plateforme d'expérimentation LearningLab a été mise en place dans le cadre du projet et est accessible² à tous les membres du réseau Kaléidoscope.

Dans ce projet, un scénario d'apprentissage collaboratif sur la loi d'ohm a été produit grâce au langage de description de scénario LDL³ (Ferraris et al. 2007) et implémenté dans LearningLab. Ce scénario prévoit l'utilisation de plusieurs types d'outils : un chat, un micro-monde en électricité TPELEC, un outil de création de questionnaire et un éditeur de texte partagé.

L'intention pédagogique liée au scénario est de faire travailler les apprenants sur le concept de « puissance » dans le cas précis d'un circuit en série où deux lampes apparemment identiques ne brillent pas de la même façon. Ce choix des tuteurs se justifie par le fait que beaucoup d'apprenants ne pensent pas au concept de puissance. Ils ont des conceptions telles que l'usure du courant ou le raisonnement séquentiel (David et al. 2007) qui justifient, selon eux, le fait que les deux lampes ne brillent pas pareillement.

Le scénario a été expérimenté avec deux classes dans deux établissements scolaires différents. La première expérimentation a eu lieu le 4 Octobre 2007 dans un lycée de la commune d'Echirolles (France). Elle a mobilisé 11 lycéens (niveau 2nde) et 4 tuteurs.

La deuxième expérimentation s'est déroulée le 12 Octobre 2007, dans un collège de la commune d'Ugine (France) avec 21 collégiens (niveau 3^{ème}) et 4 tuteurs.

Lors de ces deux expérimentations, chaque acteur (apprenant ou tuteur) a travaillé et communiqué à travers la plateforme LearningLab. Les traces collectées sont stockées dans une base de données XML. Chaque trace, accompagnée d'une métadonnée (« *the date, the user id, the id of the tool generating the trail, the session id, the scenario instance id* »), contient un ensemble d'attribut dépendant de l'outil au travers duquel la trace a été créée (Adam et al. 2007).

1.3.2 Descriptif du Scénario

Le scénario expérimenté contient des phases individuelles et collectives d'apprentissage. Il est composé de 6 phases :

Phase 0 : Démarrage

Avant de commencer l'activité, les apprenants sont invités à lire les instructions. Ils peuvent en discuter à travers le chat et le tuteur peut répondre à des questions.

L'activité commence par une question de prévision où chaque apprenant doit répondre individuellement. La question présente un circuit (fig. 13) et propose un questionnaire à choix multiples (qcm) où l'apprenant doit choisir la raison pour laquelle la lampe L1 brille plus que la lampe L2.

² <http://testbedb0.imag.fr>

³ <http://ld.pentila.com/download>.

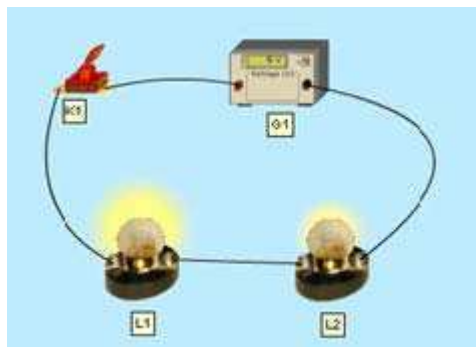


Figure 13 Circuit présenté dans la question 1

Trois réponses sont possibles:

- Choix A : La tension aux bornes de L1 est supérieure à la tension aux bornes de L2 ;
- Choix B : L'intensité du courant à travers L1 est supérieure à celle à travers L2 ;
- Choix C : L1 est plus puissant que L2.

Les choix A et C sont corrects.

Lorsque tous les apprenants ont répondu à la question 1, le système crée des groupes de 2 ou 3 apprenants comprenant si possible un élève ayant une réponse juste. Les tuteurs sont informés des groupes qu'ils doivent superviser.

Phase 1 : Débat sur les réponses à la question 1

Les groupes formés dans la phase 0 sont dirigés sur le chat. Dans chaque groupe, les membres peuvent voir les réponses proposées à la question 1. Les apprenants doivent discuter de leurs réponses pendant une durée limitée. Le tuteur peut intervenir dans le débat.

Lorsque le débat est terminé, la question 1 est posée à nouveau aux apprenants. S'il y a accord entre les apprenants d'un groupe, ceux-ci sont dirigés vers l'éditeur de texte partagé pour faire une synthèse. Lorsqu'il y a désaccord, ils sont reconduits dans le chat pour discuter à nouveau de leurs réponses.

Phase 2 : Construction d'un circuit électrique puis Débat

Chaque apprenant est invité, individuellement, à manipuler le micro-monde TPELEC où le circuit de la question 1 est chargé. Pour répondre à la question « Comment peux-tu valider ton hypothèse ? », il peut utiliser des composants électriques tels que des ampèremètres, des voltmètres. Il rédige ensuite sa conclusion.

Les apprenants de chaque groupe ont ensuite la possibilité de voir les circuits produits par les autres membres et de les manipuler. Ils sont conduits sur le chat pour discuter et choisir le meilleur circuit. Le tuteur a la possibilité d'intervenir.

A la fin du débat, les apprenants votent. Si les membres d'un même groupe ont voté pour le même circuit, ils peuvent passer à la suite du scénario. Si les votes sont différents, ils sont reconduits sur le chat pour un nouveau débat.

Ensuite, il est demandé aux apprenants si « les mesures confirment ou non l'hypothèse » à propos du circuit choisi. Ils ont la possibilité de manipuler ce circuit, de répondre à la question par Oui ou Non et de justifier leur réponse. Ils rédigent ensuite une synthèse sur l'éditeur de texte partagé.

Phase 3 Question sur l'inversion des lampes et Construction

Cette phase commence par une question où il est demandé aux apprenants : « Qu'arrive t'il lorsqu'on inverse les deux lampes ? ». Ils ont le choix entre 3 réponses :

- Choix A : L1 brille toujours plus que L2 ;

Chapitre 1 : Cadre Général

- Choix B : L2 brille plus que L1 puisque le courant passe par L2 d'abord ;
- Choix C : L1 et L2 brillent pareillement.

Seul le choix A est juste. Les apprenants choisissent une réponse puis la justifient.

Les apprenants ont la possibilité de voir les réponses des autres membres de leurs groupes. Ils sont dirigés sur le chat pour en discuter et se mettre d'accord sur une réponse. Puis, ils doivent après rédiger une synthèse.

Ensuite, le circuit de la question 1 est chargé dans TPELEC. Chaque apprenant doit inverser les lampes, et donner une conclusion en fonction de ses observations. Il voit les conclusions des autres membres de son groupe puis est dirigé sur le chat pour en discuter avec eux et choisir la bonne justification.

Ils rédigeront ensuite une synthèse.

Phase 4 : Evaluation du Groupe

Le tuteur qui a assisté aux débats de chaque groupe fait une synthèse sur le travail qui y a été effectué. Dans chaque groupe, chaque apprenant donne son avis sur l'activité du groupe puis révèle son identité aux autres membres.

Phase 5 : Evaluation finale

Durant tout le scénario, les tuteurs peuvent discuter dans un chat privé de l'évolution de leurs groupes. A la fin, ils choisissent l'un d'entre eux pour discuter sur un chat avec l'ensemble des élèves de la classe.

Celui-ci fait aux apprenants une conclusion sur l'activité et donne les points de vue des tuteurs sur chaque groupe. Les apprenants peuvent débattre.

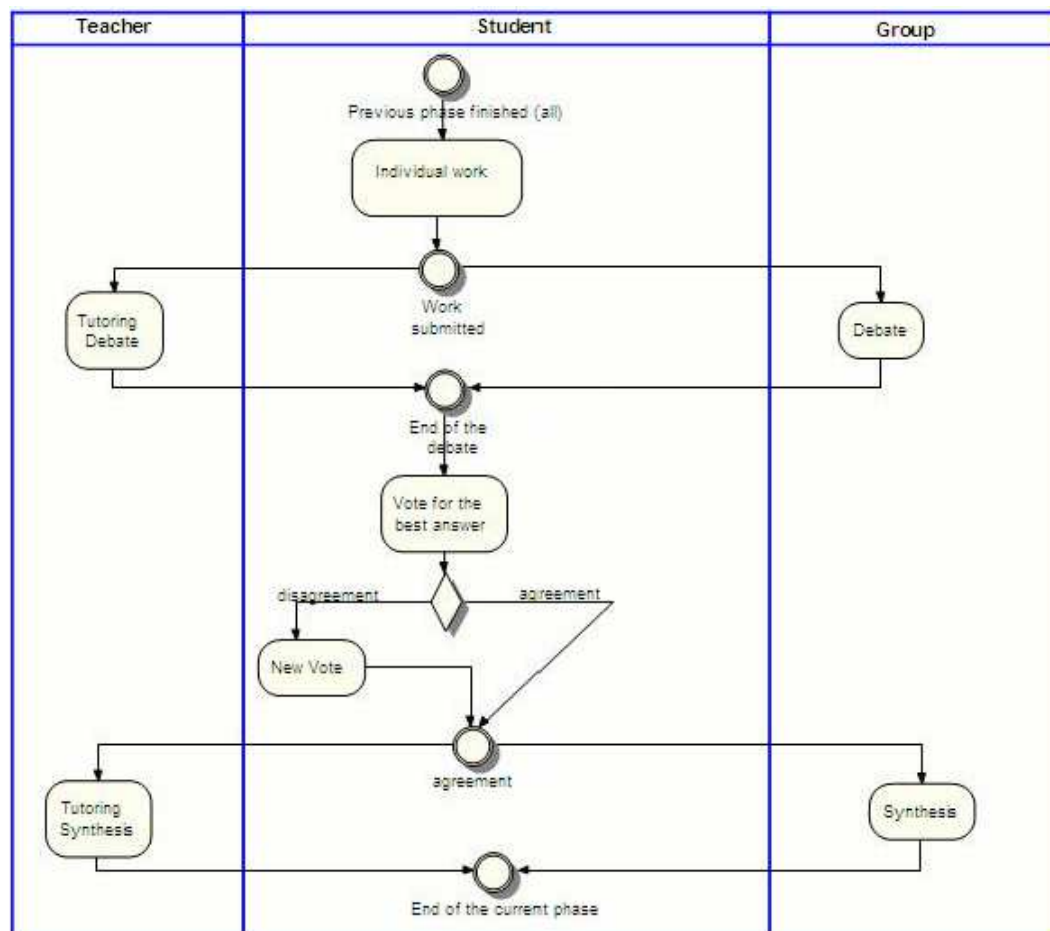


Figure 14 Diagramme d'activité du scénario MATES (David et al. 2007)

Dans le cadre de ce projet, nous nous sommes intéressé à la définition et à l'implémentation d'un ensemble d'indicateurs permettant de comprendre l'impact de la discussion sur l'évolution des connaissances des apprenants. Ces indicateurs seront utilisés dans les chapitres 3, 4 et 5 de ce manuscrit.

1.4 Conclusion du chapitre

Ce chapitre nous a permis d'introduire les concept-clés de la thèse. Les indicateurs de supervision obtenus en analysant les traces d'activités des apprenants pourraient permettre au tuteur de jouer ses divers rôles de régulation : Cognitif, Pédagogique, Social, Technique.

Au vu de notre problématique visant l'identification des types d'indicateurs pertinents pour réguler l'apprentissage et leur réutilisation dans un même environnement de supervision, nous constatons que la définition de l'indicateur comme une variable, proposée par les projets ICALTS et IA, permettra difficilement d'atteindre notre objectif de réutilisation.

Notre objectif dans la suite est de proposer une taxonomie d'indicateur permettant au tuteur de jouer les rôles cités, des modèles et architectures visant à instrumenter la réutilisation. En se basant sur ces propositions, nous définissons un environnement de supervision implémentant la taxonomie d'indicateur proposée, par la réutilisation.

Avant de nous lancer dans la réalisation de ces objectifs, nous allons étudier les environnements de supervision destinés au tuteur, existants. Cet état de l'art nous permettra de recenser les réponses qui sont actuellement données aux questions que nous nous posons.

Chapitre 2 : Etat de l'art sur les environnements de supervision destinés au tuteur

La supervision est aujourd'hui instrumentée pour divers acteurs de l'apprentissage en ligne. Elle peut être destinée à l'apprenant pour lui permettre d'avoir une conscience de son travail. C'est ce qu'on appelle l'auto-supervision (Barros et Verdejo 2000, Jermann 2004). Elle peut également être destinée aux autres acteurs de la plateforme (le tuteur, le concepteur de cours et/ ou de scénario, le chercheur, ...) pour obtenir des informations spécifiques sur l'activité d'apprentissage, et améliorer cette dernière.

Ce chapitre présente quelques environnements ou modèles proposant des fonctionnalités de supervision au tuteur. Dans le chapitre 1, nous avons identifié un certain nombre de rôles composant l'activité de régulation du tuteur. Il s'agit des rôles social, pédagogique, cognitif et technique. L'état de l'art que nous présentons montre les réponses que peuvent donner les environnements étudiés, par rapport à notre première problématique concernant les indicateurs nécessaires au tuteur pour jouer ses rôles.

Les environnements de supervision présentés sont classés en deux grands groupes, ceux qui proposent au tuteur un ensemble d'indicateurs prédéfinis et ceux qui le laissent définir lui-même les indicateurs dont il pense avoir besoin. Dans le premier lot, les environnements basent leurs propositions sur des objectifs précis de recherche. Nous les avons répartis en trois sous-groupes. Le premier vise, comme nous, à fournir des indicateurs pouvant aider le tuteur à jouer tous ses rôles. Le second a des propositions liées à une composante de l'activité d'apprentissage (indicateurs sur la collaboration, le modèle d'organisation des apprentissages, un domaine d'apprentissage). Le troisième groupe s'intéresse à améliorer la supervision par des techniques de visualisation des traces.

Dans la suite du chapitre, nous étudions ces différents types d'environnements de supervision ainsi que leurs propositions en terme d'indicateurs.

2.1 Environnements proposant un ensemble prédéfini d'indicateurs

2.1.1 Définition d'indicateurs pour les rôles de régulation du tuteur

Tableau de bord de l'outil Croisières (Teutsch et al. 2004)

Croisières est un dispositif d'apprentissage à distance du FLE (Français Langue Etrangère) sous la direction du CNED (Centre National d'Enseignement à Distance). Le tableau de bord est mis en place dans ce dispositif pour permettre la supervision des apprentissages. Il s'appuie sur une étude des rôles du tuteur pour mieux répondre à ses besoins et sur un modèle de description de la situation d'apprentissage permettant de faciliter la démarche d'apprentissage et l'autonomisation de l'apprenant.

Teutsch et al. (2004) ont identifié quatre rôles pour le tuteur :

- Un rôle de personne-ressource qui aide à la compréhension du contenu. Il correspond au rôle cognitif que nous avons identifié ;
- Un rôle d'animation dont l'objectif est de favoriser les relations humaines, les contacts entre apprenants. Le tuteur doit ici maintenir l'unité du groupe, ce qui constitue une partie de son rôle social ;
- Un rôle de parité pour renforcer la motivation intrinsèque de l'apprenant. Ce qui est la seconde partie de son rôle social ;

- Un rôle de régulation pour aider l'apprenant à évaluer son trajet, ses besoins, ses difficultés, son rythme et ses préférences. La définition de ce rôle nous permet de l'assimiler à celui de type pédagogique que nous avons identifié.

Le tableau de bord vise l'accompagnement des apprenants, par le tuteur, tout au long de la formation, où ils peuvent être confrontés à diverses situations d'apprentissage. Pour cela, Deutsch et al. (2004) proposent un modèle de situation d'apprentissage à quatre composantes :

- L'identité qui indique la localisation, la situation socio-culturelle, les conditions et les habitudes de travail de l'apprenant ;
- Le profil décrit l'état des compétences de l'apprenant ;
- Le trajet qui est une synthèse de la progression dans les ressources sous forme d'historique, de bilans ou d'étapes remarquables ;
- La situation courante qui décrit les aspects les plus dynamiques des interactions entre l'apprenant et le dispositif.

Le tableau de bord se base sur ce modèle pour proposer des indicateurs qui sont : des alertes sur les événements récents (messages, points de blocage, productions) et une synthèse des trajets des apprenants (le taux de fréquentation des modules, de participation aux activités et de réussite).



Figure 15 Tableau de bord du tuteur (Deutsch et al. 2004)

2.1.2 Supervision axée sur une composante de l'activité d'apprentissage

La majeure partie des environnements de supervision recensés a pour objectif la mise en place d'indicateurs mettant en évidence un aspect d'une activité d'apprentissage. Cet aspect peut être lié à l'organisation des apprenants (exemple : apprentissage collaboratif), à l'organisation des activités (exemple : scénario pédagogique), ou à un domaine d'apprentissage en particulier (exemple : l'algèbre).

2.1.2.1 Supervision dans un domaine d'apprentissage précis

Les environnements présentés dans cette section constituent un échantillon des propositions faites dans les travaux s'intéressant au modèle de l'apprenant. Ces environnements ne prétendent pas fournir des indicateurs pour la supervision. Cependant, leur capacité à fournir des informations à partir des traces, pour donner au tuteur une perception de l'activité d'apprentissage, nous autorise à les présenter dans notre état de l'art.

PEPISTEREO (Vincent et al. 2005)

Le projet Pepite s'intéresse au diagnostic de la compétence algébrique des élèves de fin de collège, début de lycée. Le logiciel Pepite construit des profils cognitifs d'apprenants et permet à un enseignant de les étudier et de leur proposer des activités adaptées à leurs compétences. « Un profil est une description en trois niveaux des compétences algébriques des élèves : une description quantitative exprimée en terme de taux de réussite et de traitements algébriques maîtrisés, une description qualitative et enfin une description de l'articulation entre les différents cadres et registres (graphique, algébrique, géométrique, langage naturel) sous la forme d'un diagramme » (Vincent et al. 2005).

A partir des profils mis en place dans Pépite, Vincent et al. (2005) ont déterminé des stéréotypes. Un stéréotype est un ensemble de profils équivalents dans le sens où ils ont les mêmes objectifs prioritaires d'apprentissage.

PépiStéréo « s'appuie sur les stéréotypes et les erreurs des élèves pour, d'une part, présenter le résultat du diagnostic automatique aux enseignants et, d'autre part, leur proposer des éléments de stratégies d'enseignement appropriées aux différents stéréotypes » (Vincent et al. 2005).

Il articule le diagnostic individuel et géographique de la classe. Au niveau individuel, on a des indicateurs tels que le taux de réussite et la liste des erreurs faites par l'apprenant. La géographie cognitive est obtenue en identifiant au niveau de la classe les sous-groupes d'élèves ayant des leviers et des fragilités similaires. PepiStéréo peut ainsi proposer des objectifs d'apprentissage adaptés à chacun de ces sous-groupes.

Le rôle de régulation visé ici est fortement pédagogique. En effet, leur « objectif est de concevoir un système qui assiste les enseignants de mathématiques dans la régulation des apprentissages des élèves de leur classe, c'est-à-dire qui aide les enseignants à proposer à leurs élèves des situations d'apprentissage adaptées aux niveaux de compétences qu'ils ont atteints en algèbre élémentaire ». Cela dit nous pensons que les indicateurs proposés peuvent également permettre au tuteur d'aider directement les apprenants à comprendre les connaissances traitées et donc de jouer un rôle cognitif.

La figure 16 montre que dans la classe 2nde 10, une majorité d'élèves est classée UA3 T3 CA3. Cela signifie :

- « UA3 : L'élève ne résout pas assez d'exercices avec la démarche algébrique. Ses justifications sont mal assurées : soit elles sont trop rarement correctes, soit elles comportent des arguments non algébriques ou incomplets ».
- « T3 : L'élève a des difficultés : soit à exprimer algébriquement les relations entre variables, soit à associer une expression algébrique à une autre représentation (ou vice versa). Dans au moins un cas, l'écriture symbolique est utilisée pour "sténographier" ou abrégé la situation, c'est à dire sans retrouver les relations entre les différentes variables en jeu ».
- « CA3 : L'élève ne réussit pas à mener des calculs soit il ne maîtrise pas le rôle des opérateurs, soit il s'est construit des règles de calcul fausses. »

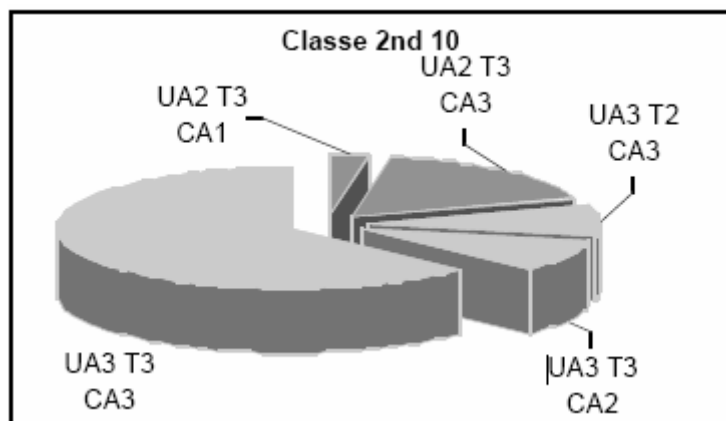


Figure 16 Géographie cognitive d'une classe

DIANE (Hakem et al. 2005)

| Pupil 1 | | Pupil 2 | |
|---------------------------|---|----------------------------|--|
| Response | Diagnosis by DIANE | Response | Diagnosis by DIANE |
| 14 - 8 = 7 | Col 1: <i>step by step</i> strategy | 14 - 8 = 6 | Col 1: Erroneous <i>comparison</i> strategy |
| 14 - 3 = 11 | Col 2-4: subtraction, relevant data, calculation error | 14 - 3 = 11 | Col 2-4: subtraction, relevant data, exact result |
| 11 - 7 = 4 | Col 6-8: subtraction, relevant data, exact result | The scissors cost 11 Euros | Col 14: calculation of comparison |
| The scissors cost 4 Euros | Col 14: calculation of a part | | Col 15-17: subtraction, data correct for the comparison but not for the solution, exact result |
| | Col 15-17: subtraction, relevant data (the calculation error is taken into account), exact result | | |

Figure 17 Un exemple de diagnostic avec DIANE (Hakem et al. 2005)

DIANE (Diagnostic Informatique sur l'Arithmétique au Niveau Élémentaire) est un environnement de diagnostic permettant la supervision car il fait une analyse des productions des apprenants et fournit au tuteur la liste de leurs erreurs. Il se spécialise dans les problèmes arithmétiques de niveau élémentaire. Il construit des profils d'élèves dans une perspective de remédiation.

DIANE est composé d'une interface d'administration pour l'enseignant et d'une interface de résolution de problèmes pour l'apprenant. A travers son interface, l'enseignant peut accéder aux diagnostics et visualiser les productions des apprenants. Cela pourra à terme lui permettre de jouer un rôle pédagogique en proposant des exercices adaptés à l'apprenant. En effet, « une fois le diagnostic effectué, un module de remédiation, en projet, se chargera de proposer des exercices appropriés aux profils des apprenants établis à partir du diagnostic » En connaissant les erreurs de l'apprenant, le tuteur pourrait également l'aider à comprendre les connaissances traitées.

Anaïs (Chaachoua et al. 2007)

Anaïs fait un diagnostic automatique des connaissances des élèves à partir de leurs productions dans le logiciel d'apprentissage de l'algèbre Aplusix (Nicaud et al. 2004). Les exercices proposés sont traités ligne par ligne en respectant le principe de la résolution par équivalence.

Anaïs récupère les traces brutes générées à partir des activités d'apprentissage sur l'EIAH Aplusix. Il effectue un premier niveau de diagnostic en analysant ces traces et produit une trace enrichie contenant des règles algébriques expliquant les transformations des élèves.

Dans un second niveau de diagnostic, Anaïs modélise les connaissances des élèves en se basant sur la théorie des champs conceptuels de Vergnaud (1991). L'objectif est d'identifier automatiquement les règles d'action et les théorèmes en actes relatifs à différentes activités algébriques transformationnelles qui se retrouvent dans la factorisation, le développement, la réduction, le calcul et le mouvement. Ces théorèmes ou règles d'actions sont identifiés à partir d'équations ou d'inéquations.

L'EIAH Aplusix propose en lui-même une possibilité de supervision par un magnétoscope qui rejoue l'activité de l'apprenant en mettant en évidence l'équivalence entre les différentes étapes de résolution ainsi que la justesse de la solution. Il propose en outre des indicateurs : nombre d'exercices traités (total, moyenne ou écart type), nombre d'exercices bien résolus (idem), nombre de calculs erronés (idem), score (idem), temps passé (idem).

Anaïs propose un diagnostic des productions des apprenants à partir d'un algorithme utilisant la bibliothèque de règles correctes et incorrectes, mettant en oeuvre une recherche heuristique en chaînage avant. Il travaille directement sur la base de traces. Selon Chaachoua et al. (2007), ce diagnostic produit 90% de satisfaction, comparé à une analyse manuelle.

Le diagnostic est destiné aux chercheurs et enseignants. Chaachoua et al. (2007) n'ont pas précisé les rôles que ces indicateurs permettent de jouer. Cela dit nous pensons que les règles et théorèmes que les apprenants ont utilisés (correctement ou pas) pourraient servir au tuteur pour réguler leurs activités en leur proposant des exercices adaptés ou en leur ré-explicant certaines connaissances.

Assistement (Razzaq et al. 2005)

Faute de temps, les enseignants sont toujours partagés entre aider les apprenants à évoluer dans leurs apprentissages et les évaluer. Assistment est un outil orienté web qui fournit aux enseignants des informations, après évaluation, sur les capacités des apprenants en mathématiques. Pour cela, les apprenants s'exercent pendant 20 minutes par semaine sur le site web de Assistment⁴. Assistment identifie les difficultés de chaque apprenant et ceux de la classe à partir des traces générées. Le tuteur peut se baser sur ces résultats pour décider de reprendre certains enseignements en classe.

L'outil dispose également d'un tuteur intelligent qui a été défini avec l'aide des enseignants. En effet, le tuteur a été enrichi avec les pratiques des enseignants qui ont spécifié pour un ensemble d'exercices :

- ce qu'ils voudraient savoir lors de leurs réalisations par un apprenant ;
- comment ils auraient aidé les apprenants dans leurs réalisations.

Fort de toutes ces connaissances, le tuteur intelligent peut aider les apprenants en leur donnant des instructions pendant les activités

⁴ www.assistment.org

The screenshot shows the Assistment interface with a math problem and its solution steps. The problem asks for the length of side DF in triangle DEF, given that triangle ABC has a perimeter of 23 inches and side AC is equal to 2x. The solution steps are: 1. Find x by solving the equation 2x + x + 8 = 23, resulting in x = 5. 2. Find the length of side AC, which is 2x = 2 * 5 = 10. 3. Find the length of side DF, which is 10. The interface includes scaffolding questions and hints to guide the student through the problem.

Original question: What is the length of side DF in triangle DEF?

Which side of triangle ABC has the same length as side DF of the congruent triangle DEF?
 AD DC AC

What is the perimeter of triangle ABC?
 $\frac{1}{2} * Bx$ $2x + 8$ $2x + x + 8$ $\frac{1}{2} * x(2x)$

Now, given the perimeter of triangle ABC equals 23 inches, you can write the equation $2x + x + 8 = 23$ and solve it for x. What is the value of x?

Good. You've just got the value of x. Now you can get the length of side AC. What is it?

Remember, we are looking for side DF. Enter the length of side DF:

Hint: Corresponding sides are congruent. In the picture below, corresponding sides are colored.

Buggy message that shows up if the student selected $\frac{1}{2} * Bx$: "No. You might be thinking that the area is $\frac{1}{2}$ base times height, but you are looking for the perimeter."

Hint: AC is equal to $2x$.

Scaffolding questions: $AC = 2x$, $x = 5$, $AC = 2 * 5$, $AC = 10$

Figure 18 Interface Apprenant dans Assistment (Razzaq et al. 2005)

L'interface ci-dessus est destinée aux apprenants. Pendant qu'ils répondent aux questions, ils peuvent demander de l'aide (« *hint* »). Lorsqu'ils choisissent certaines réponses incorrectes, ils peuvent avoir des messages leur expliquant leurs erreurs et les guidant.

Pendant que les apprenants utilisent Assistment pour s'exercer, l'enseignant (tuteur humain) dispose d'un ensemble d'indicateurs répondant à ses questions, qui sont : Quels sont les exercices que mes élèves trouvent difficiles ? Quels sont ceux que mes élèves ne trouvent pas, par rapport à la moyenne ? Quels sont les élèves qui trouvent le plus d'exercices, qui passent le plus de temps, qui demandent le plus d'aide ? Parmi les 80 compétences attendues, quelles sont celles qui sont les plus (ou les moins) acquises ? Quelles sont les interventions exactes d'un apprenant ?

A un niveau plus technique, Assistment ne nécessite ni installation, ni maintenance. Les traces d'activité collectées sont stockées dans une base de données que les composantes de l'outil, destinées aux tuteurs, vont interroger pour fournir les indicateurs cités plus haut.

2.1.2.2 Supervision d'un apprentissage collaboratif

TACSI (Laperrousaz 2006)

TACSI est un environnement de supervision destiné au tuteur. Il est basé sur le modèle SIAC (cf. chapitre 1) de suivi individuel d'apprenants engagés dans des activités collectives à distance.

Laperrousaz (2006) identifie les besoins du tuteur à travers des entretiens qui permettent de conclure à un besoin de connaître la progression individuelle des apprenants dans un travail de groupe, afin de pouvoir soutenir la tâche collective.

A ce besoin, Laperrousaz (2006) répond en proposant des indicateurs tels que les contributions individuelles aux productions collectives et aux échanges, le profil de comportement social de l'apprenant et son statut sociométrique. Le statut sociométrique est déterminé par une analyse d'un questionnaire sociométrique proposé aux apprenants.

L'environnement TACSI présente ces indicateurs à travers des vues complémentaires sur les productions individuelles et collectives (implication de l'apprenant dans l'activité collective), ainsi que des vues qualitatives de la dynamique des groupes. Laperrousaz (2006) « propose au

Chapitre 2 : Etat de l'art sur les environnements de supervision

tuteur des indicateurs qualitatifs et sociaux sur le rôle des apprenants et sur la structure du groupe de manière à ce qu'il dispose d'une représentation de la dynamique du groupe ».

The screenshot displays the TACSI supervision interface. At the top, it shows 'Apprenant sélectionné : Laetitia' and 'Etape courante : 1-1-Forum'. A central panel shows a discussion thread titled 'Participation au thème début des festivités du forum de Laetitia'. The thread includes an intervention from Laetitia dated 'mercredi 1 février 2006, 18:09' with the subject 'début des festivités'. The message content is: 'Puisque nous n'avons pas de forum spécifique pour l'activité 1, je me permet de placer mes petits messages ici! salut à tous! je vois qu'on a tous bien travaillé et que notre petit glossaire avance petit à petit. Je vous propose encore une ou deux petites journées avant de passer à Oscar. Que pensez-vous de commencer les festivités en fin de semaine?genre jeudi soir vendredi (demain ça!!) Comme ça ,ça nous donne une date limite pour terminer nos propositions dans le glossaire (ça motive toujours les dates limites!) et on est sûr que tout le monde a eu le temps de mettre son grain (je suis allée faire'.

Figure 19 Interface de supervision de TACSI

La figure 19 montre la participation de l'apprenant « Laetitia » à une discussion portant sur « le début des festivités » et se déroulant sur le forum.

SIGFAD (Mbala et al. 2003)

SIGFAD est un système multi-agents qui propose au tuteur des fonctionnalités lui permettant de maintenir la cohésion et la dynamique d'un groupe d'apprenants. Le coordinateur, qui peut être un tuteur, peut également profiter de ces fonctionnalités pour prendre des décisions de modification du calendrier. L'environnement de supervision de groupes d'apprenants, dans un contexte collaboratif, peut être couplé à plusieurs environnements d'apprentissage.


SIGFAD propose des indicateurs tels que :

- l'état du groupe : personnes présentes, absentes, dormantes;
- l'état du groupe en fonction du pourcentage de personnes actives;
- la productivité d'un utilisateur donné;
- le niveau de réalisation d'une activité donnée.

Les indicateurs sont obtenus par des statistiques sur les interactions enregistrées dans la base de traces. Sur la figure 20, le tuteur demande la liste des membres du groupe « Aquitania » qui sont « présents » (le *type de requête*) entre le 23 Mai et le 31 Mai. Le résultat est « concepteur, bruce, marja, émilie, franck, machin, mia, sylvia, douglas, Anna »


Chapitre 2 : Etat de l'art sur les environnements de supervision

Sur la figure 21, le tuteur veut connaître l'état du même groupe pour la même période. SIGFAD fournit comme réponse, après analyse des traces, que le groupe est dynamique et le pourcentage de personnes actives est de 0,66.



The screenshot shows a Java applet window titled 'Tuteur de Aquitania'. It contains several input fields and buttons. The fields are: 'Port Serveur' (8080), 'Port Client' (8090), 'Date de début' (2001-05-23), 'Date de fin' (2001-05-31), 'Nom' (Aquitania), 'Nom Serveur' (pcjn.univ-fcomte.fr), and 'Nom Client' (sicah2.univ-fcomte.fr). There are 'Envoyer' and 'Annuler' buttons. Below the fields is a section labeled 'Résultat Requête' containing the text: 'concepteur bruce marja emilie frank machin mia sylvia douglas Anna'.

Figure 20 SIGFAD fournit au tuteur la liste de membres (prénoms) du groupe 'Aquitania' présents entre le 23 mai et le 31 mai 2001 (Mbala et al. 2003)



The screenshot shows a Java applet window titled 'Agent du Tuteur'. It contains several input fields and buttons. The fields are: 'Port Serveur' (8080), 'Port Client' (8090), 'Date de début' (2001-05-23), 'Date de fin' (2001-05-31), 'Groupe' (Aquitania), 'Nom Serveur' (pcjn.univ-fcomte.fr), and 'Nom Client' (sicah2.univ-fcomte.fr). There are 'Envoyer' and 'Annuler' buttons. Below the fields is a section labeled 'Résultat Requête' containing the text: 'Dynamique. Le pourcentage de personnes actives est de 0.6666666666666666'.

Figure 21 SIGFAD fournit l'état du groupe 'Aquitania' entre le 23 mai et le 31 mai 2001 (Mbala et al. 2003)

Le système multi-agent SIGFAD a été développé en se basant sur la méthodologie MASE (MultiAgent System Engineering). SIGFAD a trois types d'utilisateur : apprenant, tuteur et coordinateur, chacun a un agent dédié qui migre sur son poste dès qu'il se connecte. Ces agents sont codés comme des applets java, ils résident sur le serveur mais s'exécutent sur le poste client. L'agent superviseur est chargé d'interagir avec la base de données et de fournir des indicateurs.

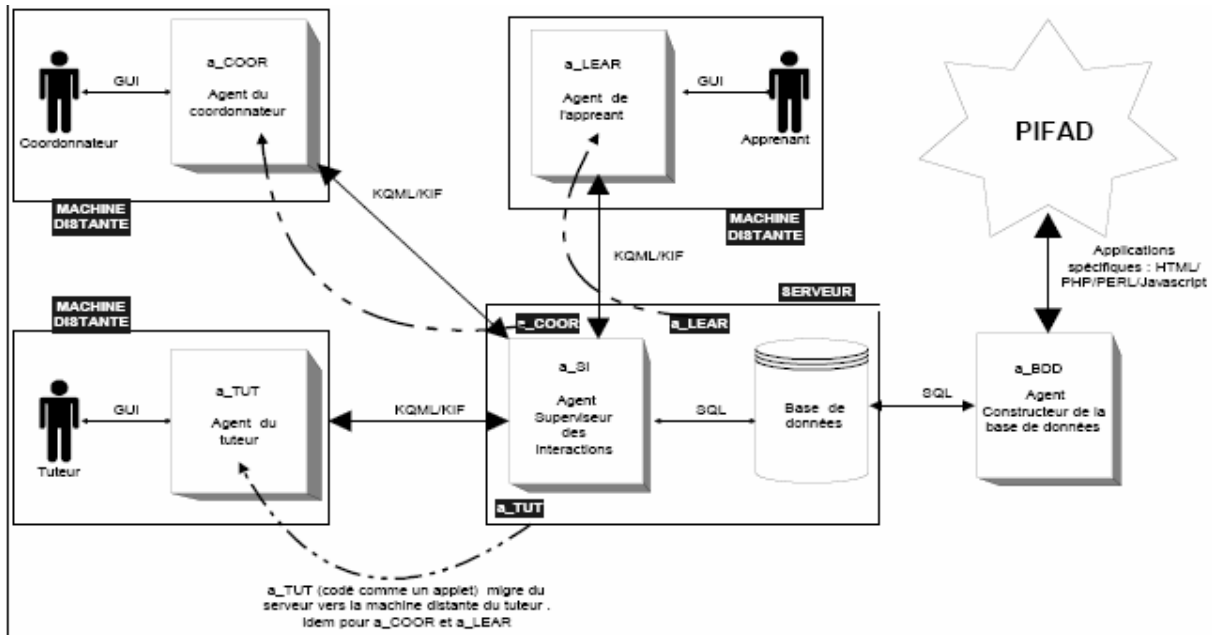


Figure 22 Une vue d'ensemble de SIGFAD (Mbala et al. 2003)

Les indicateurs proposés par SIGFAD peuvent permettre au tuteur de motiver les groupes inactifs et d'aider les apprenants dans leur méthodologie de travail, selon leur productivité et les niveaux de réalisation des activités.

CAF (Fesakis et al. 2004)

CAF (Collaborative Activity Function) est un outil de supervision qui analyse les traces d'apprentissage dans un contexte collaboratif. La supervision peut se faire en synchrone avec une activité d'apprentissage. Le tuteur peut alors prendre des décisions en temps réel. Il est basé sur une technologie à base d'agents où chaque agent est dédié à un apprenant, un tuteur, un chercheur ou représente le système.

L'outil CAF répond à plusieurs besoins du tuteur qui sont : la détection de situations intéressantes de collaboration dans les groupes, la disponibilité des indicateurs en temps réel pendant la collaboration, un niveau d'abstraction des informations (fournies par les indicateurs) adaptable selon la demande, et, la présentation de volumes d'information adaptable également en fonction de la demande. Son objectif est d'estimer le niveau de collaboration, le taux de progrès et plus généralement l'état des groupes d'agents. Il se base sur trois hypothèses :

- L'action collaborative dans un temps donné est proportionnelle aux agents qui ont interagi pendant ce temps ;
- L'action collaborative dans un temps donné est proportionnelle au nombre total d'interactions qui ont été réalisées ;
- Les limites des deux hypothèses précédentes peuvent être contrôlées en estimant l'action collaborative dans un temps donné au produit entre les agents actifs et leurs interactions.

Pour assurer la synchronisation, l'outil subdivise le temps en petits intervalles. L'action collaborative est calculée à la fin de chacun de ces petits intervalles.

D'après une expérimentation, les tuteurs utilisent CAF pour:

- évaluer la collaboration et la contribution de chaque apprenant ;
- choisir le bon moment pour intervenir ;
- évaluer l'intervention des autres tuteurs ;
- choisir des points qui nécessitent d'être détaillés ;

Les tuteurs ont également modifié leurs stratégies en fonction des informations fournies par CAF.

Le classificateur automatique de dialogue de OxentChê-Chat (Vieira et al. 2004)

Le classificateur automatique de dialogue est un outil de supervision couplé au chat Oxentché afin d'analyser toutes les interactions qui y sont faites et de fournir trois types de rapports :

- Un *rapport Instructeur* qui contient des informations générales sur la conversation : durée, nombre de participants, nombre total de contributions, les caractéristiques de collaboration utilisées ;
- Un *rapport Apprenant* qui porte sur un participant : temps passé dans le chat, nombre et type de caractéristiques de collaboration utilisées ;
- Un *rapport Standard* qui dit si le sujet proposé dans le chat a fait l'objet d'une discussion ou pas.

Les tuteurs reçoivent ces rapports sur les groupes et les apprenants individuellement pour les évaluer et adapter leurs propres pratiques pédagogiques. Il est également possible de fournir des indicateurs aux apprenants. Dans ce cas, ils ne peuvent connaître que leurs propres performances. L'objectif est de régler le problème de manque de motivation ainsi que les faibles performances des groupes.

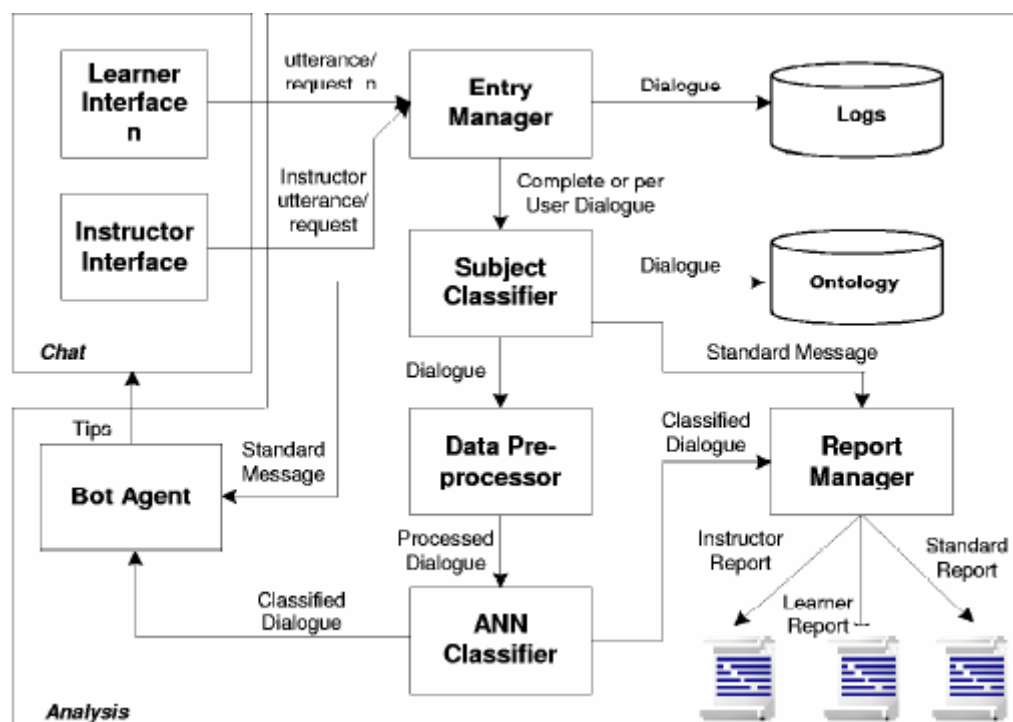


Figure 23 Architecture du classificateur automatique de dialogue (Vieira et al. 2004)

Lorsqu'un utilisateur envoie une intervention dans le chat, celle-ci est transmise au classificateur automatique. Le classificateur est un package d'analyse avec diverses composites. Il utilise une base de traces contenant les traces individuelles ainsi que les dialogues, et une base contenant les ontologies des domaines de discussion. Il dispose également d'un agent logiciel communiquant qui participe aux dialogues.

Lorsqu'une intervention arrive dans le package analyse, le Contrôleur le stocke dans les traces. Si c'est une requête, il retrouve le dialogue ou l'intervention correspondante et l'envoie au classificateur de sujet (*Subject Classifier*). Il fait également suivre les résultats de ses recherches à l'agent communiquant (*Bot Agent*).

Le classificateur de sujet dit si les participants ont discuté du sujet proposé. Pour cela, il se base sur l'ontologie du domaine. Si un apprenant a réellement discuté du sujet, ses interventions sont envoyées à l'Extracteur de caractéristiques pour plus d'analyse. L'extracteur calcule le nombre de caractéristiques collaboratives et renvoie ses résultats au classificateur.

Le Classificateur dira si ces dialogues sont effectifs (nombre de collaborations significatives) ou pas. Pour cela, il utilise des techniques de type réseaux de neurones et arbres de décisions. Le Classificateur envoie tous ces résultats au Report Manager qui se charge de rédiger les rapports.

L'Agent communiquant a pour objectif de maintenir le dialogue en intervenant dès qu'un changement de sujet de discussion est détecté, ainsi que de motiver les apprenants à participer aux conversations.

2.1.2.3 Supervision selon un modèle d'organisation de l'apprentissage

Reflét (Desprès et al. 2004)

Reflét est un environnement de supervision générique dans le sens où il pourrait être utilisé avec un grand nombre d'EIAH ayant une structure de type MAT Module-Activité-Tâches (Desprès et al. 2004). Il est également interopérable car il peut techniquement être intégré à ces EIAH.

L'environnement est destiné aux tuteurs dans les formations à distance mais également aux étudiants pour avoir un retour sur leur avancement par rapport aux objectifs de base. Il permet de visualiser l'état d'avancement d'un étudiant ou d'un groupe.

L'outil Reflét répond à trois préoccupations majeures : la pertinence pédagogique de l'information fournie aux utilisateurs, la généricité de l'outil pour qu'il puisse être utilisé avec plusieurs formations de structures différentes, l'interopérabilité pour qu'il puisse techniquement s'intégrer dans la plupart des plateformes.

Pour fournir l'état d'avancement d'un apprenant, l'outil Reflét s'appuie sur le modèle MAT qui est une représentation générique structurée de la formation. Il a été mis en place à partir de travaux avec des tuteurs et des concepteurs de formation. Le modèle est structuré en 3 niveaux Module, Activité et Tâche. Un module peut contenir des modules ou des activités. Une activité contient des tâches. Une tâche peut être achevée ou pas et c'est l'apprenant qui déclare l'avoir achevée.

Ces informations données par l'apprenant permettent de visualiser son taux de progression. Reflét propose également des indicateurs tels que le pourcentage de réalisation d'une activité, le taux de Complétion des activités.

Lors d'activités d'apprentissage sur la plateforme WebCT, les tuteurs ont pu, grâce à Reflét, faire le suivi des apprenants mais également préparer des réunions pédagogiques sur l'état d'avancement des apprenants et des problèmes tels que l'inactivité ou l'abandon.



Figure 24 Etat d'avancement d'un apprenant dans un module (Desprès et al. 2004)

FORMID Suivi (Guéraud et al. 2004)

Le projet FORMID (FORMation Interactive à Distance) a pour objectif de mettre en place une plateforme permettant au tuteur-formateur de créer des situations actives d'apprentissage (SAA) et de faire un suivi des activités d'une classe virtuelle.

La classe virtuelle est « un groupe d'individus inscrits à un cursus de formation à distance ». La plateforme FORMID est composée de FORMID-Auteur, FORMID-Elève et FORMID-Suivi.

FORMID-Auteur permet au tuteur de créer des situations actives d'apprentissage (SAA) grâce aux OPI et aux scénarios associés. Sur FORMID, les OPI (Objets Pédagogiques Interactifs) sont des simulations.

FORMID-Elève est un moniteur de scénario. Un scénario est composé de plusieurs étapes successives à valider. Le moniteur exécute le scénario en enchaînant les étapes, en évaluant les productions des apprenants et en détectant les situations particulières, afin de fournir le feedback nécessaire au tuteur.

Les traces sont prédéfinies au niveau du scénario pédagogique. FORMID-Elève les collecte et FORMID-Suivi les visualise de manière synthétique. Cette visualisation détermine des indicateurs tels que la progression dans un exercice, la difficulté d'un exercice pour un groupe, la production d'un apprenant à une étape et les interventions des apprenants.



Figure 25 Une interface du tuteur dans Formid Suivi (Guéraud et al. 2004)

Dans la figure 25, nous pouvons voir le scénario pédagogique prévu pour les apprenants. Il est composé d'une succession d'exercices. Chaque exercice est composé de plusieurs étapes. L'interface de supervision nous montre les élèves qui ont réussi ou échoué à chaque étape. En plus de permettre la supervision, FORMID-Suivi permet au tuteur, en fonction de la perception qu'il a des activités des apprenants, d'aider les apprenants en communiquant avec eux via le chat.

Sémantique du parcours de l'apprenant (Bousbia et Labat 2007)

Bousbia et Labat (2007) proposent des indicateurs visant à interpréter le comportement de l'apprenant, à partir de ses interactions dans l'EIAH. Pour cela, ils appliquent les méthodes d'interprétation des parcours web aux parcours pédagogiques.

Le parcours est selon eux un objet constitué de différentes métriques : le contenu de la page visitée la forme de parcours, la stratégie de parcours, la temporalité, le fait que ces parcours soient créés dans des activités individuelles ou collectives.

La détermination des indicateurs est basée sur les résultats d'une enquête faite auprès de tuteurs. Ces indicateurs, qui forment un modèle de supervision, sont définis à différentes échelles (page, contenu et parcours) et varient selon les critères « temps, interaction et parcours » pour chacune de ces échelles.

Le tableau 1 ci-dessous présente une partie de ces indicateurs.

Chapitre 2 : Etat de l'art sur les environnements de supervision

| | Critère | Indicateur | Dimension temporelle | Nature d'activité | Type d'interaction | Niveau |
|---------|-------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--|---------------|
| Page | Temps | Temps passé sur une page du contenu | Une session d'apprentissage | Individuelle | Apprenant- contenu | Bas niveau |
| | Interaction | Taux d'hyperliens ouvert dans la page | La session | Individuelle | Apprenant- contenu | Intermédiaire |
| | Parcours | Intérêt de la page | La session/ La formation | Individuelle | Apprenant- contenu et apprenant- système | Haut niveau |
| Contenu | Temps | Durée totale de consultation du cours | La formation | Individuelle | Apprenant- contenu | Intermédiaire |
| | Interaction | Pourcentage d'activités réalisées | La session/ La formation | Individuelle/ collaborative | Apprenant- contenu et apprenant- système | Haut niveau |
| | Parcours | Chronologie de consultation | La session | Individuelle | Apprenant- contenu | Intermédiaire |

Tableau 1 Exemple d'indicateurs au niveau de la page et du contenu (Bousbia et Labat 2007)

La modélisation du parcours de l'apprenant et la proposition d'indicateurs en fonction de ce parcours sont d'un grand intérêt. La liste d'indicateurs proposée peut être définie pour une grande partie d'environnements informatiques d'apprentissage humain et permet de comprendre l'utilisation par l'apprenant des objets pédagogiques proposés dans ceux-ci.

MOODOG (Zhang et al. 2007)

Moodog est un outil de supervision mis en place pour analyser les fichiers log générés lors des activités des apprenants à travers les systèmes de gestion de contenu CMS (Content Management System). Il a été mis en place pour le CMS Moodle.

Avant d'analyser les logs, Moodog filtre les traces qui lui semblent significatives pour les activités d'apprentissage. Ces traces sont ensuite visualisées pour permettre au tuteur d'avoir une perception des activités de l'ensemble de la classe mais également de pouvoir s'informer sur un seul apprenant. Les apprenants ont également la possibilité de voir leur progression. Moodog possède un service d'incitation des apprenants à accéder aux ressources qu'ils n'ont pas encore téléchargées.

L'objectif est de mettre en place un système d'interrogation des traces avec une liste prédéfinie de requêtes (d'indicateurs). Pour obtenir ces requêtes, les traces filtrées ont été classées en quatre groupes :

- Données sur les cours. Elles permettent d'avoir des indicateurs sur le nombre d'apprenants qui s'y sont inscrits, le nombre d'apprenants qui peuvent le voir, le nombre de fois que chaque apprenant y a accédé, l'apprenant le plus actif, ou le cours le plus populaire ;
- Données sur les apprenants. Elles permettent au tuteur de connaître le nombre de fois qu'un apprenant a accédé à un cours, le nombre de sessions que chaque apprenant a ouvert, le temps qu'un apprenant a mis sur un CMS, le nombre de ressources auxquelles un apprenant n'a pas accédé et concernant les forums, le nombre de discussions qu'il a initiées et sa participation (nombre de messages envoyés) à celles existantes ;
- Données sur les ressources. Elles permettent de connaître les ressources qui ont été consultées ou pas, les apprenants qui y ont accédé et le temps qui y a été passé. Elles révèlent également la liste des apprenants qui n'ont jamais accédé à ces ressources.
- Données sur les temps d'accès. Elles permettent de dire quand les apprenants sont en train d'interagir sur Moodle.

Les indicateurs sont présentés sur l'interface de Moodle.

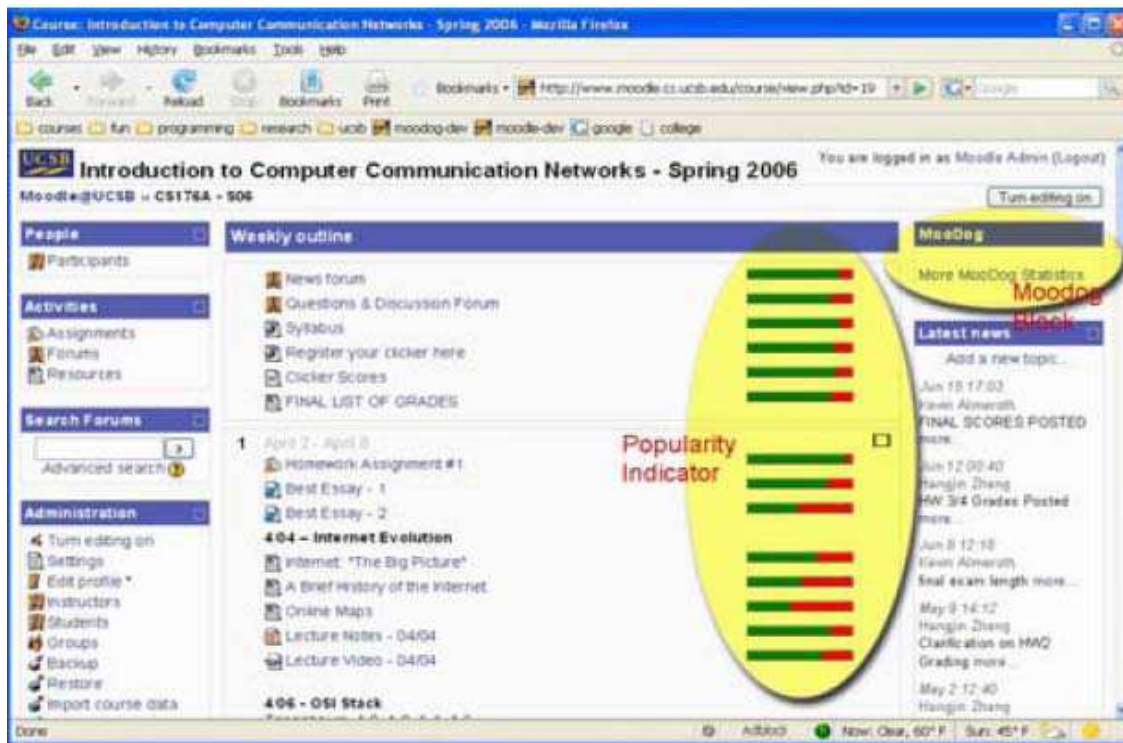


Figure 26 Interface de Moodle avec des indicateurs de Moodog (Zhang et al. 2007)

Sur la figure 26, les barres de progressions représentent des ressources. La partie verte correspond au pourcentage d'apprenants ayant accédé au cours et la partie rouge, le pourcentage qui n'y a pas encore accédé.

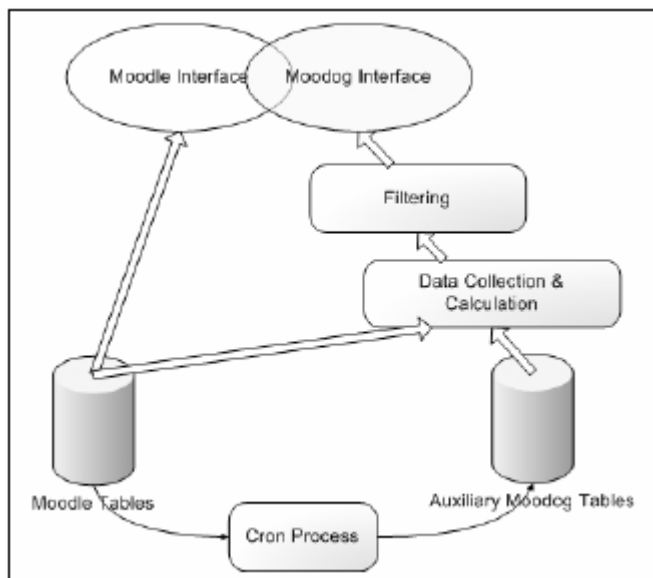


Figure 27 Architecture de Moodog

L'architecture de Moodog (fig. 27) est constituée de quatre composantes. L'interface Web visualise les indicateurs (une partie de ces indicateurs est intégrée à Moodle). Le filtre permet de sélectionner les traces voulues. Cette sélection peut être faite par le tuteur. Le composant « Data Collection et Calculation » correspond à la phase principale d'analyse. Il utilise des données de la Base de trace Moodle, mais également des données additionnelles de la Base de trace auxiliaire Moodog. Les données de la « Auxiliary Moodog Tables » sont obtenues en

appliquant des scripts sur la base de traces Moodle, pour obtenir des informations sur les activités (exemple : des informations sur les sessions des apprenants).

2.1.3 Techniques de Visualisation pour la supervision

Systeme de visualisation d'une classe virtuelle (France et al. 2007)

Le système de visualisation est un outil qui permet au tuteur d'avoir une perception des états des apprenants, des parcours effectués et des activités réalisées ou en cours dans l'EIAH. C'est un système à base de traces (Settouti et al. 2006) qui peut être couplé à un EIAH tracé. Cette visualisation se matérialise par des figures de Chernoff (1973), des liens et des bulles. Elle propose au tuteur d'avoir une perception du parcours des apprenants dans le scénario d'apprentissage prescrit, pour ensuite jouer des rôles pédagogique ou social de régulation. Chaque figure représente un apprenant, et la forme des yeux est liée au nombre d'événements dont il est l'auteur. Cette figure fournit l'état d'un apprenant. Les bulles représentent des activités pédagogiques. Leurs tailles et leurs formes varient au cours de l'apprentissage selon le nombre d'apprenants qui y sont impliqués. Les liens dans le graphe constituent le changement d'activité d'un apprenant. Plus le nombre d'apprenants ayant suivi un parcours est important, plus le lien représentant ce parcours est épais.

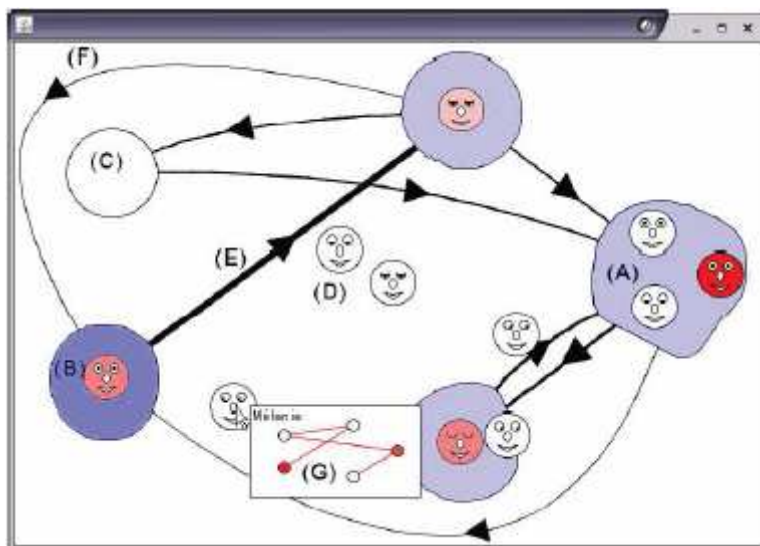


Figure 28 Vue d'une classe virtuelle (France et al. 2007)

Pour réguler l'apprentissage, le tuteur peut agir directement sur les objets présentés sur l'interface (fig.28). En cliquant sur une figure, il peut apporter son aide à l'apprenant de diverses manières, par exemple en ouvrant une session de chat pour discuter ou en lui proposant un fichier d'aide. Selon France et al. (2007), le tuteur peut à partir de la perception qu'il a des activités des apprenants, « mesurer l'alignement des apprenants sur le scénario pédagogique proposé, découvrir de nouveaux parcours à l'initiative d'apprenants et s'en inspirer pour adapter son scénario initial ».

A travers les bulles, le tuteur peut s'adresser à l'ensemble des apprenants engagés dans une même activité, il peut leur ajouter ou supprimer des outils de collaboration.

Avec les liens, le tuteur peut spécifier l'ordre dans lequel il veut que les activités se déroulent, donc créer un scénario d'apprentissage.

L'outil de supervision de France et al. (2007) propose au tuteur une interface graphique fortement interactive qui lui permet d'avoir une vue d'ensemble de la classe virtuelle active, de modifier les scénarios pédagogiques et de discuter avec ses apprenants.

CourseVis (Mazza et al. 2004)

CourseVis est un outil de visualisation de traces obtenues à partir de la plateforme d'apprentissage WebCT. C'est un système interopérable qui peut se greffer à tout système de gestion de cours (course management system ou CMS). CourseVis s'intéresse aux traces d'accès au web. Il utilise des techniques de visualisation d'information qui apportent une sémantique un peu plus complexe aux traces collectées par les CMS.

L'environnement de supervision permet au tuteur, par la vision synthétique des fichiers Log, d'être conscient d'aspects sociaux, comportementaux et cognitifs de sa classe virtuelle.

- Aspects sociaux : communications entre apprenants. Cet indicateur montre pour chaque message l'expéditeur, la date et l'objet, et pour chaque apprenant le nombre de messages envoyés ;

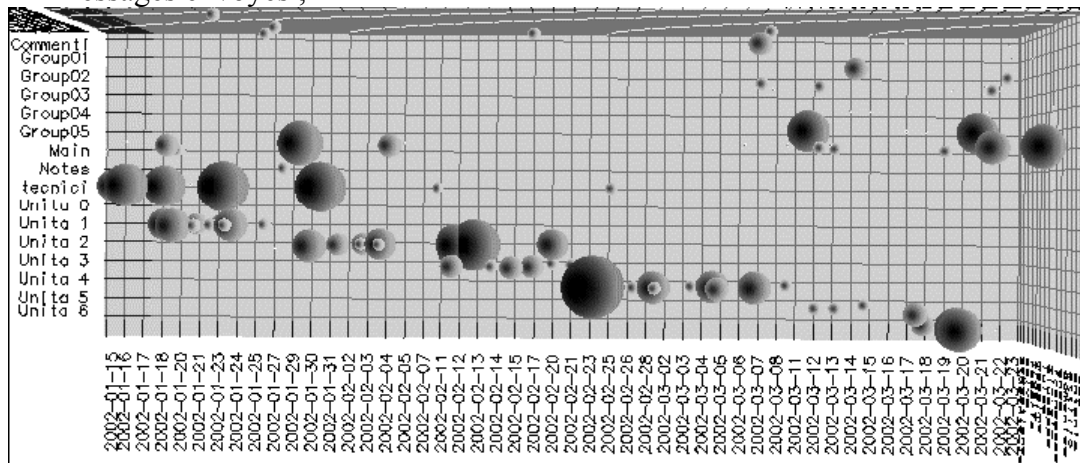


Figure 29 Visualisation de discussions liées à des cours ou à des groupes d'apprenants (Mazza et al. 2004)

- Aspects cognitifs : performances dans le cours et pour des concepts spécifiques. La visualisation a pour but de montrer les apprenants qui ont des difficultés avec un concept et de permettre la comparaison entre les progrès d'un apprenant et ceux de la classe ;

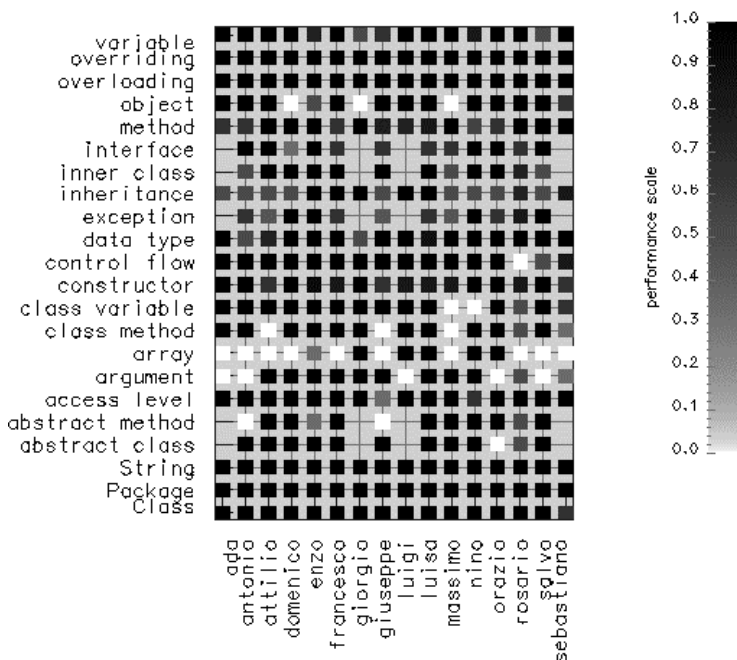


Figure 30 Visualisation de la performance des apprenants aux quizz (Mazza et al. 2004)

- Aspects comportementaux : Activité des apprenants. Il se base sur les accès aux pages, les accès totaux au cours, la progression dans le planning du cours, les messages, la soumission des quizz et devoirs.

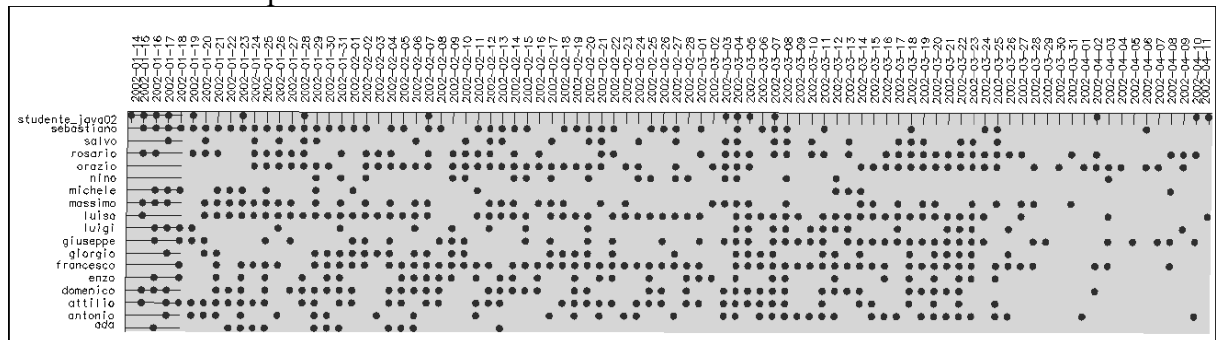


Figure 31 Les accès aux cours (Mazza et al. 2004)

L'évaluation du système avec des instructeurs a montré que CourseVis est utile et efficace. Un instructeur a même conclu que les graphes aident à réfléchir, ce qui est l'objectif des concepteurs du système. « The goal is to help teachers become aware of some social, behavioral and cognitive aspects and further identify tendencies in their classes or individuals that need special attention » (Mazza et al. 2004).

DynMap (Rueda et al 2004)

Basé sur les cartes conceptuelles, DynMap permet de visualiser des modèles de l'apprenant qui sont sous la forme de cartes conceptuelles. Ces modèles peuvent être mis en place manuellement par l'enseignant ou automatiquement par le système.

DynMap présente au tuteur le parcours des apprenants tout au long du processus d'apprentissage et lui permet de mieux comprendre le modèle de l'apprenant. Rueda et al (2004) dit du modèle de l'apprenant qu'il comprend les caractéristiques d'apprentissage d'un apprenant et leur évolution durant tout le processus d'apprentissage.

Dans DynMap, le tuteur peut superviser individuellement les apprenants. Lorsqu'un apprenant est choisi, le système fournit la carte conceptuelle des croyances du système par rapport à l'état des connaissances de l'apprenant et son évolution. Les figures 32 et 33 montrent les états initial et final d'une session. Dans la figure 32, l'apprenant commence à travailler sur l'unité d'apprentissage A1 (à droite). Chaque unité d'apprentissage est composée d'un ensemble de connaissances et l'acquisition d'une connaissance doit passer par des activités d'apprentissages telles que la lecture de texte, la visualisation de vidéo, etc. L'apprenant a commencé à lire un texte.

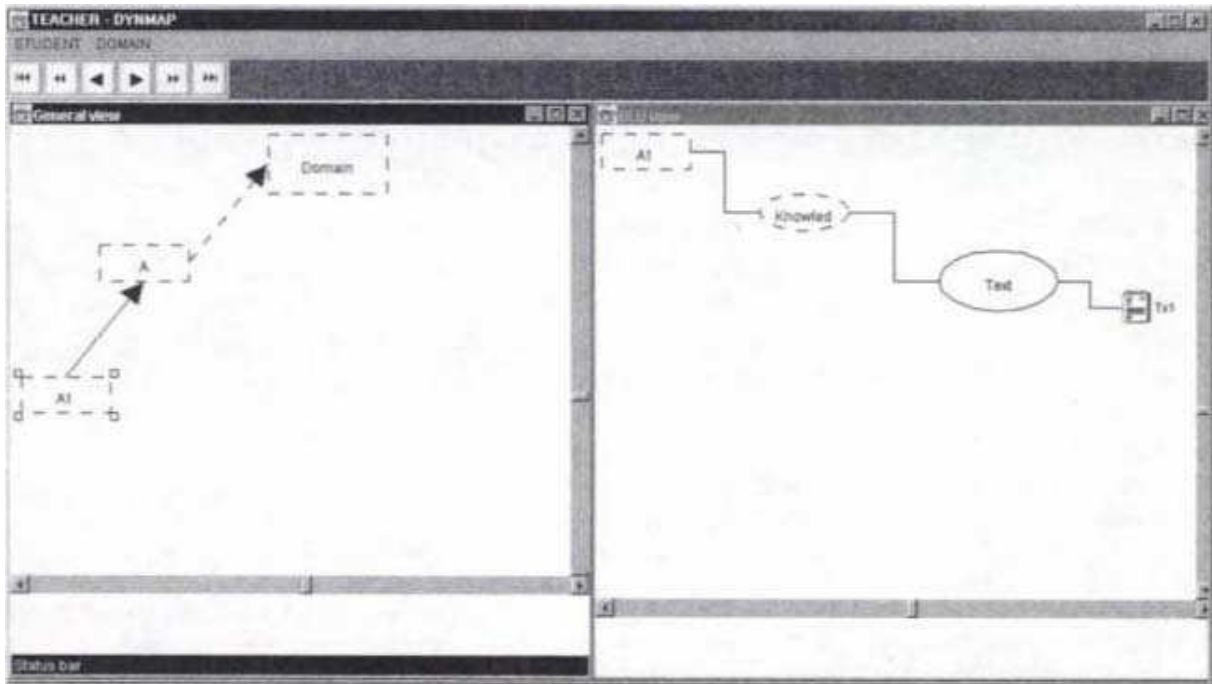


Figure 32 DynMap : Interface tuteur avant le début de la session (Rueda et al. 2003)

Dans la figure 33, DynMap montre que l'unité d'apprentissage A1 a été apprise (ligne continue) et une connaissance a été acquise. L'apprenant a ici lu des textes, et regardé une vidéo.

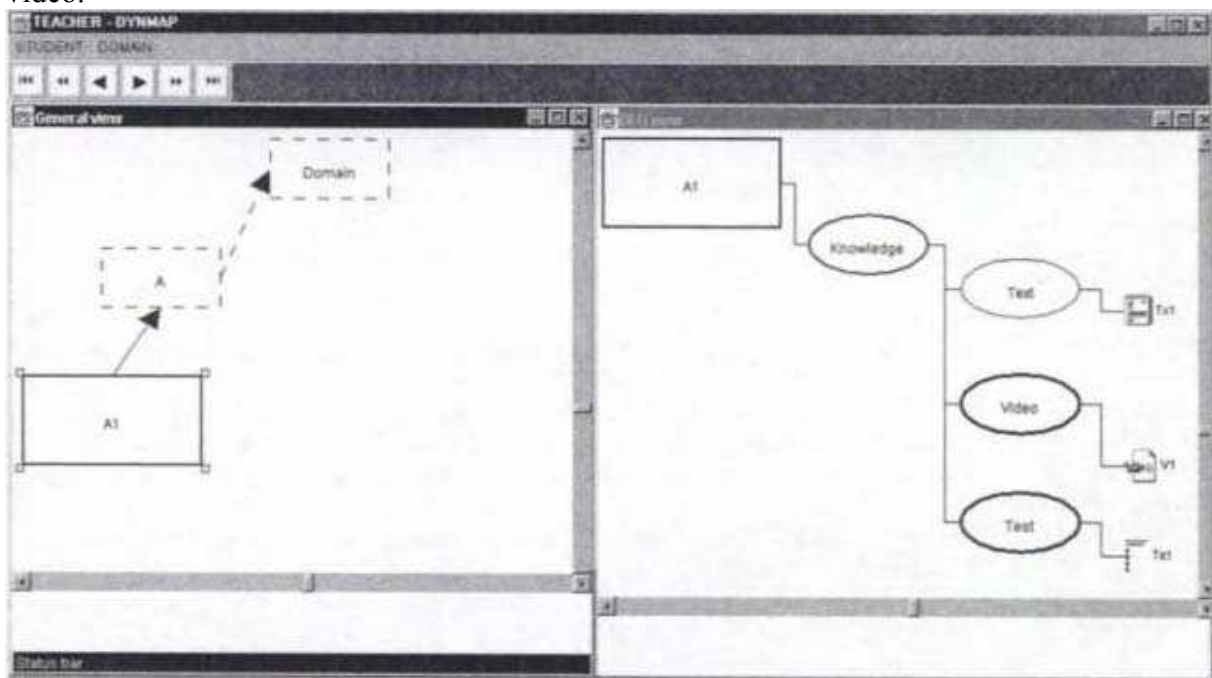


Figure 33 DynMap : Interface tuteur à la fin de la session (Rueda et al. 2003).

L'outil DynMap permet ainsi au tuteur de voir le parcours des apprenants à travers les unités d'apprentissages traitées et surtout d'avoir une perception des connaissances apprises. On peut ainsi dire que les indicateurs : parcours de l'apprenant et connaissances apprises, sont fournis. L'objectif de DynMap est de permettre au tuteur de mieux comprendre les résultats du tuteur intelligent, c'est à dire la définition des connaissances apprises par l'apprenant.

Même si l'intérêt n'est pas porté sur l'aide au tuteur à jouer ses rôles, nous pensons que les indicateurs proposés faciliteraient la tâche du tuteur aux niveaux cognitif et pédagogique.

2.2 Définition des indicateurs par le tuteur

Les environnements que nous présentons dans ce paragraphe ont la capacité de fournir au tuteur les indicateurs nécessaires à ses différents rôles. En effet, ils lui permettent de les définir lui-même.

Outil d'interrogation des traces du Reading Tutor (Mostow et al. 2005)

L'EIAH Reading Tutor permet à des enfants d'apprendre à lire. Il est doté d'un tuteur intelligent qui se base sur les lectures (à voix haute) des élèves pour les corriger. Cet apprentissage a généré beaucoup de traces qui sont stockées dans une base de données MySQL. Un outil d'interrogation générique et flexible a été mis en place pour permettre l'analyse de ces traces. Il est à la base destiné à améliorer le tuteur intelligent et donc ses interactions avec les apprenants. Sa généralité lui permet d'être adaptable à d'autres utilisateurs et d'autres tuteurs, dont les tuteurs humains.

L'analyse de ces traces a pour objectif :

- de révéler des bugs ;
- d'identifier les interactions tuteur intelligent-apprenant indésirables, les cas où des phénomènes spécifiques apparaissent ;
- de formuler des hypothèses en identifiant des caractéristiques que des exemples montrent pertinents et de les valider en vérifiant qu'ils couvrent les exemples de mêmes types.

Quelque soit l'objectif d'analyse, la requête est de type « select * from utterance order by rand() limit 10 ». Elle permet d'avoir au hasard les dix interactions selon les critères spécifiés. Le hasard (« rand() ») assure la variété dans les interactions résultantes et évite le biais. Les requêtes peuvent porter sur les questions auxquelles les apprenants ont mis le plus de temps pour répondre, les moments auxquels les apprenants ont été bloqués pendant une période suffisante pour que le tuteur intelligent intervienne.

```
select * from story_encounter
where Exit_through = 'user_goes_back'
and (unix_timestamp(End_time) - unix_timestamp(Start_time) > 60)
order by rand()
limit 10
```

| Start_Time | End_Time | Machine_Na... | Session_St... | Exit_Through | Stor... | Us | Session_Start_Time | Exit_Through | Story_Directory | User_ID | Student_Level | Initiative |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------|--------|-------------------------|----------------|----------------------------------|-------------------|---------------|--------------------|
| 2004-10-20 ... | 2004-10-20 ... | LISTEN01-30... | 2004-10-20 ... | user_goes_... | New... | fKD5- | 2004-12-02 08:30:31.609 | user_goes_back | New Story Fall 2003 - Earthworms | mTJ5-7-1995-12-03 | A | student_initiative |
| 2004-12-02 ... | 2004-12-02 ... | LISTEN01-32... | 2004-12-02 ... | user_goes_... | New... | mTJ5- | 2004-12-02 08:34:17.156 | user_goes_back | New Story Fall 2003 - Earthworms | mTJ5-7-1995-12-03 | A | student_initiative |
| 2005-01-07 ... | 2005-01-07 ... | LISTEN01-27... | 2005-01-07 ... | user_goes_... | New... | mMB4 | | user_goes_back | New Story Fall 2003 - Earthworms | mTJ5-7-1995-12-03 | A | student_initiative |
| 2004-12-08 ... | 2004-12-08 ... | LISTEN01-27... | 2004-12-08 ... | user_goes_... | CMU... | fTS6- | | user_goes_back | New Story Fall 2003 - Earthworms | mTJ5-7-1995-12-03 | A | student_initiative |
| 2005-01-07 ... | 2005-01-07 ... | LISTEN01-30... | 2005-01-07 ... | user_goes_... | CLO... | mDYÉ | | user_goes_back | New Story Fall 2003 - Earthworms | mTJ5-7-1995-12-03 | A | student_initiative |
| 2004-12-02 ... | 2004-12-02 ... | LISTEN01-30... | 2004-12-02 ... | user_goes_... | New... | mDF6 | | user_goes_back | New Story Fall 2003 - Earthworms | mTJ5-7-1995-12-03 | A | student_initiative |
| 2004-11-10 ... | 2004-11-10 ... | LISTEN01-33... | 2004-11-10 ... | user_goes_... | New... | fEF7- | | user_goes_back | New Story Fall 2003 - Earthworms | mTJ5-7-1995-12-03 | A | student_initiative |
| 2005-01-05 ... | 2005-01-05 ... | LISTEN01-27... | 2005-01-05 ... | user_goes_... | New... | fTVV7- | | user_goes_back | New Story Fall 2003 - Earthworms | mTJ5-7-1995-12-03 | A | student_initiative |
| 2004-11-18 ... | 2004-11-18 ... | LISTEN01-28... | 2004-11-18 ... | user_goes_... | CMU... | fDA7- | | user_goes_back | New Story Fall 2003 - Earthworms | mTJ5-7-1995-12-03 | A | student_initiative |
| 2005-01-06 ... | 2005-01-06 ... | LISTEN01-33... | 2005-01-06 ... | user_goes_... | New... | fLR7- | | user_goes_back | New Story Fall 2003 - Earthworms | mTJ5-7-1995-12-03 | A | student_initiative |

Figure 34 Une requête et le tableau d'événements résultant (Mostow et al. 2005)

On peut ensuite faire des hypothèses sur les interactions et appliquer des méthodes statistiques pour les tester. L'outil met en place des arbres d'interaction hiérarchisés, fournit un résumé

lisible des événements, et facilite l'utilisation en permettant d'ajuster les critères à prendre en compte.

Mostow et al. (2005) montrent comment l'outil s'adapte à une autre base de traces. L'outil est selon eux adaptable à toute base dont les traces comprennent un apprenant, l'ordinateur qu'il a utilisé, la date de début de la session et la date de fin.

L'outil d'interrogation des traces d'interaction dans le Reading Tutor apporte un plus dans le sens où les indicateurs sont variés car définis selon les besoins de l'utilisateur. Au-delà des multiples rôles qu'il peut permettre à un tuteur humain de jouer, son utilisation pose des problèmes d'adaptabilité à cet utilisateur qui n'a pas forcément les connaissances pré-requises pour formuler les requêtes avec un langage informatique.

Outil d'extraction de patrons dans les traces d'interaction (Harrer et al. 2005)

Harrer et al. (2005) proposent un outil dédié aux tuteurs, mais également aux chercheurs, dans le but d'identifier des séquences intéressantes dans les processus d'apprentissage. Il a été mis en place pour améliorer la compréhension des apprentissages dans des contextes collaboratifs. Il peut être utilisé sur un fichier log conforme à un format générique défini. Une fonctionnalité de transformation permet de convertir tout fichier log en ce format générique.

Les patrons peuvent être obtenus de deux façons. Ils peuvent être explicitement spécifiés ou automatiquement extraits en fonction de paramètres configurables, pour retrouver les séquences typiques dans les traces. Au tuteur, le système propose de spécifier les patrons voulus. A partir de cet outil, il peut identifier des séquences typiques dans les traces, marquant une collaboration ou des situations d'apprentissage.

Les patrons demandés peuvent être retrouvés grâce à des algorithmes ou des outils d'interrogation. Pour cela, il convient au préalable de filtrer les fichiers log pour ne garder que les traces significatives par rapport aux activités d'apprentissage. Le tuteur peut spécifier le patron voulu de trois façons différentes :

- Spécification de règles par type d'action et composition de règles : l'outil dispose de la liste de toutes les actions effectuées et identifiées à partir des fichiers log. Le tuteur peut choisir des actions puis les lier pour en faire des règles. Un exemple de règle est : « Trouver un objet de type Classe UML qui a été créé puis renommé ». Le tuteur peut également composer des règles à partir de celles préexistantes;
- Spécification par l'exemple : l'utilisateur peut directement spécifier une règle en sélectionnant une action dans le fichier log ;
- Création de règles à partir d'un langage d'interrogation (en Prolog). Cette méthode est destinée aux experts, c'est-à-dire les utilisateurs qui maîtrisent Prolog et qui ont les compétences pour définir ces règles.

La figure 35 montre l'interface de visualisation de l'outil d'extraction de patrons. Le patron identifiant « les séquences de discussion sur le chat qui sont suivies par une phase de construction » a été extrait automatiquement (visualisé à droite). A gauche de la figure, les séquences similaires au pattern sont visualisées et au centre, on a la chronologie de ces séquences (en abscisse le temps et en ordonnée les élèves).

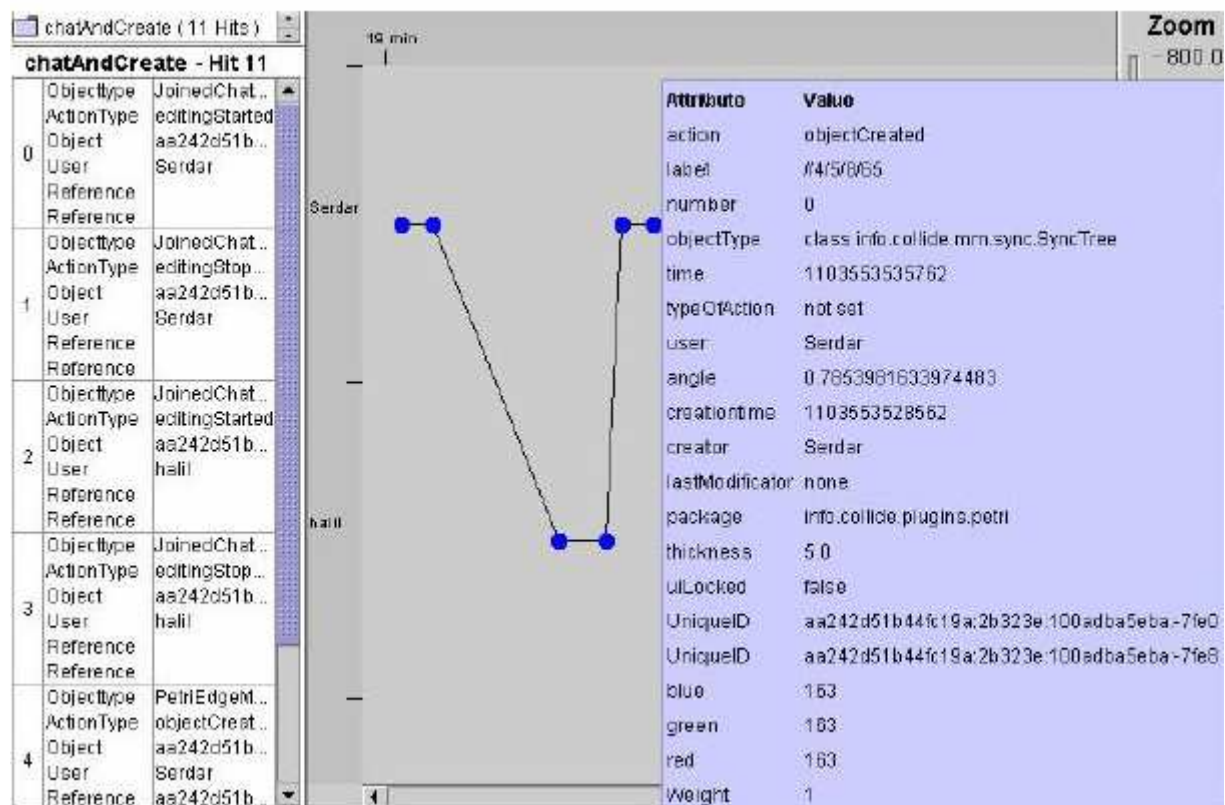


Figure 35 Interface de visualisation des patrons (Harrer et al. 2005)

TADA-Ed (Merceron et Yacef 2004)

TADA-Ed (Tool for Advanced Data Analysis for Education) est un outil d'analyse des traces issues de l'EIAH logic-ITA basé sur le web et porté sur l'apprentissage des preuves formelles. A chaque étape, l'EIAH vérifie la validité des réponses des apprenants et la liste des erreurs faites. La liste des erreurs possibles est prédéfinie et des noms explicites pour le tuteur ont été donnés à chacune. Des règles permettent d'identifier ces erreurs. Les traces laissées par chaque apprenant (historique de parcours, erreurs,..) sont stockées par logic-ITA dans un fichier individuel. Lorsque TADA-Ed veut analyser les traces, il récupère tous ces fichiers et les stocke dans une base de traces. TADA-Ed utilise des techniques de datamining et propose des outils de visualisation de graphe.

Il peut fournir comme indicateurs : les erreurs les plus fréquentes, les exercices validés par tous, les apprenants qui n'ont réussi à faire aucun des exercices entamés, les groupes d'apprenants par capacité, les apprenants qui ont réussi ou échoué regroupés selon leur méthodologie d'apprentissage (classification avec un arbre de décision), les erreurs qui s'associent souvent. Cette liste est exhaustive car TADA-ED permet au tuteur de définir les indicateurs à visualiser, en signifiant les algorithmes à utiliser et les paramètres à prendre en compte.

Ces indicateurs peuvent aider les tuteurs à jouer un rôle pédagogique en proposant aux apprenants des activités adaptées à leur niveau, et un rôle cognitif en les aidant à comprendre les connaissances par rapport auxquelles ils ont fait des erreurs.

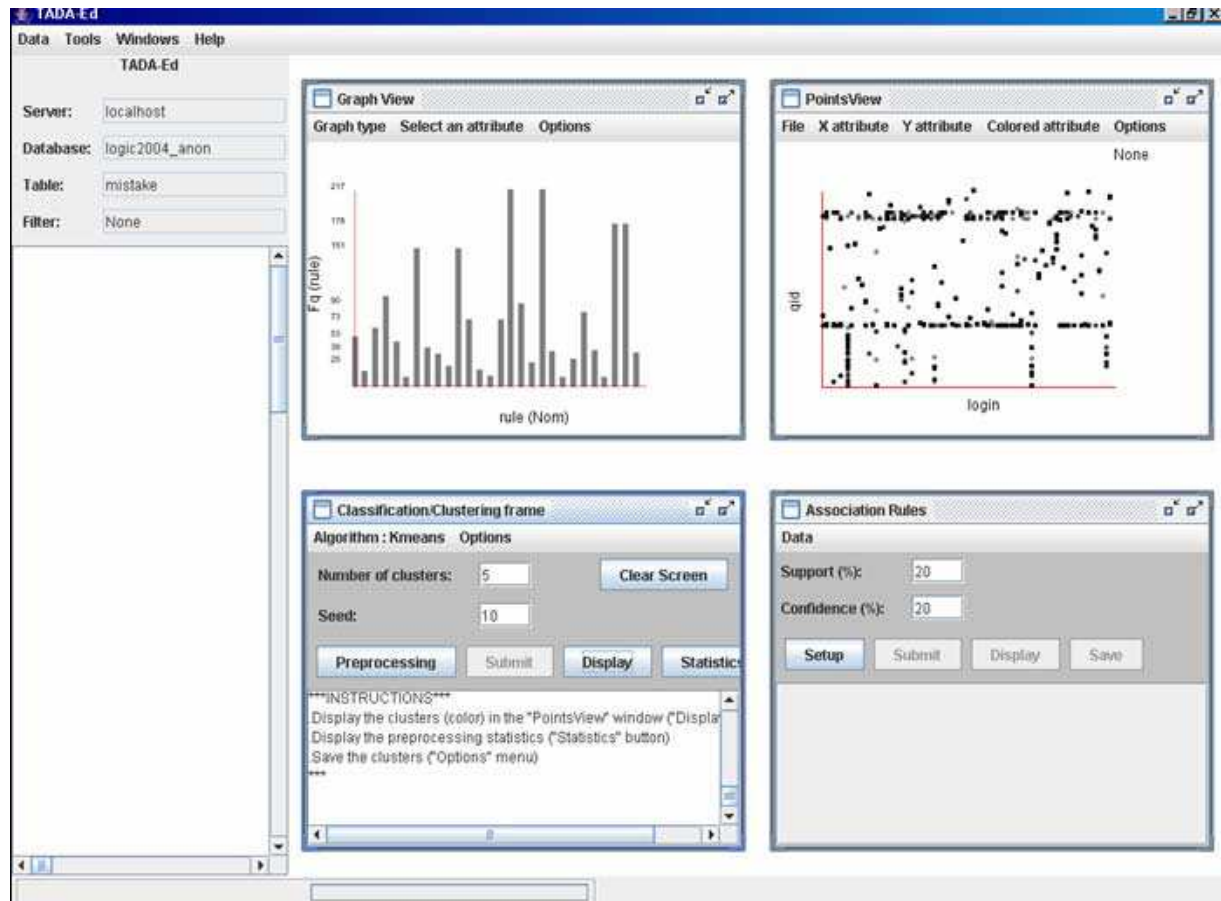


Figure 36 Interface de TADA-ED

La figure 36 présente les quatre principaux outils de visualisation de TADA-ED :

- *Graph View* visualise des histogrammes ;
- *Points View* est un graphe bi-dimensionnel qui permet de représenter en abscisse ou en ordonnée autant des nombres que des valeurs discrètes (ex : le login des apprenants) ;
- *Classification Clustering* contient les algorithmes de « *k-means, hierarchic clustering and decision trees* » pouvant être utilisés sur les traces ;
- *Association Rules* contient deux algorithmes de règles d'association (l'algorithme A-priori et une adaptation de l'algorithme A-priori qui prend en compte la séquence) ;

La zone blanche à gauche est destinée aux messages log.

Toutes ces fenêtres sont liées. Le *Graph View* permet par exemple de visualiser la fréquence des erreurs des apprenants, chaque barre correspondant à une erreur. Lorsque le tuteur clique sur une barre, un message décrivant l'erreur apparaît sur la zone blanche et les points correspondant dans la *Point View* sont colorés. Ces points peuvent correspondre aux apprenants qui ont faits ces erreurs. Le tuteur peut ensuite utiliser l'algorithme k-means (fenêtre *Classification Clustering*) pour former des groupes de même niveau. Les résultats du clustering seront affichés sur la fenêtre *Point view*, chaque cluster ayant une couleur bien distincte. Les statistiques peuvent également être affichées sur la fenêtre *classification clustering* (fig. 37). Les algorithmes de règles d'association peuvent ici être utilisés pour détecter les erreurs qui s'associent souvent.

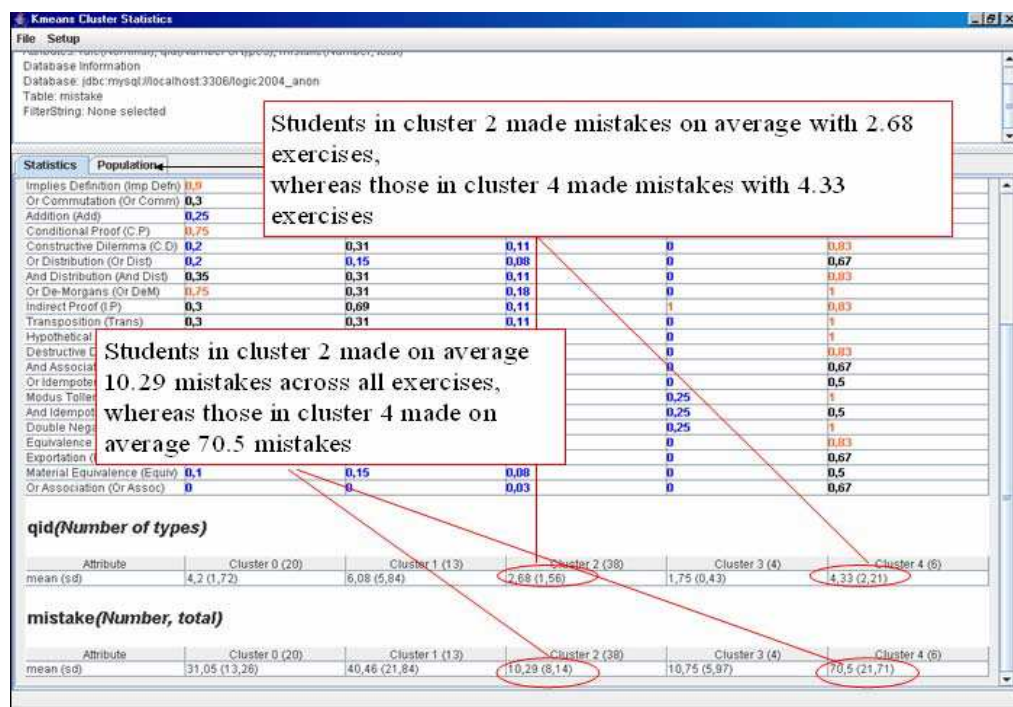


Figure 37 Exemple de Statistiques sur les clusters

TADA-ED est un outil de supervision qui fournit des indicateurs intéressants obtenus à partir de techniques d'exploitation pointues. Ces algorithmes doivent être appliqués par les tuteurs eux-mêmes, selon les informations qu'ils veulent obtenir.

Architecture ouverte de supervision hiérarchique et distribuée (Voisin et Vidal 2007)

Cette architecture basée sur les modèles (Model Driven Architecture MDA) a été mise en place pour permettre la supervision des activités sur plusieurs plateformes différentes avec des ressources disponibles dans un ou plusieurs viviers de connaissances. Elle est ouverte et basée sur des technologies web qui facilitent le déploiement de ses composantes.

L'architecture vise une supervision non seulement d'une activité d'apprentissage mais en général de toute autre activité passant par une exploitation des objets pédagogiques disponibles.

La supervision s'appuie sur une modélisation de l'EIAH qui est une extension du métamodèle CIM (Common Information Model) et dont l'architecture est conforme au WBEM (Web Based Enterprise Management). Un EIAH sera donc composé de ressources, d'utilisateurs et de relations possibles entre les différentes entités.

Pour être validée, l'architecture a été implémentée avec deux plates-formes INES⁵ et MOODLE, et quatre viviers de connaissance : le KPS de la fondation ARIADNE, MERLOT, EDNA et le LRC.

L'application LOMA (Learning Object Management tool) permet d'émettre des requêtes et de visualiser l'ensemble des traces d'exploitation des ressources pédagogiques. Cette exploitation se décline en la recherche, la consultation, le téléchargement, l'indexation, et

⁵Les plateformes INES (<http://pf-ch.uvt.rnu.tn>) et Moodle (<http://pf-moodle.uvt.rnu.tn>) ont été beaucoup utilisées par l'Université Virtuelle de Tunis

l'importation des ressources pédagogiques. Les informations fournies lors de la supervision sont :

- des listes d'instances (de ressources) enregistrées dans le référentiel CIM et leurs propriétés ;
- des listes d'objets pédagogiques stockés dans des viviers de connaissance ;
- des cursus déployés au sein des plateformes d'apprentissage ainsi que les objets pédagogiques intégrés dans ces cursus ;
- les objets pédagogiques que les utilisateurs ont eux-mêmes exploités.

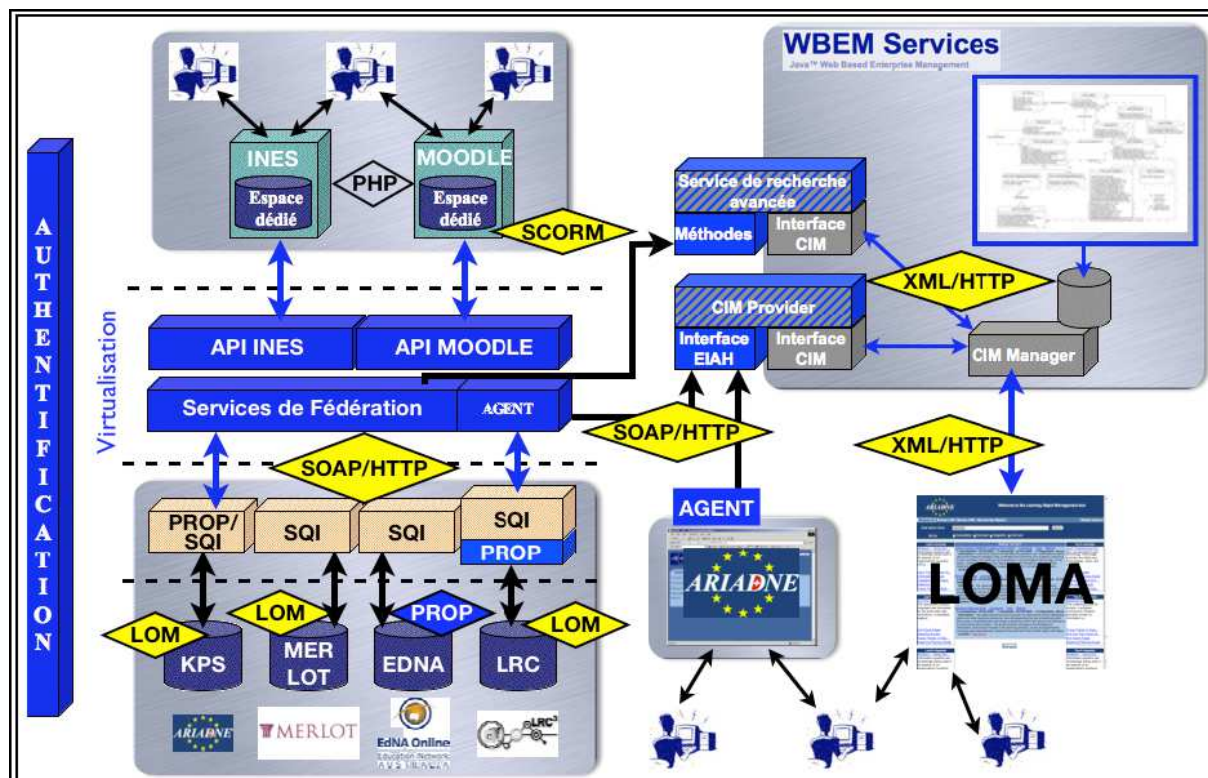


Figure 38 Architecture de Supervision proposée (Voisin et Vidal 2007)

L'outil LOMA permet au tuteur de connaître l'utilisation des objets pédagogiques disponibles dans les différents viviers de connaissance, par un apprenant.

2.3 Conclusion

La supervision de l'activité d'apprentissage dans un contexte d'apprentissage en ligne, ainsi que sa régulation sont des problématiques d'actualité. La pertinence des solutions proposées pour ces problématiques est dans une certaine mesure garante de l'efficacité de ce nouveau mode d'apprentissage. Les travaux étudiés précédemment se sont attelés à la mise en place d'environnements répondant à la problématique de supervision. Des différences, souvent liées à l'objectif précis de recherche, dans ce même contexte, sont observées selon les propositions faites.

Proposer au tuteur l'ensemble des indicateurs dont il a besoin pour superviser son activité d'apprentissage est un objectif très ambitieux. Mostow et al. (2005), Harrer et al. (2005), Merceron et Yacef (2004), Vidal et Voisin (2007) pourraient l'atteindre car ils permettent au tuteur de définir lui-même ces indicateurs. Cette définition passe par un système de requête dans l'outil d'interrogation des traces de Mostow et al. (2005) et dans le système LOMA de l'architecture ouverte et distribuée de Vidal et Voisin (2007). Harrer et al. (2005) proposent au tuteur de définir des patrons d'activité des apprenants, qui permettront par la suite de

Chapitre 2 : Etat de l'art sur les environnements de supervision

retrouver dans les traces toutes les séquences d'activité similaires à ces patrons. A travers l'outil TADA-ED, Merceron et Yacef (2004) laissent au tuteur la liberté de choisir les algorithmes à appliquer aux traces pour dégager des tendances sur les apprenants, leurs erreurs et leurs capacités. Ces environnements de définition d'indicateurs sont utilisés pour la supervision en mode asynchrone et permettent de faire un bilan sur l'activité d'apprentissage. Leur utilisabilité par des tuteurs reste difficile à plusieurs niveaux. La phase d'identification des indicateurs nécessaires peut être coûteuse en terme de temps. Elle fait émerger un nouveau rôle pour le tuteur, autre que l'évaluation des apprenants et la régulation de leurs activités. Pour être mené à bien, ce nouveau rôle devra être étudié puis instrumenté. La définition des indicateurs dans les environnements de supervision nécessite des formations techniques importantes et parfois longues pour comprendre l'utilité des algorithmes de datamining, l'utilisation des langages de requêtes et de programmation (tel que Prolog). L'interprétation des indicateurs peut être difficile car la quantité d'informations fournie est importante. Avec toutes ces difficultés, on peut se demander si c'est le rôle du tuteur de définir des indicateurs.

Beaucoup de travaux se sont fixés pour objectif de définir un ensemble d'indicateurs pour permettre au tuteur de se consacrer à sa tâche non moins complexe de régulation de l'apprentissage. L'objectif de base étant de faciliter la tâche du tuteur et de diminuer sa charge de travail grâce aux indicateurs fournis, cette option a l'avantage de ne pas lui en rajouter. Parmi ces environnements, Teutsch et al (2004) ont opté pour la stratégie de recensement des rôles du tuteur, avant de proposer des indicateurs utiles. Ils ont identifié les rôles cognitif, pédagogique et social de régulation des activités d'apprentissage. Le tableau de bord est destiné à superviser les activités d'apprentissage se déroulant sur l'EIAH Croisières, dédié à l'apprentissage à distance du FLE (Français Langue Etrangère). Il fournit au tuteur des alertes sur les événements récents s'étant déroulés sur Croisières, lui permettant ainsi d'être réactif. Il lui donne également des informations sur le parcours de l'apprenant et le taux de réussite dans ses activités. Ces indicateurs permettent au tuteur d'être informé sur la participation de chaque apprenant et de pouvoir prendre la décision de motiver un apprenant à faible participation, de proposer des activités pouvant aider les apprenants à faible taux de réussite à une activité. Cette proposition, bien qu'intéressante, reste limitée dans les rôles qu'elle permet au tuteur de jouer. En effet, le rôle technique n'a pas été traité.

Certains travaux de notre état de l'art se sont fixés des objectifs plus restreints.

Les environnements Pepistereo (Vincent et al. 2005), Diane (Hakem et al. 2005), Anaïs (Chachoua et al. 2007) et Assistentment (Razzaq et al. 2005), centrés sur la construction du modèle de l'apprenant, proposent aux tuteurs des indicateurs liés aux connaissances des apprenants dans divers domaines des mathématiques. Ces indicateurs, définis pour un domaine d'apprentissage, précis peuvent permettre au tuteur de connaître la capacité des apprenants, leurs erreurs, les méthodologies de résolution utilisées, pour ensuite les aider dans l'acquisition des connaissances proposées (rôle cognitif) et en leur proposant des activités adaptées (rôle pédagogique).

Les environnements TACSI (Laperrousaz 2006), SIGFAD (Mbala et al. 2004), CAF (Fesakis et al. 2004) et le classificateur de dialogue d'OxenCHE-Chat (Vieira et al. 2004) sont des résultats du large domaine de recherche qu'est l'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur. Les indicateurs ont pour objectif d'estimer la participation de chaque apprenant dans son groupe et de révéler des informations sur les réseaux sociaux créés. Ils permettent au tuteur de motiver les apprenants à faible participation et de favoriser la collaboration dans les

Chapitre 2 : Etat de l'art sur les environnements de supervision

groupes (rôle social), mais également de fournir des activités adaptées aux apprenants ou groupes selon leur productivité (rôle pédagogique).

Les environnements Reflet (Desprès et al. 2004), Formid Suivi (Guéraud et al. 2004), Moodog (Zhang et al. 2007), et le modèle de Bousbia et Labat (2007) ont identifiés les indicateurs à fournir lorsque l'apprentissage a une organisation définie. Reflet fournit des indicateurs pour tout EIAH respectant le modèle MAT (Module-Activité-Tâche) et propose des statistiques sur l'utilisation des ressources à ces différents niveaux. Formid Suivi permet de superviser une activité d'apprentissage basée sur le modèle de scénario Formid scénario. Il fournit la progression de chaque apprenant sur ce scénario ainsi que la réussite aux activités. Moodog est destiné à superviser des apprentissages sur des EIAH de type CMS, plus précisément Moodle qui propose un ensemble de modules, chaque module comprenant un ensemble de ressources. Moodog permet au tuteur de choisir les indicateurs voulus à partir d'une liste prédéfinie. Ces indicateurs sont des statistiques sur l'utilisation des modules et ressources par les apprenants et sur les temps mis. Le modèle d'indicateurs de Bousbia et Labat (2007) assimile le parcours d'apprentissage au parcours Web et fournit un ensemble d'indicateurs reflétant le comportement de l'apprenant dans ce parcours. Ces environnements et modèle mettent en évidence le parcours de l'apprenant dans un apprentissage organisé. Ils permettent au tuteur d'être conscient de l'utilisation par les apprenants des parcours pédagogiques qu'il a mis en place. Dès lors, il peut décider de motiver les apprenants qui avancent peu dans ces parcours (rôle social), de modifier les parcours pour de prochains apprentissages - reverse engineering- ou de proposer des activités personnalisées aux apprenants (rôle pédagogique).

Parmi les environnements qui proposent un ensemble d'indicateurs, certains visent à faciliter l'interprétation des informations fournies au tuteur. Pour cela, ils implémentent des techniques de visualisation facilitant la compréhension des indicateurs d'analyse d'interaction par le tuteur. La classe virtuelle de France et al (2007) visualise par des figures de Chernoff (1973) les parcours des apprenants dans le scénario prescrit, également visibles sur l'interface. Coursevis (Mazza et al. 2004) visualise à partir de fichiers log, des aspects comportementaux, sociaux et cognitifs de l'apprentissage. En se basant sur la méthode des cartes conceptuelles, DynMap visualise des modèles de l'apprenant et met en évidence les connaissances acquises et les activités réalisées pour les acquérir. Les indicateurs proposés peuvent porter sur différents aspects de l'activité d'apprentissage (le parcours, les connaissances acquises, la participation à un travail de groupe) et pourraient certainement aider le tuteur à jouer un ou plusieurs de ses rôles. L'objectif n'est pas ici de couvrir l'ensemble des rôles du tuteur, mais de fournir une visualisation facilitant l'interprétation par le tuteur. A travers des expérimentations, les travaux cités ici ont montré que cet objectif a souvent été atteint.

L'étude de ces travaux ayant comme nous l'objectif de proposer au tuteur les indicateurs dont il a besoin pour jouer ses rôles, nous constatons que :

- ceux qui laissent le tuteur définir ses indicateurs sont difficilement utilisables, et adaptés à une supervision en asynchrone ;
- ceux qui proposent un ensemble d'indicateurs prédéfinis ne couvrent pas l'ensemble des rôles du tuteur.

Entre ces deux types de propositions, une architecture évolutive permettant d'intégrer progressivement des indicateurs est une solution qui éviterait au tuteur de définir lui-même les indicateurs, et qui lui donnerait en même temps la liberté et la possibilité d'acquérir de nouveaux indicateurs en cas de besoin.

Chapitre 2 : Etat de l'art sur les environnements de supervision

Pour intégrer dans une telle architecture des indicateurs pouvant aider les tuteurs dans tous leurs rôles, la réutilisation est une solution dans la mesure où la définition de certains indicateurs nécessite des connaissances spécifiques (exemple la didactique de l'algèbre pour un indicateur sur les méthodologies de résolution utilisées sur une équation, les réseaux sociaux pour un indicateur identifiant la centralité d'intermédiaire de chaque apprenant).

Le concept de réutilisation des indicateurs n'est pas implémenté dans les environnements que nous avons étudiés. Pour atteindre notre objectif - couvrir tous les rôles -, cette implémentation passe par l'identification des types d'indicateurs nécessaires pour jouer chaque rôle du tuteur.

Dans le chapitre 3 nous proposons un modèle qui, lorsqu'il est implémenté, permet au tuteur d'avoir quelques indicateurs lui permettant de jouer chacun de ses rôles. Ce modèle servira de base à l'instrumentation de la réutilisation des indicateurs afin d'offrir au tuteur un environnement de supervision pouvant intégrer les types d'indicateurs nécessaires à tous ses rôles.

Partie 2 : Contributions

Chapitre 3 : Modèle CAS (Cognitif - Activité - Social) de Supervision

Nos travaux visent à proposer des modèles et outils en réponse à la problématique de l'instrumentation du tutorat dans un contexte d'apprentissage en ligne. Dans ce chapitre nous tentons précisément de répondre à la question : « quels types d'indicateurs sont nécessaires au tuteur pour lui permettre d'avoir une bonne perception de l'activité de ses apprenants et de pouvoir décider par la suite des actions de régulation en adéquation avec cet apprentissage ? ».

Notre état de l'art a montré qu'il était difficile pour les environnements de supervision, qui proposent un ensemble fini d'indicateurs au tuteur, de couvrir tous ses rôles. Il existe plusieurs types d'indicateurs définis pour donner une perception de diverses dimensions d'une activité d'apprentissage. Chaque type d'indicateurs pourrait permettre au tuteur de jouer un ou plusieurs rôles. Pour atteindre notre objectif, il faudrait identifier les types d'indicateurs qu'on peut fournir au tuteur puis étudier leur utilité pour ses rôles. C'est ce que nous faisons dans ce chapitre.

Nous étudierons dans une première partie une typologie d'indicateurs existante et nous nous positionnerons par rapport à celle-ci. A partir de là, nous proposerons dans une seconde partie le modèle d'indicateurs CAS (Cognitif, Activité, Social).

La troisième partie de ce chapitre présente une enquête menée auprès de 7 tuteurs en ligne, dans le cadre des expérimentations du projet MATES, dans le but de déterminer leurs besoins en terme de typologie d'indicateurs pour des objectifs particuliers de régulation.

3.1 Typologie d'Indicateurs d'apprentissage

Ce paragraphe présente en premier lieu une typologie d'indicateurs, définie dans le cadre des projets ICALT (Dimitracopoulou et al. 2004) et IA (Dimitracopoulou et al. 2005). Ensuite, nous nous positionnons par rapport à ces travaux.

3.1.1 Une typologie basée sur l'utilité des indicateurs

Le projet ICALT, pionnier dans la modélisation des indicateurs d'analyse a proposé une typologie d'indicateurs selon l'utilité de ceux-ci pour les acteurs de l'apprentissage. Selon Dimitracopoulou et al. (2004), les indicateurs peuvent permettre au tuteur :

- «(a) to get an insight on their students actions and activities, that could allow to understand how a product is produced*
- (b) an insight on their process, in order to assess easily (quickly) their process (e.g. applied strategies), that could allow he/she to diagnose difficulties or abilities*
- (c) automatic assessment (or elements that could help them in an easy comparative assessment) of the quality of their product (eg. number or structure of nodes & links in a concept map)*
- (d) an insight on the groups actions, in order to understand how a collaboration is produced*
- (e) an insight of the singular students actions, participating in a group, in order to understand how collaboration is/was evolved*
- (f) assessment or elements for assessment of their students collaborative or more general social attitude (indicators that give an insight on aspects of their collaborative attitude or wider social attitude) »(Dimitracopoulou et al. 2004)*

Chapitre 3 : Modèle CAS de supervision

La perception fournie par ces indicateurs peut permettre au tuteur de comprendre comment les apprenants ont répondu aux problèmes qui leur sont posés, de diagnostiquer leur erreurs et même de les évaluer. Selon Dimitrakopoulou et al. (2004), (a), (b) et (c) correspondent à une dimension cognitive, et (d), (e) et (f) à une dimension sociale.

Dans le projet IA (Dimitracopoulou et al. 2005), cette typologie est étendue avec une troisième catégorie « affective ». Selon Dimitracopoulou et al. (2005), cette dimension affective est nouvelle dans le domaine de l'analyse des interactions. L'impact des sentiments, des affects sur l'apprentissage explique la multiplication des travaux liés à cette dimension affective.

| Indicators Purpose | Cases | Examples, Authors |
|--------------------|--|--|
| Cognitive | Process of activity | “Average depth level of a discussion tree”, Gerosa et al. (2004) “Number of posts per topic” FLe2, Morch (2003) “Process exposure, COPRET tool, Petrou (2005) |
| | Product of activity | “Objects ratio” Gabner et al. (2003) “Activeness of a discussion topic”, i-bee, Michozuki et al. (2005), “Creativity”, Barros et al. (2002), |
| Social | Workspace awareness | Authorship of each material, Activity Analysis/MS New posts from last login, phdbb |
| | Communication level Coordination level Collaboration level Relations Building | Opinion difference visualiser, Baker et al. (2003) Interactions Level, Schummer et al (2005) “Activity Level”, Jermann (2004) Actors Degree Centrality, Martinez et al.(2003), “Group Cohesion”, Reyes et Tchounikine (2003) |
| Affective | Motivation expression | “Individual motivation” over time (one graph per person) (<i>well being function</i>) Reimann (2003) (AIED) |
| | Motivation enhancement | “status in the society” (gold, bronze, silver member) Hierarchical membership and, Rewarding, Vassileva et al. (2004), ITS |

Tableau 2 Les Objectifs des indicateurs d'analyse d'interaction (Dimitracopoulou et al. 2005)⁶

Le tableau 2 proposé par Dimitracopoulou et al. (2005) présente les trois types d'indicateurs suivants :

- **Cognitif** : qui concerne les interactions des participants reliées à la tâche et au contenu de l'activité de dialogue. Ces indicateurs se réfèrent au processus de l'activité (ex : la profondeur de l'enchaînement) ou au produit/contenu de l'activité (ex : le sujet des contributions de chaque membre) ;

⁶ Certaines références de ce tableau ont été mises à jour. Le tableau initial (dans Dimitracopoulou et al. 2005, p.39) présentait quelques erreurs révélées par la bibliographie proposée (p.63).

- **Social** : qui se réfère aux modes ou à la qualité de communication ou même de coopération et de collaboration d'un petit groupe ou d'une communauté, participant à un travail dans un même environnement d'apprentissage. Dimitracopoulou et Bruillard (2006) classent les indicateurs sociaux significatifs en trois ensembles : ceux qui favorisent la prise de conscience de l'espace du travail (ex : le nombre de messages postés, le nombre de messages lus dans un forum), ceux qui rendent compte de la qualité de collaboration (ex : le degré de présence, le niveau d'interaction) et enfin ceux qui fournissent un état des relations entre participants (ex : la centralité d'un acteur, la cohésion d'un groupe) ;
- **Affectif** : qui caractérise la façon plus ou moins personnelle et approfondie d'interagir. Dans les travaux actuels, Dimitracopoulou et Bruillard (2006) identifient deux cas : des indicateurs sur l'état émotionnel et de motivation qui peuvent procurer un sentiment de bien être ; des indicateurs représentant le statut social d'un membre dans le groupe de participants qui peuvent être déterminés par les autres membres ou par le système. Selon Dimitracopoulou et Bruillard (2006), « des recherches sur le plan sociocognitif ont ainsi mis en évidence l'importance des dimensions affectives dans le processus d'autorégulation ».

3.1.2 Positionnement de notre typologie

La typologie de Dimitracopoulou et al. 2005 distingue 3 types d'indicateurs (Cognitif, Social, Affectif). Dimitracopoulou et Bruillard (2006) expliquent que « la nature d'un indicateur correspond aux aspects de l'interaction qu'il tend à faire émerger ».

Notre objectif est de permettre au tuteur d'avoir une perception de l'ensemble de l'activité d'apprentissage pour ensuite jouer l'ensemble de ses rôles. Le modèle CAS que nous proposons devra donc informer le tuteur sur les différents aspects d'une activité d'apprentissage. Il comprend les types Cognitif, Activité et Social. La dimension affective n'y est pas représentée. L'exploitation automatique de traces d'interaction lors d'une activité d'apprentissage n'informe pas directement, à notre avis, sur l'état émotionnel, les sentiments, les affects des apprenants. Il faut soit demander l'avis des apprenants sur leurs sentiments (exemple : l'indicateur « Etat émotionnel et de motivation » (Reimann 2003)), soit ajouter une couche d'interprétation à des indicateurs informant sur l'activité réel (exemple 1 : le « statut social » (Reyes et Tchounikine 2005) qui informe sur le prestige d'un individu obtenu à partir d'un indicateur social sur la centralité ; exemple 2 : le « statut dans la société » (Vassileva et al. 2004) qui correspond au nombre de fichiers déposés et dont les valeurs sont subdivisées en catégories hiérarchiques).

D'après Dimitracopoulou et al. (2005), la dimension affective est souvent rencontrée dans un contexte d'apprentissage collaboratif et des indicateurs sociaux permettent d'avoir indirectement cette dimension affective. La catégorie affective de la taxonomie du projet IA ne se situe pas au même niveau que les deux autres cognitive et social, identifiées préalablement dans le projet ICALT. Elle nécessite une interprétation à partir d'indicateurs reflétant l'activité réelle, à moins de demander directement l'avis des apprenants.

Nous choisissons dans le modèle CAS de nous limiter à une typologie qui informe sur l'activité réelle. L'interprétation faite des indicateurs de notre modèle pourrait faire émerger la dimension affective et peut-être d'autres dimensions qui ne sont pas encore traitées dans le domaine de l'analyse des interactions.

3.2 Le Modèle CAS

Dans ce paragraphe, nous décrivons tout d'abord la taxonomie d'indicateurs d'analyse d'interaction (CAS) que nous proposons pour le tuteur et nous posons des hypothèses sur les rôles que chacun permet de jouer, en nous appuyant sur notre état de l'art.

L'annexe 1 classe les indicateurs rencontrés dans notre état de l'art selon le Modèle CAS et recense les traces qui sont utilisées pour chacun. A partir de ce travail de synthèse se dégagent quelques invariants dans la typologie de traces utilisée pour définir chaque type d'indicateur. La deuxième partie du paragraphe s'efforce d'identifier ces types de traces. La dernière partie résume l'ensemble de ces propositions avec une modélisation mettant en correspondance les indicateurs du modèle CAS et les traces nécessaires à leur définition.

3.2.1 La Taxonomie d'Indicateurs

Les indicateurs d'analyse d'interaction révèlent des informations sur l'activité d'apprentissage qui a été menée sur une plateforme. Ils peuvent concerner différents aspects de cette activité. Notre typologie d'indicateurs est basée sur la classification des indicateurs que nous avons rencontrés dans notre état de l'art (chapitre 2), selon la dimension de l'activité d'apprentissage qu'ils permettent de révéler au tuteur. Elle est également liée à la typologie issue des projets ICALT et IA que nous avons présentés précédemment.

3.2.1.1 Indicateurs Cognitifs

Les indicateurs Cognitifs donnent des informations sur l'acquisition des connaissances lors de leur utilisation dans des activités d'apprentissage. Dans la typologie des projets ICALT et IA, ils correspondent aux indicateurs cognitifs liés à la production lors de l'activité (voir tableau 2, « Product of activity »)

Ces indicateurs ont été souvent rencontrés dans les environnements qui s'intéressent à fournir des indicateurs dans un domaine d'apprentissage en particulier. On peut citer Pépistéreo (Vincent et al. 2005), Diane (Hakem et al. 2005), Assistentement (Razzaq et al. 2005).

La dimension de l'activité d'apprentissage, qui est révélée par ces types d'indicateurs, concerne les signes de l'acquisition des connaissances proposées à l'apprenant. Ces indicateurs tentent de répondre aux questions : l'apprenant a-t-il compris les connaissances qui lui ont été enseignées ? Comment les a-t-il utilisées ?

Ces signes peuvent être par exemple les erreurs faites par les apprenants (Hakem et al. 2005), les connaissances utilisées (Chaachoua et al. 2007), le taux de réussite (Vincent et al. 2005), le niveau de difficulté (Razzaq et al. 2005). Ces indicateurs peuvent être plus globaux et permettre de faire des bilans sur les niveaux de connaissance des apprenants. On peut par exemple avoir la classification des apprenants en groupes (Merceron et Yacef 2004, Vincent et al. 2005), la classification des erreurs qu'on retrouve souvent ensemble chez les mêmes apprenants (Merceron et Yacef 2004).

Ces indicateurs permettraient au tuteur d'aider l'apprenant dans le processus d'acquisition des connaissances (**rôle Cognitif**), et de lui proposer des activités adaptées à son niveau de connaissance (**rôle pédagogique**).

3.2.1.2 Indicateurs d'Activité

Les indicateurs d'Activité informent sur l'utilisation des ressources pédagogiques et outils informatiques disponibles sur la plateforme d'apprentissage. Ils correspondent dans la typologie des projets ICALT et IA aux indicateurs cognitifs liés au processus de l'activité (voir tableau 2, « Process of activity »).

Le terme « activité » ne correspond pas dans notre typologie à l'« activité d'apprentissage » qui permet d'obtenir tous les types d'indicateurs du modèle CAS. Le qualificatif d'« activité » que nous donnons à ces indicateurs se rapporte à l'adjectif « actif » qui reflète son comportement sur la plateforme quant aux objets pédagogiques qu'il doit exploiter.

Les indicateurs d'activité sont mis en place dans une majeure partie des environnements que nous avons étudiés dans le chapitre précédent.

Les informations fournies, sont dans le cas présent, liées au support de l'apprentissage qui est ici une plateforme en ligne et son contenu. Les tuteurs ont besoin d'être informés sur l'utilisation des ressources et scénarios qu'ils proposent. Ces indicateurs peuvent informer sur le parcours (navigation) de l'apprenant à travers les ressources de la plateforme d'apprentissage (Bousbia et Labat 2007), sur l'exécution effective d'un scénario d'apprentissage (Guéraud et al. 2004, France et al. 2007), sur l'utilisation d'une ressource donnée (Després et al. 2004).

L'accès et la manipulation du contenu d'une plateforme peut renseigner le tuteur sur le comportement de l'apprenant, son assiduité, sa motivation.

On peut distinguer deux sous-types :

- les indicateurs d'activité qui reflètent une utilisation normale des ressources et outils de la plateforme, nous les appellerons **indicateurs de Parcours**. Un exemple est la liste des activités réalisées par un apprenant (France et al. 2007). Ce type d'indicateurs peut permettre au tuteur de décider du « comment » aider un apprenant à organiser son apprentissage (**rôle pédagogique**). Il peut se baser sur des indicateurs de type fréquentation de la plateforme, temps passé sur une ressource donnée, pour décider de motiver des apprenants (**rôle social**).
- les indicateurs d'activité qui reflètent une utilisation anormale de ces mêmes ressources et outils. Ces indicateurs informent sur d'éventuels problèmes techniques que peuvent avoir les apprenants lors de l'utilisation des ressources ou outils de la plateforme. Nous les appellerons **indicateurs Techniques**. Nous n'avons pas trouvé d'indicateurs techniques dans les environnements de supervision étudiés. Néanmoins les environnements permettant au tuteur de définir lui-même ses indicateurs pourraient permettre d'en obtenir. Un exemple d'indicateur technique est le nombre de fois qu'un apprenant a appuyé successivement sur un bouton de validation. Lorsque ce nombre est supérieur à un certain seuil, (par exemple 3), il pourrait s'agir d'un problème technique de l'apprenant, lié à l'incompréhension de l'interface ou à un bug du système. Ce type d'indicateurs est à la base de l'assistance du tuteur pour une meilleure utilisation de l'outil, ou une résolution d'un dysfonctionnement du système (**rôle technique**).

3.2.1.3 Indicateurs Sociaux

Les indicateurs Sociaux portent sur les relations dans un groupe d'apprenants, les positions que les apprenants occupent au sein de ce groupe, leur participation au travail collaboratif et le travail du groupe. Ces indicateurs ne sont mis en place que dans un contexte de travail collaboratif, où le qualificatif social prend tout son sens dans les groupes d'apprenants. Ils correspondent principalement aux indicateurs sociaux dans la typologie des projets ICALT et IA.

On peut citer le statut sociométrique d'un apprenant (Laperrousaz 2006), l'état du groupe en fonction du pourcentage de personnes actives (Mbala et al.2003), le niveau de collaboration d'un groupe (Fesakis et al. 2004), le nombre de messages envoyés par un apprenant (Mazza et al. 2004).

Ce type d'indicateur permettrait au tuteur de décider de comment animer l'apprentissage collaboratif pour favoriser la collaboration, la cohésion du groupe et la participation de chaque apprenant (**rôle social**). Il peut également servir de base à la proposition d'activités adaptées aux groupes selon leur productivité (**rôle pédagogique**).

3.2.2 Types de traces nécessaires aux indicateurs du Modèle CAS

La modélisation des traces est une thématique de recherche en pleine expansion. Le chapitre 1 en présente quelques résultats dont les modèles de traces Musette (Champin et al. 2004) et Trèfle (Egyed-Zsigmond et al. 2002), le Système à Base de traces (Settoui 2006) et les travaux du projet TRAILS du réseau européen kaleidoscope (Schoonemboom et al. 2004).

Loin de proposer un modèle de traces, notre objectif dans ce paragraphe se limitera à identifier les types de traces qui permettent d'obtenir chaque type d'indicateur présenté précédemment dans notre taxonomie.

La trace d'utilisation de MUSETTE reflète, lorsque ce dernier est appliqué au contexte EIAH, l'utilisation par l'apprenant des objets pédagogiques présents sur une plateforme d'apprentissage. Elle permet d'obtenir des indicateurs d'activité. Lorsque l'activité d'apprentissage se déroule sur un espace de travail collaboratif, l'utilisation d'opérations d'échange peut être à l'origine de traces permettant de définir des indicateurs sociaux. Cependant les traces d'utilisation de MUSETTE sont à un niveau d'abstraction qui ne prévoit pas de fournir les réponses des élèves, à l'origine des indicateurs Cognitifs. Le modèle Trèfle est une adaptation de MUSETTE au contexte de l'annotation.

Le projet TRAILS propose une taxonomie de traces issues de l'utilisation d'objets pédagogiques (OP) et de la navigation entre ces OP interconnectés par des liens temporels et conceptuels. Les traces obtenues à partir d'un réseau de liens temporels peuvent être des traces de manipulation d'OP préexistants, des discussions, ou des traces de réaction (« visit and result trails »). Les traces cognitives sont issues de la navigation entre des OP liés par des liens conceptuels. Cette taxonomie a été mise en place à partir de l'étude de traces issues de divers EIAH. Nous pensons qu'elle est assez large pour permettre d'identifier les traces nécessaires aux indicateurs. Dans TRAILS, la trace est l'ensemble d'OP⁷ généré lors de l'activité d'apprentissage. D'après Schoonemboom et al. (2004), «Trails are initially categorised according to the type of LO forming the majority of the trail». Les traces sont donc, dans cette classification, catégorisées selon le type d'OP qui forme la majeure partie de la trace. Dans une tâche de discussion, la majeure partie des traces sera constituée d'OP de types discussion. On qualifiera donc de trace de discussion, l'ensemble des traces générées lors de la réalisation de la tâche. Les traces de discussion peuvent permettre d'obtenir des indicateurs cognitifs. Si l'apprenant a consulté des cours ou des messages antérieurs pendant la discussion, nous pensons que d'autres types d'indicateurs peuvent être définis et qu'il est donc dommage de réduire l'ensemble à une trace de discussion.

Nous pensons qu'il serait utile de se situer à un niveau de considération plus élémentaire pour la trace, qui considère l'unité de trace générée lorsqu'un événement survient sur la plateforme d'apprentissage, suite à une action de l'apprenant.

En nous basant sur la taxonomie de TRAILS, nous allons, dans le sous-paragraphe suivant, proposer une typologie de traces plus fine, nécessaire au modèle CAS. Le niveau de nos traces est à l'image du nom que nous leur donnons « les événements » et dont elles sont issues. Nous nous intéressons ici aux traces numériques textuelles (TRAILS traite les traces numériques ou non). Nous l'illustrerons ensuite avec les traces générées par l'expérimentation MATES.

⁷ Dans le projet Trails, les traces sont des objets pédagogiques créés en manipulant les OP existants

3.2.2.1 Les Événements sur une plateforme d'apprentissage

Durant l'activité d'apprentissage, les apprenants agissent sur la plateforme d'apprentissage et sur l'ensemble des OP qu'elle contient. Ces actions génèrent des **événements** qui sont à l'origine des traces. Les traces sont utilisées dans le contexte de la supervision pour calculer des indicateurs de type Cognitif, Activité et Social, et donner au tuteur une perception de l'activité réelle.

La typologie de traces, présentée dans ce paragraphe, est basée sur la taxonomie TRAILS. L'étude des indicateurs de notre état de l'art confirme la correspondance entre ces types de trace et le Modèle CAS.

Traces de type Manipulation d'OP → Indicateur d'Activité

La manipulation des objets pédagogiques présents dans une plateforme d'apprentissage est à la base de l'enregistrement de traces.

Lorsqu'il est sur la plateforme d'apprentissage, l'apprenant peut manipuler ces OP en accédant à leur contenu et en naviguant d'un OP à un autre.

Lorsqu'il est sur un objet pédagogique, il peut accéder à certains de ses composants techniques qui peuvent être des boutons, des barres de défilement (scrollbar), un menu, (...). Toutes les traces générées sont appelées « **Manipulation d'OP** ». Elles peuvent être un accès, un clic de souris, une production, (...). Lorsque la manipulation consiste à produire une réponse, on dira que c'est une manipulation productive, en opposé à une manipulation non productive (exemple manipulation d'une barre de défilement).

Notre constat est que ces traces permettent d'identifier le parcours de l'apprenant (Guéraud et al. 2004), sa progression (Desprès et al. 2004), le temps passé sur un contenu (Bousbia et Labat 2007), etc., généralement l'utilisation qu'il fait des objets pédagogiques de la plateforme. Elles sont à l'origine des indicateurs d'activité.

Les traces de navigation entre OP liés par des liens sémantiques sont une exception. En effet, ces traces peuvent également, en plus des indicateurs d'activité, permettre d'avoir des informations sur les connaissances manipulées par les apprenants, donc des indicateurs cognitifs.

Traces de type Production → Indicateur Cognitif

Après avoir accédé à un objet pédagogique, l'apprenant peut selon la typologie de ce dernier et les services qui y sont offerts, participer activement à son apprentissage en produisant des réponses ou des solutions lorsque des questions lui sont posées.

L'ensemble de ces réponses sont des productions de l'apprenant sur les objets pédagogiques. On les appellera « **Production** ».

Nous venons de voir dans le paragraphe précédent qu'une manipulation peut être productive. Nous nous intéressons ici non pas à la manipulation qui est à l'origine, mais à la production qu'elle peut contenir.

Les traces de production correspondent, à un grain plus fin, aux traces de réaction définies dans le projet TRAILS.

Lorsqu'elles sont analysées, on peut obtenir des indicateurs informant sur l'apprentissage réel des apprenants. On peut citer, entre autres, les règles et théorèmes utilisés par l'apprenant (Chaachoua et al. 2007), les apprenants qui n'ont réussi à faire aucun des exercices entamés (Merceron et Yacef 2004), le taux de réussite (Teutsch et al. 2004). Les traces de type production permettent donc d'obtenir des indicateurs cognitifs.

Traces de type Intervention → Indicateurs Sociaux

Lorsque l'apprenant est engagé dans un apprentissage collaboratif, le tuteur doit évaluer sa participation, son comportement dans le groupe. Il doit également être informé sur le niveau de collaboration et la dynamique du groupe. Pour cela il se base sur les « **Interventions** » des participants dans l'espace de travail collaboratif.

L'envoi d'un message dans un forum crée un événement. Cependant cet événement est particulier puisqu'il s'agit d'une intervention. Les indicateurs issus de l'analyse de ces interventions sont des indicateurs sociaux.

On peut citer comme exemple d'indicateurs sociaux : l'état du groupe (Mbala et al. 2003), le niveau de collaboration (Fesakis et al. 2004), le nombre de messages envoyés (Mazza et al. 2004).

Les travaux de la communauté EIAH visant à mettre en place des indicateurs sociaux utilisent souvent les interventions dans les forums, chat ou courriel. C'est le cas de Reffay et Chanier (2003) qui calculent la cohésion d'un groupe d'apprenants engagés dans une formation collaborative. Les interventions ne se limitent pas aux envois de message dans ces outils de communication, mais peuvent également être obtenues lors d'une activité d'apprentissage dans d'autres types d'outil de travail collaboratif (exemple : Mobwrite⁸ qui est un outil d'édition de texte destiné à un travail collaboratif).

Discussion sur les types de traces

Nous venons de présenter les trois types de traces qui permettent de définir notre taxonomie d'indicateurs du modèle CAS. Cependant certains points nécessitent une discussion dont l'objectif est d'éclaircir nos visions.

La première discussion concerne les événements de type « intervention ». Nous différencions dans les communications la trace de type intervention qui naît du fait de la participation dans l'outil de travail collaboratif et le contenu même de cette intervention qui est une Production de l'élève. Une intervention étant un événement, elle peut également être productive. Lorsque qu'une intervention a un contenu vide (exemple : mail vide, message vide), elle n'est pas productive.

Le deuxième point à éclaircir est celui des traces de type Production dans un micro-monde. Dans certains micro-mondes, l'apprenant est appelé à construire à partir de composants techniques de l'objet pédagogique (ex : éléments du menu). Par exemple dans le micro-monde TPELEC, l'apprenant, appelé à construire un circuit électrique, clique sur les composants électriques disponibles sur l'interface et par un autre clic les dépose sur la zone dédiée à la création. Lorsqu'il veut créer un fil entre deux composants, il doit cliquer successivement sur les deux. Ces traces laissées sont des événements productifs car contiennent la réponse de l'élève (le circuit créé). Ce circuit a une représentation qui peut être analysée pour évaluer la production de l'apprenant. En effet, l'apprenant produit ces constructions pour s'exercer et en réponse à un énoncé.

3.2.2.2 Illustration avec les traces générées par les expérimentations du projet MATES

Ce paragraphe tente de vérifier notre typologie de traces dans un contexte réel. Il identifie les différents types d'événements ainsi que les productions dans les traces générées par des apprenants lors des expérimentations du projet MATES du réseau européen Kaleidoscope.

⁸ <http://neil.fraser.name/software/mobwrite/>

```
<traceDB>
  <metadata>
    <tool>chat</tool>
    <date>2007-10-04T08:47:42.202198Z</date>
    <username>S6MOUN</username>
    <session>11914796631448132913205416647</session>
    <activite>AppElecPhase1_grp_2</activite>
  </metadata>
  <trail>
    <message>Ouais j'ai pas compris non plus ce que c'était k'affichage négatif ...</message>
  </trail>
</traceDB>
```

Intervention

Production

Figure 39 une intervention productive dans le chat

Cette trace montre que S6MOUN a envoyé un message dans le chat le 4 octobre 2007 à 8h47. La trace est une intervention et le contenu des balises « message » est une production correspondant à la tâche de discussion proposée dans le scénario d'apprentissage MATES.

```
<traceDB>
  <metadata>
    <tool>qti</tool>
    <date>2007-10-04T08:36:57.193404Z</date>
    <username>S6TROA</username>
    <session>1191479495542541119290396383</session>
    <activite>Evaluation</activite>
  </metadata>
  <trail>
    <question>Question1</question>
    <answer>ChoiceC</answer>
  </trail>
</traceDB>
```

Manipulation d'OP

Production

Figure 40 une manipulation d'OP productive dans le Questionnaire

La trace de la figure 40 est une manipulation d'OP productive de l'apprenant S6TROA dans un questionnaire. L'apprenant est à la question 1 et il a donné comme réponse « ChoiceC ». Cette réponse est la trace de type Production et elle est contenue dans la balise « answer ».

3.2.3 Conclusion sur le Modèle CAS d'indicateurs et les traces qui permettent de le définir

Le modèle CAS comporte une taxonomie d'indicateurs permettant d'informer les tuteurs sur diverses dimensions de l'activité d'apprentissage de leurs apprenants. Lors de cette activité d'apprentissage, les apprenants agissent sur les objets pédagogiques contenus sur la plateforme. Ces actions provoquent des événements qui sont collectés puis stockés dans des sources de traces.

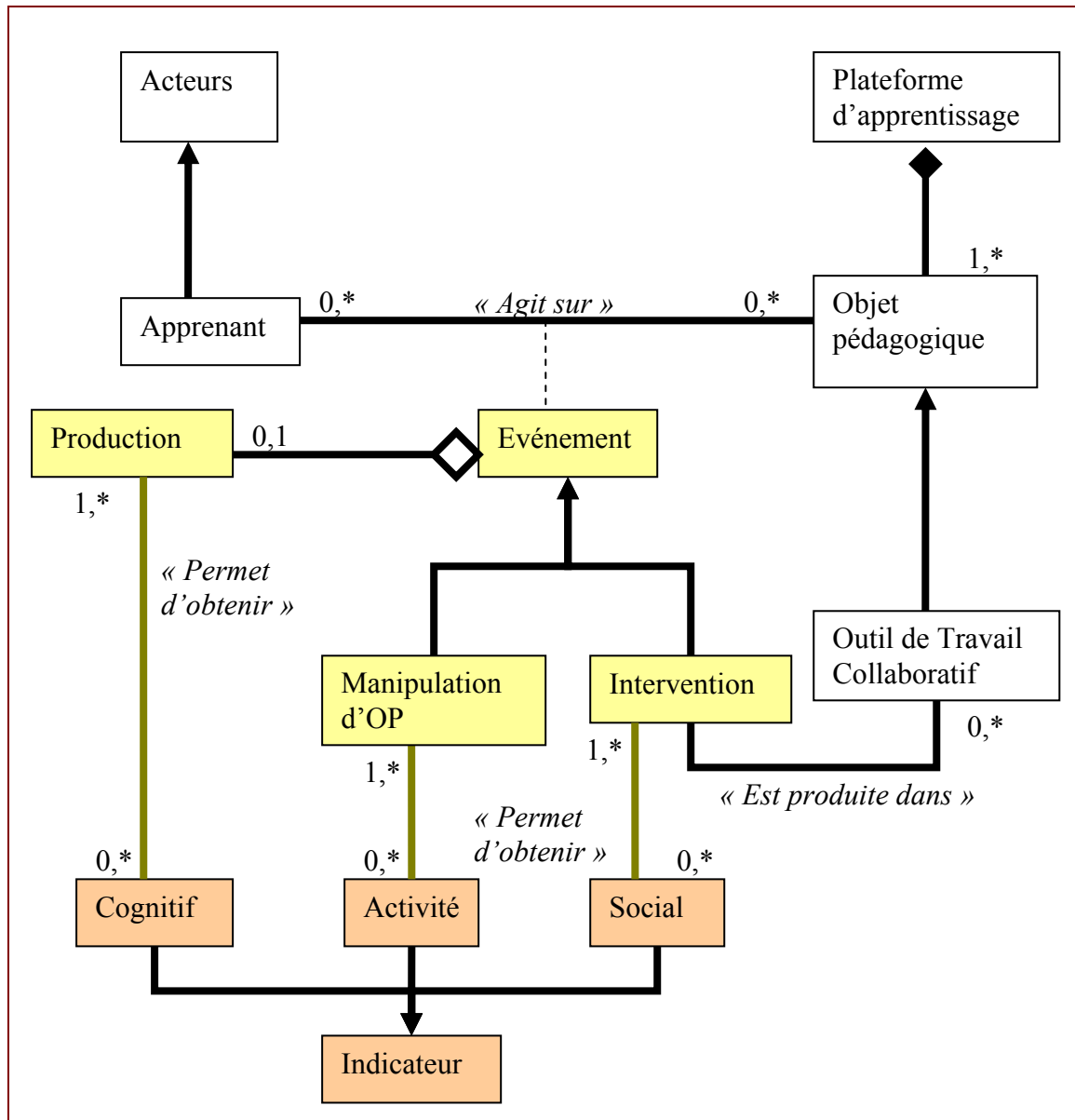


Figure 41 Diagramme de classe des Événements des apprenants dans la plateforme d'apprentissage

Les événements peuvent être de divers types : des accès à des contenus ou outils d'apprentissage, des clics sur des boutons de validation, des références ou des composantes du menu, des interventions dans un espace de travail collaboratif, la rédaction d'un texte, etc.

Lorsque ces événements contiennent une réponse ou solution de l'apprenant à un travail demandé, dans un contexte d'apprentissage collaboratif ou non, ils sont dits productifs. L'analyse des productions des apprenants permet de comprendre l'apprentissage réel de l'apprenant, les connaissances acquises, les erreurs faites, les méthodologies de résolution utilisées. Ces productions permettent donc d'obtenir des indicateurs cognitifs.

L'analyse des manipulations d'OP permet de comprendre le comportement de l'apprenant sur la plateforme, l'utilisation qu'il fait des ressources et outils disponibles. Elle révèle le parcours de l'apprenant, sa progression, le temps qu'il passe sur les contenus, son activité dans l'apprentissage. Les manipulations d'OP permettent donc d'obtenir des indicateurs d'Activité.

Les interventions sont des événements provoqués lors de la participation à un travail collaboratif, dans un outil dédié à cet effet. Leur analyse peut révéler d'abord cette

participation, ensuite l'état du groupe et les relations entre les apprenants. Elle permet d'obtenir des indicateurs sociaux.

Ces indicateurs sociaux peuvent, dans un certain sens, être considérés comme des indicateurs d'activité du groupe et des apprenants du groupe. Le contexte d'apprentissage collaboratif, de communauté dans la réalisation d'une tâche, légitime ce qualificatif social.

En dehors de son ambition de proposer une typologie d'indicateurs qui permettrait au tuteur de jouer chacun de ses rôles de régulation, du point de vue informatique, le modèle CAS se veut d'être une taxonomie permettant de classifier les indicateurs à partir du type de traces utiles à leurs définitions.

Cependant les indicateurs n'utilisent pas toujours « un » type de traces. Ils peuvent combiner les productions, les interventions et d'autres événements. Dans ce cas, les indicateurs produits sont de divers types et cela se reflète dans leur interprétation. C'est le cas de l'indicateur « Nombre de messages envoyés en adéquation avec le sujet de discussion ». Cet indicateur se base sur les interventions des apprenants et le contenu des messages (production) pour identifier puis compter le nombre de messages en adéquation avec le sujet. L'indicateur est donc de type socio-cognitif. Sa signification conforte cette typologie car l'indicateur informe sur la participation de l'apprenant au travail collaboratif (nombre de messages → indicateur social) et sur la manipulation des connaissances proposées (discussion sur le fait que « deux lampes dans un circuit en série ne brillent pas de la même façon » → indicateur cognitif).

Aussi, cette méthodologie de classification des indicateurs à une limite. Cette limite est au niveau des indicateurs d'activité. L'analyse des traces de type manipulation d'OP fournit des indicateurs d'activité. Cependant il y a deux sous-types dans cette même typologie, les indicateurs de Parcours, et les indicateurs Techniques. En se basant sur les traces, on ne peut pas dire lesquels permettent d'obtenir l'un ou l'autre de ces deux sous-types d'indicateurs. Leur distinction ne dépend que de leur interprétation. Les indicateurs Techniques signalent les problèmes techniques des apprenants contrairement aux indicateurs de Parcours qui informent sur une navigation ou une utilisation « normale » des objets pédagogiques présents sur la plateforme. La définition des indicateurs Technique est souvent liée à un seuil qui marque le passage du « peut-être normal » au « peut-être anormal ».

Chaque type d'indicateur du modèle CAS permet, à notre avis, au tuteur de jouer un ou plusieurs de ses rôles et l'implémentation de l'ensemble du modèle permet de couvrir toutes les composantes de sa tâche de régulation de l'apprentissage. Dans le paragraphe suivant, nous tentons de valider cette hypothèse.

3.3 Enquête sur les besoins du tuteur en ligne

Dans le chapitre 2, nous avons recensé des travaux visant à proposer des indicateurs de supervision dans des contextes différents d'apprentissage pour atteindre différents objectifs de recherche. Ces propositions ne couvrent pas la liste des rôles de régulation que nous avons recensés. La question à laquelle nous tentons de répondre est : « de quels types d'indicateurs le tuteur a-t-il besoin pour assurer tous ses rôles ? ».

Nous avons proposé dans le paragraphe précédent un modèle d'indicateurs de supervision qui informe sur différentes dimensions de l'apprentissage. Nous avons émis des hypothèses sur le type de rôle que chacun permet de jouer. Ces hypothèses sont rappelées dans le tableau 3.

Ce paragraphe présente une enquête que nous avons menée auprès de tuteurs en ligne, dans le but d'identifier leurs besoins en terme d'indicateurs dans un contexte particulier (MATES), et par la même occasion, tester notre hypothèse.

Dans une première partie nous décrivons l'enquête, les outils et le déroulement. Une seconde partie commente ses résultats.

Typologie d'indicateurs

Typologie de rôles

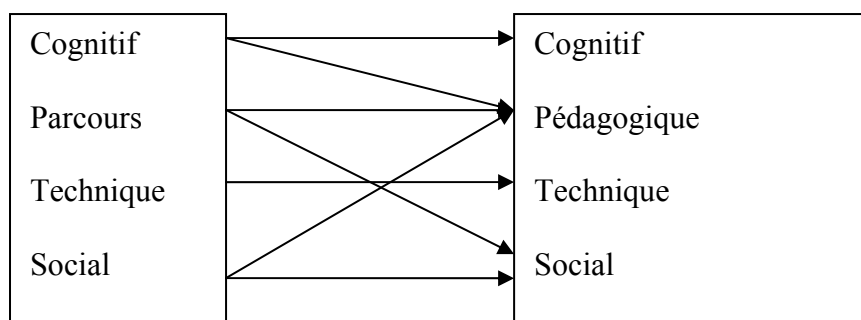


Tableau 3 Hypothèse sur la correspondance entre types d'indicateurs et rôles du tuteur

3.3.1 L'enquête

3.3.1.1 Outil : un QCM ouvert

Pour faire notre enquête, nous avons utilisé un questionnaire à choix multiples ouvert. Pour chaque question correspondant à un rôle précis, il est demandé au tuteur de dire « de quelles informations il pense avoir besoin ». Le tableau suivant montre la subdivision des questions posées aux tuteurs, selon les rôles visés.

| Rôle | Question |
|--|----------------|
| Maintenir la motivation des apprenants (social) | Question 5 |
| Maintenir l'unité du groupe, groupe = apprenants + tuteur (social) | Question 1 |
| Maintenir l'unité du groupe, groupe = apprenants (social) | Question 1-bis |
| Fournir une aide pédagogique | Question 2 |
| Fournir un support cognitif | Question 3 |
| Fournir une aide technique | Question 4 |

Tableau 4 Correspondance Question -Rôle

Nous avons choisi de présenter le rôle de maintien de l'unité du groupe (composante du rôle social) en deux questions correspondant à deux situations différentes. L'objectif est d'avoir des réponses pas totalement dépendantes du scénario MATES.

Dans la question 1, les indicateurs nécessaires sont demandés dans le cas réel d'expérimentation du scénario MATES. Chaque groupe était composé de 2 ou 3 apprenants suivis par un tuteur. La question 1-bis est basée sur un contexte différent où le tuteur n'a pas accès au chat pendant la discussion mais où il doit quand même aider les apprenants à collaborer, à travailler ensemble.

Dans le tableau suivant nous présentons les indicateurs proposés aux tuteurs. Ces indicateurs ont été calculés avec les traces des expérimentations MATES. Pour chaque question, le tuteur dispose donc d'une liste d'indicateurs à cocher et d'une zone de texte où il peut proposer de nouveaux indicateurs. Le questionnaire est disponible dans l'annexe 2.

| Type d'indicateurs | Indicateur | Traces analysées |
|--------------------|--|---|
| Cognitif | Liste des apprenants ayant pu influencer un ou plusieurs membres de son groupe pour changer la réponse à la question 1 pendant | Réponses des apprenants à la question 1 Réponses des apprenants à la |

| | | |
|----------------|---|---|
| Cognitif | la discussion Accord (ou pas) des apprenants d'un groupe, sur la réponse à la Question 1, après en avoir discuté sur le chat | question RetourQ1 posée après la discussion Réponses des apprenants à la question RetourQ1 posée après la discussion |
| Social | Nombre de messages envoyés par apprenant dans chaque groupe | Les interventions des apprenants |
| Socio-Cognitif | Nombre de messages par apprenant en adéquation avec le sujet de discussion | Les interventions des apprenants Les contenus des messages correspondants |
| Social | Liste des apprenants qui servent d'intermédiaires entre les autres apprenants du groupe lors de la discussion | Les interventions des apprenants |
| Cognitif | Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat | Réponses des apprenants à la question1 Réponses des apprenants à la question RetourQ1 posée après la discussion |
| Parcours | Nombre d'accès au chat pour débiter une nouvelle discussion dans la phase 1 | Les accès au chat |
| Technique | Liste des apprenants ayant appuyé plusieurs fois (4 ou plus) sur le bouton de validation de la Question1 | les clics sur le bouton Validation de la question1 |

Tableau 5 Liste des indicateurs calculés sur les traces MATES, classés selon le modèle CAS

3.3.1.2 Déroulement

Nous avons testé notre hypothèse en nous basant sur un contexte réel de tutorat lors d'un apprentissage en ligne. Ce contexte est celui des expérimentations du scénario d'apprentissage de l'électricité MATES. Il est présenté dans le paragraphe 1.3.

Suite à ces expérimentations, nous proposons aux 7 tuteurs en ligne, le questionnaire prévu pour recueillir leurs besoins en indicateurs dans des objectifs de régulation précis correspondant aux rôles. Pendant cette enquête, les tuteurs pouvaient avoir des éclaircissements sur les questions posées et la signification des indicateurs.

3.3.2 Résultats

Les réponses des tuteurs en ligne, au questionnaire, ont été recueillies. Leurs traitements ont d'abord consisté en un classement des indicateurs choisis ou proposés selon le modèle CAS.

Chapitre 3 : Modèle CAS de supervision

| Tuteur en ligne | Question1- rôle social | Question1-Bis rôle social | Question2 rôle pédagogique | Question3 rôle cognitif | Question4 rôle technique | Question 5- rôle social |
|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Types d'Indicateurs Attendues | Social | Social | Parcours, Cognitif, Social | Cognitif | Technique | Parcours, Social |
| Tuteur 1 | Social, Cognitif, Parcours, Technique | Social, Cognitif, Parcours, Technique | Social, Cognitif, Technique | Cognitif | Technique | Social, Parcours |
| Tuteur 2 | Social, Cognitif | Social, Parcours | Cognitif | Social, Cognitif | Technique | Social, Parcours |
| Tuteur 3 | Social, Cognitif | Social, Cognitif | Cognitif | Cognitif | | Social |
| Tuteur 4 | Social, Cognitif | Social, Cognitif | Social, cognitif | Social, Cognitif | Social, Cognitif, Parcours | Social, Cognitif |
| Tuteur 5 | Social, Cognitif | Social, Cognitif | Cognitif | Cognitif, social | | Social |
| Tuteur 6 | Social, Cognitif | Social, Cognitif | Social, cognitif | Cognitif, social | Social | Social, cognitif, Parcours |
| Tuteur 7 | Social, Cognitif | Social, Cognitif | Cognitif | Cognitif | Social | Social |

Tableau 6 : Réponses des tuteurs au questionnaire, classées selon le Modèle CAS

Le tableau 6 montre, pour chaque question posée, les résultats par tuteur. Notre hypothèse sur la supervision et ses besoins est décrite sur la deuxième ligne (en vert). Les réponses des tuteurs nous ont permis d'avoir un certain nombre de conclusions que nous présentons ci-après.

(i) Les trois types d'indicateurs sont nécessaires pour superviser cet apprentissage.

Pour l'ensemble des rôles présentés dans le questionnaire, 5 tuteurs sur 7 ont sélectionné ou proposé des indicateurs des trois types (cognitif, activité et social). Les tuteurs 3 et 7 n'ont choisi que des indicateurs Cognitifs et Sociaux pour l'ensemble des rôles de régulation.

| Rôle du tuteur | Type d'indicateurs requis |
|---|---|
| Maintenir la motivation des apprenants (social) | Social (7/7), Cognitif (2/7), Parcours (3/7) |
| Maintenir l'unité du groupe (social) | Social (7/7), Cognitif (7/7), Activité (1/7) |
| Fournir une aide pédagogique | Social (3/7), Cognitif (7/7), Activité (Parcours et Technique) (1/7) |
| Fournir un support cognitif | Social (4/7), Cognitif (7/7) |
| Fournir une aide technique | Social (3/7), Cognitif (1/7), Parcours (1/7), Technique (2/7) |

Tableau 7 Nombre de tuteurs ayant choisi un type d'indicateurs pour chaque rôle

A défaut de valider complètement notre hypothèse, le tableau 7 montre qu'il y a eu consensus sur l'utilité de certains types d'indicateurs pour des rôles précis.

Ainsi, la motivation peut être maintenue (rôle social, Question 5) en se basant sur des indicateurs sociaux informant sur la participation de chaque apprenant (Nombre de messages envoyés par apprenant dans chaque groupe).

Pour maintenir l'unité d'un groupe d'apprenants (rôle social, Question 1 et 1-bis), tous les tuteurs pensent avoir besoin des indicateurs sociaux et cognitifs. Les indicateurs qui ont été majoritairement choisis sont : « Nombre de messages envoyés par apprenant dans chaque groupe », « Nombre de messages par apprenant en adéquation avec le sujet de discussion », « Accord (ou pas) des apprenants d'un groupe, sur la réponse à la Question 1, après en avoir discuté sur le chat », et « Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat ».

Chapitre 3 : Modèle CAS de supervision

Les tuteurs pensent pouvoir aider les apprenants à organiser leurs apprentissages et à acquérir une méthodologie de travail (rôle pédagogique, Question 2) en se basant sur des indicateurs cognitifs informant sur leur apprentissage réel. Ils ont proposé des indicateurs tels que les erreurs des apprenants et leurs misconceptions. Aussi, l'« Accord (ou pas) des apprenants d'un groupe après la discussion » ainsi que le « Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat » ont également été plusieurs fois choisis.

Pour aider les apprenants à comprendre les connaissances proposées dans les activités du scénario (rôle cognitif, Question 3), il faut sans nul doute des indicateurs sur l'utilisation de ces connaissances.

Il n'y a pas cependant de consensus dans la typologie d'indicateurs nécessaires pour aider les apprenants à utiliser les outils disponibles sur la plateforme. Trois tuteurs ont pensé à des indicateurs sociaux. Seuls deux tuteurs ont choisi des indicateurs techniques et sont donc allés dans le sens de notre hypothèse.

(ii) Dans une même typologie, les tuteurs semblent vouloir des indicateurs différents pour jouer un même rôle.

Nous nous basons sur un exemple pour illustrer cette conclusion. Pour fournir une aide pédagogique (Question2), tous les tuteurs veulent des indicateurs cognitifs. Le tableau suivant présente les divers indicateurs cognitifs choisis ou proposés par les tuteurs en ligne questionnés.

| Tuteur en ligne | Indicateurs Cognitifs voulus |
|-----------------|--|
| Tuteur 1 | Accord (ou pas) des apprenants d'un groupe, sur la réponse à la Question 1, après en avoir discuté sur le chat |
| Tuteur 2 | Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat Accord (ou pas) des apprenants d'un groupe, sur la réponse à la Question 1, après en avoir discuté sur le chat |
| Tuteur 3 | Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat Contenu des Messages |
| Tuteur 4 | Les erreurs et leurs origines Accord (ou pas) des apprenants d'un groupe, sur la réponse à la Question 1, après en avoir discuté sur le chat |
| Tuteur 5 | Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat |
| Tuteur 6 | Erreurs et Misconceptions des apprenants |
| Tuteur 7 | Les erreurs des apprenants Accord (ou pas) des apprenants d'un groupe, sur la réponse à la Question 1, après en avoir discuté sur le chat |
| | Contenu des réponses lorsqu'il y a désaccord |

Tableau 8 les différents indicateurs cognitifs voulus par les tuteurs pour jouer un rôle pédagogique

Parmi les indicateurs proposés dans la liste, les tuteurs ne choisissent pas toujours les mêmes. De même, ils ne se contentent pas forcément de ceux que nous avons définis. Ils en proposent d'autres. Par conséquent, il est difficile de prévoir à l'avance les indicateurs nécessaires au

Chapitre 3 : Modèle CAS de supervision

tuteur. La conclusion de notre état de l'art (chapitre 2), misant sur un environnement évolutif permettant d'intégrer progressivement les indicateurs voulus par les tuteurs, est confortée par ce résultat.

(iii) Les indicateurs proposés par les tuteurs peuvent être classés selon le modèle CAS

Le classement des indicateurs proposés par les tuteurs a pour objectif de vérifier la complétude du modèle CAS, pour les besoins du tuteur.

| Question | Indicateurs proposés par les tuteurs | Classement selon le modèle CAS |
|----------------|--|--|
| Question 1 | Nombre de tours de paroles dans le chat Réponses correctes ou non Le leader du groupe Nombre de discussions, de débats pour arriver à un accord. La liste des élèves qui ne participent pas | Social Cognitif Social Social Social |
| Question 1-bis | Réponse des apprenants ainsi que leurs justifications Contenu des messages par apprenant en adéquation avec le sujet de discussion | Cognitif Cognitif |
| Question 2 | Réponses des apprenants correctes ou non Erreurs de chaque apprenant Misconceptions Contenu des réponses lorsqu'il y'a désaccord Contenu des messages | Cognitif Cognitif Cognitif Cognitif Cognitif |
| Question 3 | Les erreurs et leurs origines Liste des apprenants ayant donné des mauvaises réponses avant et après le chat Contenu des messages Contenu des messages par apprenant en adéquation avec le sujet de discussion Démarche scientifique Erreurs de conception Erreurs faites Adéquation message/grandeur étudiée Historique des réponses pour chaque élève (réponse qcm, justification, réponse après chat) | Cognitif Cognitif Cognitif Cognitif Cognitif Cognitif Cognitif Cognitif Cognitif |
| Question 4 | Réponses des apprenants Le temps passé par les apprenants sur les outils Le nombre de validation sur chaque outil Nombre de fois où l'apprenant a utilisé un bouton d'aide | Cognitif Activité Activité Activité |
| Question 5 | Temps passé depuis la dernière action des apprenants La liste des élèves qui ne participent pas Durée d'une discussion Liste des apprenants qui détournent leur | Activité Social Activité Inclassable |

| | | |
|--|------------------------------|--|
| | attention de l'apprentissage | |
|--|------------------------------|--|

Tableau 9 les indicateurs proposés par les tuteurs, classés selon le modèle CAS

Le tableau 9 montre que nous avons pu classer les indicateurs proposés par les tuteurs, selon le modèle CAS. La « liste des apprenants qui détournent leur attention de l'apprentissage » est l'exception. Le tuteur qui l'a proposé a rajouté dans ses commentaires qu'il serait intéressant d'étudier les expressions faciales. Si l'attention doit être déterminée à partir des expressions faciales, cet indicateur pourra être obtenu à partir des traces de type vidéo, enregistrées pendant l'apprentissage. Le Modèle CAS d'indicateur permet une classification des indicateurs obtenus par une analyse des traces numériques textuelles générées par leurs actions sur la plateforme d'apprentissage. Il ne propose donc pas de classement pour les indicateurs issus de traces audio ou video. L'indicateur ainsi proposé, devient, de ce fait, inclassable selon le modèle CAS.

Un sujet de recherche intéressant serait de déterminer l'attention d'un apprenant en se basant sur ses interactions avec l'ordinateur. Les travaux de (Marty et al. 2007) sur la zone d'ombre pourraient permettre de retrouver les périodes où l'apprenant n'interagit pas avec sa machine.

3.4 Conclusion du chapitre

Nous avons proposé, dans ce chapitre, le modèle CAS d'indicateurs de supervision et nous avons identifié les types de traces qui permettent de les obtenir.

La détermination des types d'indicateurs nécessaires à chaque rôle du tuteur faciliterait l'objectif de proposer un environnement de supervision l'aidant dans la globalité de sa tâche de régulation. Les hypothèses que nous avons émises sur les rôles que chaque indicateur du modèle CAS permet de jouer, n'ont pas complètement été validées :

- Les indicateurs Sociaux permettent au tuteur de jouer un rôle social et parfois pédagogique ;
- Les indicateurs Cognitifs aident le tuteur à décider des actions de régulation de type cognitif et pédagogique ;
- Les indicateurs d'Activité de type Parcours permettent à certains tuteurs de jouer un rôle social pour motiver les apprenants, mais les tuteurs interrogés ne pensent pas qu'ils peuvent les aider à prendre des décisions pédagogiques ;
- Aussi seuls 2 tuteurs pensent que les indicateurs d'Activité de type Technique peuvent les aider dans leur rôle technique.

La non validation de nos hypothèses au niveau des indicateurs d'Activité de type Parcours et Technique est peut être dû au faible nombre de propositions faites dans le questionnaire. En effet, seuls deux indicateurs d'activité (un de parcours et un technique) ont été proposés au tuteur. Dans la préparation du questionnaire, nous ne voulions proposer au tuteur que les indicateurs que nous avons réellement définis sur les traces de l'expérimentation MATES. Le choix du questionnaire ouvert, était une solution pour ne pas restreindre le tuteur à notre proposition et lui permettre ainsi de rajouter l'ensemble des indicateurs qu'il pensait être pertinents pour prendre des décisions.

Aussi la compréhension des indicateurs proposés est un problème qu'on peut soulever. Il est logique pour nous qu'un indicateur permettant de révéler les problèmes techniques des apprenants sur un outil devrait pouvoir aider un tuteur à prendre la décision d'aider ces apprenants à mieux l'utiliser. Cependant l'indicateur « Liste des apprenants ayant appuyé plusieurs fois (4 ou plus) sur le bouton de validation de la Question1 » correspond t'il pour les tuteurs à un indicateur identifiant un problème technique ? Faudrait-il choisir pour les indicateurs des appellations plus explicites sur leur utilité ? Ou faudrait-il prévoir pour chaque indicateur, de le présenter avec l'interprétation qu'il faut lui associer ?

Chapitre 3 : Modèle CAS de supervision

Ce sont des questions auxquelles nous ne tentons pas de répondre dans cette thèse, mais dont nous tiendrons néanmoins compte dans la suite.

L'idée principale que nous retenons de notre proposition de modèle d'indicateurs et de l'enquête qui l'a testée, est qu'il faut disposer d'un ensemble d'indicateurs de différents types pour chaque rôle du tuteur. Ces ensembles sont difficilement définissables a priori, car ils diffèrent selon les tuteurs, le nombre d'indicateurs qu'ils contiennent et la nature des informations fournies par chaque indicateur.

Proposer un environnement de supervision évolutif permettant d'intégrer progressivement des indicateurs et laissant à chaque tuteur la possibilité de choisir ceux qui l'intéressent, sera notre objectif qui offrira ainsi une solution de personnalisation de la supervision.

Comme nous l'avons évoqué dans notre problématique, la mise en place de certains indicateurs est souvent complexe car elle nécessite des compétences spécifiques (Sociologie et analyse des réseaux sociaux, Didactique, ...). Ces compétences n'étant pas toujours présentes pour les chercheurs s'intéressant à instrumenter la supervision, notre solution consiste en la réutilisation des indicateurs mis en place par des experts dans d'autres environnements de supervision et en leur intégration dans notre environnement évolutif de supervision.

Dans les chapitres suivants, nous proposons une instrumentation de ce nouveau concept de réutilisation des indicateurs, pour un environnement personnalisé de supervision.

Chapitre 4 : Spécification de la méthode de Réutilisation des indicateurs d'analyse d'interaction : modèle et architecture

Les environnements de supervision proposent au tuteur des indicateurs de divers types pour assurer son activité. Le modèle CAS d'indicateurs, comportant des indicateurs cognitifs, d'activité (parcours et technique) et sociaux, a pour objectif de proposer au tuteur une diversité d'indicateurs, dans leur typologie, lui permettant d'assurer toutes les composantes de son activité de régulation des activités d'apprentissage. S'il est possible de discuter de la correspondance entre type d'indicateur et type de rôle, nous constatons néanmoins que l'ensemble des indicateurs (état de l'art, enquête) ont pu être classés selon le modèle CAS. L'implémentation du modèle CAS dans un environnement de supervision offre des moyens certains de perception de l'activité d'apprentissage.

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, il est difficile de définir à priori la liste des indicateurs nécessaires à un tuteur. La proposition d'un catalogue d'indicateurs dans un environnement évolutif de supervision, est une solution de personnalisation de la supervision. Pour permettre cette personnalisation, deux solutions sont possibles : (i) tenter de définir progressivement des indicateurs qui pourraient éventuellement intéresser les tuteurs, (ii) réutiliser des indicateurs qui existent déjà, et qui ont prouvé leur utilité et leur pertinence. Nous optons pour la deuxième solution qui nécessite moins d'expertise dans l'ensemble des domaines de connaissances concernés par l'apprentissage et la mise en place de ces indicateurs (Didactique - en mathématique, physique, chimie, science de la vie, informatique, ou autres selon les activités d'apprentissage proposées - Sociologie, Psychologie cognitive, Science de l'éducation, Mathématiques, Autres). Dans le même temps, nous avons constaté à partir de notre état de l'art, qui s'est limité aux besoins du tuteur, qu'un nombre important d'indicateurs de divers types est actuellement défini. Ils constituent un vivier pouvant alimenter la réutilisation.

Ce chapitre tente dans un premier temps de répondre aux questions : « Comment et Que réutiliser d'un indicateur ». Pour cela, il propose un Patron d'Indicateur Réutilisable (PIR) qui permet de capitaliser les savoir-faire en termes de définition des indicateurs.

Dans la deuxième partie de ce chapitre, nous présentons l'architecture de notre proposition d'environnement évolutif d'intégration d'indicateurs, qui est à mi-chemin entre un environnement de définition d'indicateur difficilement utilisable pour le tuteur et un environnement proposant un ensemble fixe d'indicateurs, incomplet pour son activité de régulation. L'architecture proposée alliera pour le tuteur une liberté dans le choix des indicateurs pour superviser une activité et une facilité d'utilisation avec des indicateurs prédéfinis.

4.1 Patron d'Indicateur réutilisable

Dans ce paragraphe, nous identifions la partie réutilisable d'un indicateur ainsi que les conditions de réutilisation. Un Patron d'Indicateur Réutilisable sert de base à toute réutilisation d'indicateur.

4.1.1 Les différents niveaux d'indicateurs existants

Dans le chapitre 2, nous avons présenté quelques environnements proposant des indicateurs de supervision au tuteur. Ces indicateurs sont classés dans l'annexe 1, selon le modèle CAS. Notre étude de ces indicateurs nous révèle qu'ils sont de divers types.

Selon leurs modes d'obtention, plusieurs niveaux peuvent être également distingués. Certains indicateurs sont des traces sélectionnées (indicateur de bas niveau), d'autres sont obtenus en appliquant une technique d'analyse sur les traces (indicateur de haut niveau). Les indicateurs

de haut niveau diffèrent selon qu'ils n'utilisent que des traces (micro-indicateur), ou alors des informations issues d'autres indicateurs de haut niveau (macro-indicateur). La figure 42 montre les liens entre ces différents niveaux d'indicateurs que nous venons de citer. Nous les définissons plus loin.

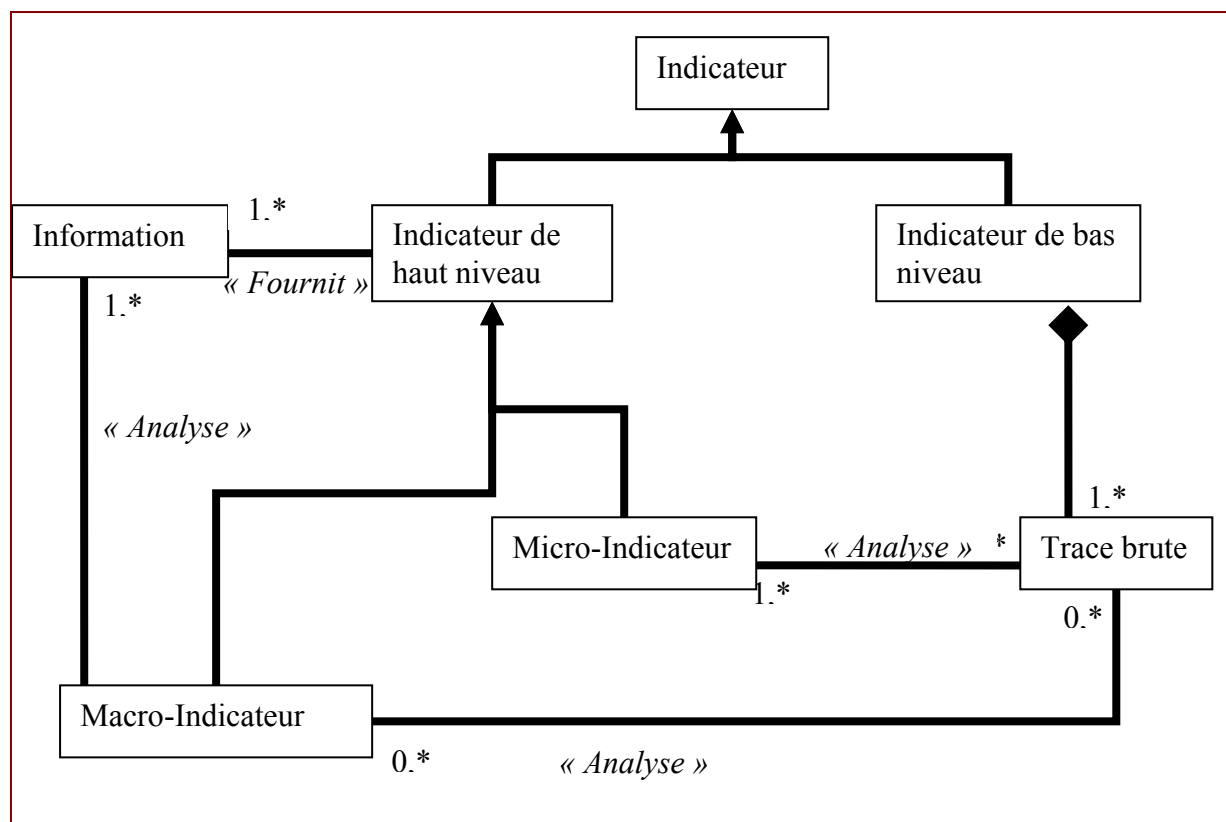


Figure 42 Modèle descriptif des différents niveaux d'indicateurs [Diagramme de classe UML]

4.1.1.1 Les indicateurs de bas niveau

Les indicateurs de bas niveau sont des traces sémantiquement significatives qui sont extraites des sources de trace pour être présentées au tuteur. Ces traces ne subissent aucun traitement spécifique. L'environnement TACSI propose au tuteur l'indicateur « contributions individuelles aux productions collectives » qui constitue l'ensemble des traces de type Production d'un apprenant dans un travail collaboratif.

4.1.1.2 Les indicateurs de haut niveau

Les indicateurs sont de haut niveau lorsqu'ils utilisent des techniques d'exploitation de données. Celles-ci peuvent par exemple être les statistiques, la classification, la régression, l'association. Plusieurs indicateurs de haut niveau ont été rencontrés dans notre état de l'art. L'outil TADA-ED fait une classification des apprenants pour avoir l'indicateur « groupes d'apprenants par capacité ». Le classificateur de dialogue de l'outil OXentchE-chat utilise les réseaux bayésiens et la classification pour dire si un dialogue contient un nombre de collaborations significatif. Les indicateurs de haut niveau fournissent des informations.

Ils peuvent être subdivisés en deux groupes selon les types de données qu'ils utilisent :

- **Les micro-indicateurs** : Ils n'utilisent que des traces. Ils les analysent pour fournir un ensemble d'informations précises. L'indicateur identifiant les erreurs des apprenants dans l'environnement de supervision DIANE, analyse leurs productions, et s'appuie sur une base de connaissance pour fournir des informations au tuteur.

- **Les macro-indicateurs** : Un macro-indicateur utilise des informations issues d'un ou plusieurs indicateurs de haut niveau et parfois des traces. Comme macro-indicateur, on peut citer l'indicateur « les erreurs qui s'associent souvent » mis en place dans l'outil TADA-ED. Cet indicateur est obtenu à partir des informations issues du micro-indicateur identifiant les erreurs des apprenants à partir de leurs productions.

Les notions de haut et de bas niveau d'indicateurs ne sont pas nouvelles. Elles ont été définies dans un livrable du projet ICALT. « *(a) High level indicators: those that have an inherent interpretative value (e.g. psychological, pedagogical), and are usually inferred by complex process from the interaction data. Often these high level indicators are derived variables, calculated on the base of a number of lower level indicators. (b) Low level indicators, those that do not have an autonomous interpretative value and are usually inferred directly from the interaction data* » (Dimitracopoulou 2004). Les indicateurs de haut niveau y sont considérés comme ayant une valeur interprétative, étant obtenus à partir de techniques d'exploitation complexes, et parfois même à partir d'autres indicateurs. Les indicateurs de bas niveau n'ont pas à eux seuls une valeur interprétative et sont extraits directement à partir des traces.

Il n'est pas certain que nos définitions soient les mêmes. Nous constatons néanmoins que celle de Dimitracopoulou (2004) apporte une grande importance à la valeur interprétative des indicateurs.

L'intérêt de ces définitions est de permettre la classification des indicateurs. La valeur interprétative mise en avant par Dimitracopoulou (2004) est une notion non modélisée, dont l'estimation dépend de l'utilisateur. Les indicateurs de haut niveau sont obtenus à partir de techniques d'exploitations complexes et les indicateurs de bas niveau sont extraits directement des traces. L'extraction directe nécessite-t-elle d'appliquer des techniques d'exploitation de données? Qu'est-ce qu'une technique d'exploitation « complexe »? Ces questions sont autant d'énigmes qui rendent difficiles la classification des indicateurs avec les définitions proposées.

Notre proposition prend en compte l'utilisation ou non de techniques d'analyse et le type de données nécessaires à l'indicateur (traces brutes ou informations). Ces éléments étant facilement identifiables pour tout indicateur, la classification devient plus facile et automatisable avec la modélisation que nous proposons.

4.1.2 Un modèle de l'indicateur : la fonction « indicateur »

Le projet ICALT qui s'est consacré à l'étude des indicateurs a identifié l'architecture générale d'un outil d'analyse de traces (cf. chapitre 1) qui met en évidence plusieurs phases pour la mise en place d'indicateurs. Nous les synthétisons en trois phases principales qui sont : la sélection des traces à partir des sources, l'analyse de ces traces pour obtenir des indicateurs de bas ou de haut niveau, la visualisation des indicateurs par l'interface.

Nous adaptons cette spécification à notre modélisation des niveaux d'indicateurs, pour structurer la définition d'un indicateur de la façon suivante:

- Phase de Sélection : cette phase consiste en la récupération de traces nécessaires à l'indicateur à partir d'une ou de plusieurs sources de traces liées à une plateforme d'apprentissage ;
- Phase d'Analyse : cette phase n'existe pas pour tous les indicateurs. Elle est spécifique aux indicateurs de haut niveau. Elle permet de structurer et traiter les traces brutes avec des techniques d'exploitation de données diverses, pour fournir un ensemble d'information en rapport avec l'activité qui s'est déroulée ;
- Phase de Visualisation : elle consiste en la visualisation de l'ensemble d'informations obtenu dans la phase précédente pour les indicateurs de haut niveau ou des traces

sélectionnées dans le cas d'un indicateur de bas niveau. Cette phase peut se faire par une présentation simple de l'information ou par l'utilisation d'outils de visualisation, par exemple des courbes, des camemberts, des réseaux de pétri.

Le modèle d'indicateur que nous proposons est basé sur ce processus de mise en place d'un indicateur. Nous considérons qu'un indicateur est une fonction $f()$, au sens mathématique du terme, qui analyse les traces sélectionnées à partir d'une ou plusieurs sources de traces, et qui fournit un ensemble d'informations en sortie.

Ces informations peuvent être visualisées avec un ou plusieurs outils de visualisation.

s_1, \dots, s_N : les différentes méthodes de sélection utilisées pour obtenir les traces nécessaires à l'indicateur

x_1, \dots, x_N : les traces collectées sur la plateforme d'apprentissage

l_1, \dots, l_M : les informations fournies par l'indicateur, résultat de la fonction $f()$

f : l'analyse qui transforme les traces en un ensemble d'information

v_1, \dots, v_N : les différentes formes de visualisation possible pour le même Indicateur

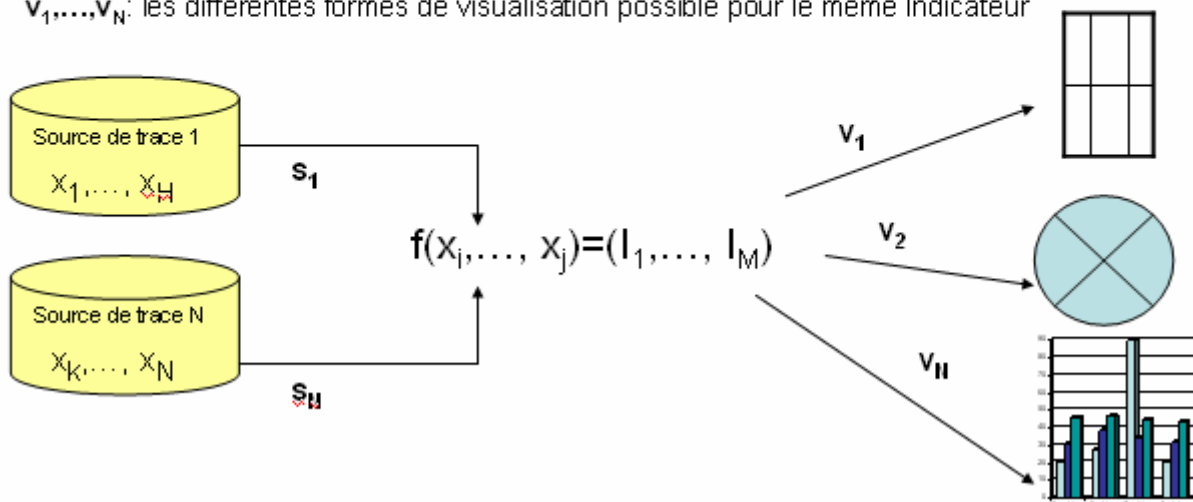


Figure 43 La fonction « indicateur »

Comme le montre la figure 43, les méthodes de sélection appliquées aux sources de traces permettent d'obtenir l'ensemble de traces $\{x_i\}$ voulues pour l'indicateur. Un indicateur utilise toujours les mêmes types de traces mais leurs valeurs peuvent changer. Ces traces sont donc des variables généralement de type élémentaire (entier, chaîne de caractère, booléen).

La fonction « indicateur » prend en entrée l'ensemble de traces $\{x_i\}$ et fournit un ensemble d'informations⁹ $\{I_i\}$. Le résultat de cette analyse est l'ensemble d'informations $\{I_i\}$. Une information I_i peut être de type entier, chaîne de caractère, booléen, tableau, ou autres.

L'ensemble des informations $\{I_i\}$ fournies par la fonction « indicateur » peut être visualisé de diverses manières.

Lorsque l'indicateur est de bas niveau, $f()$ est la fonction Identité. Cette fonction n'a aucun effet sur les traces qu'elle prend en entrée. L'ensemble des informations $\{I_i\}$ fournies correspond exactement à l'ensemble de traces $\{x_i\}$, $\{I_i\} = \{x_i\}$.

⁹ Une donnée est un élément fondamental (un fait, une notion, un nombre, une instruction, ...) collectée à partir d'une expérimentation. Une information est une donnée transformée ou structurée de façon conventionnelle et compréhensible pour être communiquée ou échangée (www.cota.be). Nous considérons dans notre contexte qu'une trace est une donnée.

Lorsque l'indicateur est de haut niveau, $f()$ est composée d'un ensemble de techniques d'exploitation de données. Les informations $\{I_i\}$ fournies sont différentes de l'ensemble de traces $\{x_i\}$.

Par exemple, pour l'indicateur « temps passé sur une page du contenu », défini par Bousbia et Labat (2007), la fonction « indicateur » « temps passé sur une page du contenu » prend en entrée les variables *identifiant de l'apprenant (string)*, *la date du premier événement d'accès à la page (timestamp)* et la date du *dernier événement d'accès à la page (timestamp)*. Des valeurs de ces variables sont sélectionnées à partir d'une base de données de traces. La fonction analyse ces valeurs, en faisant la différence entre la date correspondant au dernier accès et la date correspondant au premier accès. La fonction fournit comme résultat un ensemble d'informations avec pour *chaque apprenant, le temps passé sur page*. Ces informations pourraient par exemple être visualisées dans un tableau ou un histogramme.

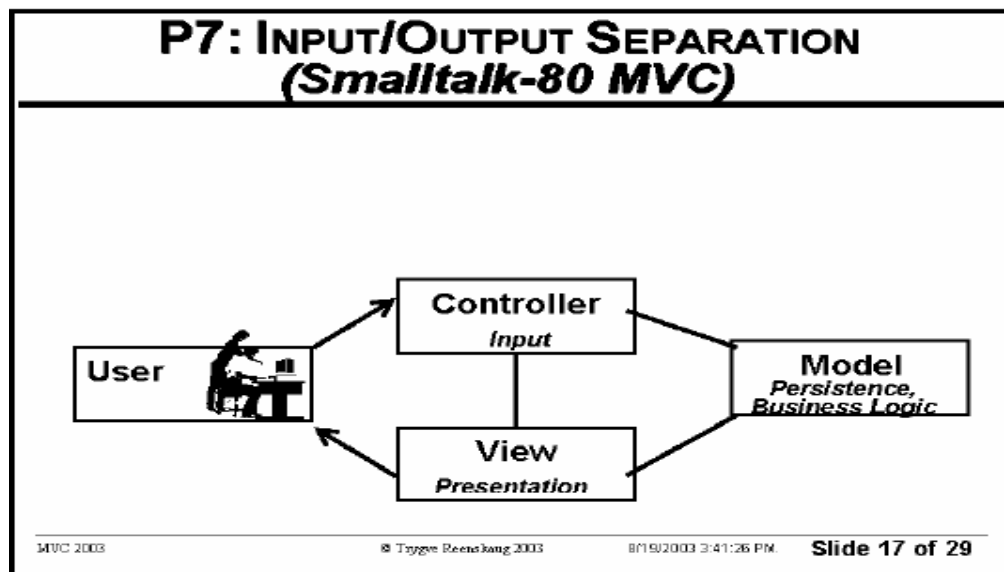


Figure 44 Pattern MVC (Trygve 2003)

Le modèle d'indicateur que nous proposons comprend trois parties. La Sélection des traces sur une ou plusieurs sources de traces, leur Analyse pour fournir des informations puis leur Visualisation qui peut se faire de diverses manières (fig 43).

Ce modèle est conforme au paradigme MVC où le Modèle M correspond à l'analyse, la Vue V correspond à la visualisation et le Contrôleur C correspond à la sélection. Le Modèle MVC est défini en 1979 par Trygve Reenskaug. Ce dernier définit le Modèle comme étant la connaissance (« Models represent knowledge » (Trygve 1979)). Coutaz (1990) dit du modèle qu'il «réunit l'ensemble des fonctions abstraites». La Vue est la représentation visuelle du modèle (« A view is a (visual) representation of its model » (Trygve 1979)) et le contrôleur est le lien avec l'utilisateur (« A controller is the link between a user and the system » (Trygve 1979)). La figure 44 montre bien ces trois parties du modèle et dévoile la similarité avec les différentes parties d'un indicateur (fig 43).

Illustration

Pour illustrer ce modèle de l'indicateur, nous prenons en exemple l'indicateur « Fréquentation de la plateforme » qui est un micro-indicateur calculé sur des traces d'activité d'apprenants.

L'étude de l'implémentation de cet indicateur montre trois parties :

- La Sélection : qui passe par la connexion à la base de données et qui consiste en l'exécution d'une requête pour obtenir les traces voulues ;

Chapitre 4 : Spécification de la méthode de Réutilisation des indicateurs

- L'Analyse qui traite les traces sélectionnées. La fonction calcule pour chaque apprenant la durée de connexion à la plateforme ;
- La Visualisation qui affiche sous forme de tableau les informations fournies par la phase d'analyse.

Les trois parties de l'indicateur sont visibles sur l'algorithme présenté plus bas (tableau 10).

```
public class FrequentationPlateforme {
// Déclarations
(...)
public FrequentationPlateforme(List leresultat) {

    database1.setConnection(new ConnectionDescriptor(
        "jdbc:mysql://localhost/mabase", "root", "", false,
        "com.mysql.jdbc.Driver"));
    Requete.setQuery(new com.borland.dx.sql.dataset.QueryDescriptor(database1,
        "Select T.identifiant as Apprenant, T.datetrace as DateConnexion, " +
        "S.DateDeconnexion FROM (SELECT datetrace, identifiant FROM traces " +
        "where envoi='C' ORDER BY identifiant) as T, (SELECT MAX(datetrace) " +
        "as DateDeconnexion , identifiant FROM traces GROUP BY identifiant) " +
        "as S WHERE S.identifiant=T.identifiant", null, true, Load.ALL));

    SimpleDateFormat formatAMJ = new SimpleDateFormat("yyyy/MM/dd HH:mm:ss.ms");
    formatAMJ.setLenient(false); Requete.open();
    while (Requete.next()){
        System.out.println("boucle1");
        app = Requete.getString("identifiant");

        //Remplissage des données dans la liste
        ident.identifiant=Integer.parseInt(app);
        while (Integer.parseInt(app)==ident.identifiant){
            //app = Requete.getString("identifiant");
            ti = Requete.getString("datetrace"); tf= Requete.getString("lesdateD");
            try{ dateC = formatAMJ.parse(ti); dateD = formatAMJ.parse(tf);}
            catch (java.text.ParseException e){System.out.println(e);}
            laduree = dateD.getTime() - dateC.getTime();
            nbHeures = laduree / 3600000.0f;
            DateDuree ladonnee=new DateDuree(ti,nbHeures);
            ident.donnee.add(ladonnee); }
        leresultat.add(ident);}

    public static void AfficherResultat(List resultat){
        int i;
        System.out.println("Apprenant Temps passé");
        try {
            i=0;
            while (resultat.next()!=null){
                System.out.print(resultat.identifiant.nom);System.out.print(" ");
                AfficherDonnee(resultat.identifiant.donnee)
                System.out.println; i++; }
            } catch (java.lang.NullPointerException exception1) { } }
        public static void AfficherDonnee(List donnee){...}

    public static void main(String[] args) {
        try {new FrequentationPlateforme(Resultat); AfficherResultat(Resultat);
            } catch (Exception exception) { exception.printStackTrace();}}
}
```

Tableau 10 Algorithme de l'indicateur « Fréquentation de la Plateforme »

4.1.3 La partie réutilisable d'un indicateur

Pour déterminer la partie réutilisable d'un indicateur, nous devons répondre à la question « Peut-on réutiliser les trois parties de l'indicateur ? ».

Nous allons étudier la réutilisabilité de chaque composante de l'indicateur en prenant en compte le paradigme MVC.

4.1.3.1 Sélection

Elle correspond à la partie Contrôleur d'un indicateur. Elle sélectionne les traces, issues de l'activité d'apprentissage, qui intéressent l'indicateur. Elle est la partie de l'indicateur qui est en relation directe avec les sources de traces.

La sélection des traces à partir d'une ou plusieurs sources de traces dépend de la nature de ces sources. Une source peut être une base de données (objet, relationnelle, autres) ou un fichier. La sélection d'un ensemble de traces à partir d'une base de données XML se fera en Xquery. La sélection d'un ensemble de traces à partir d'un fichier se fera par des instructions de lecture des lignes du fichier.

La réutilisation d'un indicateur dans un nouvel environnement de supervision, suppose l'utilisation de nouvelles sources de traces. La sélection des traces nécessaires à l'indicateur dépendra dans ce cas de la nature des nouvelles sources de trace. La phase de sélection d'un indicateur n'est donc pas réutilisable dans un nouveau contexte.

4.1.3.2 Analyse

L'analyse transforme les traces sélectionnées en un ensemble d'informations. Elle correspond à la partie Modèle de l'indicateur. Composée des « fonctions abstraites » (Coutaz 1990), elle est indépendante des traces issues du Contrôleur, donc des sources de traces auxquelles l'indicateur est lié.

La vision MVC, montre que l'analyse est indépendante des phases de sélection et de visualisation, et ainsi des sources de traces et plateformes d'apprentissage. Trygver dit du modèle qu'il est la connaissance. Perdre la connaissance incluse dans l'indicateur, revient à perdre l'indicateur. Il est nécessaire de réutiliser cette partie.

4.1.3.3 Visualisation

Cette partie correspond à la partie Vue du modèle MVC. Il peut exister plusieurs vues pour le même modèle. La visualisation des informations fournies par l'analyse est faite soit en présentant telles quelles les valeurs des informations, soit en utilisant des outils disponibles sur la plateforme. Les outils de visualisation peuvent être réutilisés, mais ils ne sont pas essentiels pour l'indicateur. Même s'ils peuvent faciliter l'interprétation des informations fournies par le Modèle (l'analyse), ils ne modifient en rien leur sémantique.

La majeure partie des environnements de supervision que nous avons rencontrés dans notre état de l'art affiche, sur l'interface utilisateur, les informations fournies par leurs indicateurs sans technique de visualisation spécifique (PépiSTEREO, DIANE, TACSI, SIGFAD, autres – voir chapitre 2). En même temps, on constate des invariants chez les quelques environnements qui utilisent des outils de visualisation. Par exemple les barres de progression sont utilisées dans les environnements FORMID, MOODOG et REFLET, pour visualiser des informations différentes.

Au lieu de réutiliser cinquante indicateurs avec les cinquante outils de visualisation associés, il serait préférable de recenser ceux qui sont souvent utilisés et de les intégrer à l'environnement de supervision. Il appartiendrait ensuite aux utilisateurs de choisir pour chaque indicateur qui les intéresse, l'outil de visualisation (la Vue) qu'ils trouvent adéquat. Cette option apporterait de l'adaptabilité à l'environnement de supervision où non seulement les outils de visualisation s'adapteront aux indicateurs mais également aux besoins des tuteurs. L'adaptabilité de l'interface de supervision est un aspect de la personnalisation de la supervision pour le tuteur que nous ne traitons pas dans cette thèse.

4.1.3.4 Conclusion

La partie que nous proposons de réutiliser dans un indicateur est sa phase d'analyse.

En mathématique, la question qu'on s'est posée sur les phases réutilisables reviendrait à identifier l'invariant. Ce dernier est aisément identifiable à partir de la figure 40, c'est la fonction « indicateur ». La fonction « indicateur » constitue la phase d'analyse.

Si nous reprenons notre exemple du paragraphe précédent, la partie réutilisable du « temps passé sur une page du contenu », est l'algorithme qui fait la différence entre les dates de premier accès à la page et de dernier accès à la page.

Pour les indicateurs de haut niveau, nous réutilisons la fonction $f()$ contenant les techniques d'exploitation de traces utilisées. Concernant les indicateurs de bas niveau, la fonction identité n'a pas besoin d'être réutilisée puisqu'elle n'agit pas sur les traces. Il suffit d'identifier dans la nouvelle source de traces, celles dont on a besoin. En nous projetant dans le paradigme MVC, les indicateurs de bas niveau sont obtenus lorsque le Contrôleur envoie directement les traces à la Vue.

4.1.4 Formalisme d'un Patron d'indicateur réutilisable et les conditions de réutilisation

L'architecte Alexander a introduit le concept de patron et les informaticiens (Gamma et al. 1999) s'en sont saisis pour définir le concept de patron de conception nécessaire à l'ambition de réutilisation. Alexander et al. (1977) dit du patron qu'il « décrit un problème qui se manifeste constamment dans notre environnement et donc décrit le cœur de la solution de ce problème, d'une façon telle que l'on peut réutiliser cette solution des millions de fois, sans jamais le faire deux fois de la même manière ». A partir de cette définition, Gamma et al. (1999), précisent le concept de patron de conception (design pattern). Celui-ci décrit une structure commune et répétitive de composants en interaction (la solution) qui résout un problème récurrent de conception dans un contexte particulier.

4.1.4.1 Patrons de conception pour l'Analyse des traces

La réutilisation d'un indicateur défini dans un contexte particulier, pose des problèmes d'applicabilité au nouveau contexte. Pour la rendre possible, nous proposons d'utiliser les « patrons » pour capitaliser les savoirs-faires en terme de définition d'indicateurs, plus précisément d'exploitation des traces, puisque nous ne réutilisons que la phase d'analyse.

D'autres travaux ont proposé des patrons de conception permettant le partage des connaissances en termes de collecte et/ou d'analyse des traces.

Le projet DPULS (*Design Patterns for recording and analyzing Usage of Learning Systems*) (Choquet 2004) a défini un ensemble structuré de patrons de conception contenant des solutions éprouvées à des problèmes d'analyse de traces d'usages d'un EIAH. Comme on peut le constater dans l'annexe 3 montrant un exemple de patron d'usage, la solution proposée est une description textuelle succincte de la méthodologie pour l'analyse des traces et du mode de calcul (manuel, semi-automatique, automatique). Ces patrons ne décrivent cependant pas explicitement la fonction $f()$ c'est-à-dire les algorithmes ou calculs à mettre en œuvre. La proposition du projet DPULS ne permet pas une réutilisation de l'indicateur, mais permet aux utilisateurs de voir le type d'indicateur qu'il faudra concevoir et implémenter pour un problème donné.

Le langage UTL2 (Choquet et Iksal 2007) a pour objectif « la capitalisation et la réutilisation du savoir faire en analyse des usages ». Il permet de décrire les indicateurs indépendamment des formats de traces et des scénarios d'apprentissage implémentés. Le langage UTL est

destiné à la capitalisation des observables¹⁰ dans un objectif de réingénierie des scénarios. Il peut cependant, selon Choquet et Iksal (2007), être élargi à la régulation d'une activité d'apprentissage.

UTL2 est pour l'instant dans une phase de conception. Néanmoins les propositions qui ont actuellement été faites méritent très largement qu'on s'y intéresse. L'étude du modèle d'information de l'indicateur décrit en annexe3 montre que la phase d'analyse de l'indicateur (composante *Method* de la partie *Getting*) est décrite en spécifiant si celle-ci est faite par un humain, de manière semi-automatique ou automatique. Lorsqu'elle est complètement ou partiellement automatique, la localisation de l'outil d'analyse est spécifiée dans la mesure du possible, ou alors, une description textuelle de cette analyse et des exemples doivent être donnés. Le contenu d'une description textuelle d'une méthode analyse est variable et ne permet pas forcément à un réutilisateur de la comprendre et de pouvoir l'implémenter. Si cet indicateur nécessite une base de connaissance, ou l'utilisation d'algorithmes complexes de classification ou d'association, cette description textuelle ne permettra pas l'implémentation de l'indicateur. Les informations fournies sur la phase d'analyse de l'indicateur ne garantissent pas sa réutilisabilité.

Le langage UTL2 propose une solution de capitalisation pour des indicateurs obtenus de diverses manières (humain, semi-automatique, automatique). Notre objectif est plus restreint car nous nous focalisons sur la réutilisation d'indicateurs obtenus de manière complètement automatique. Pour cela, nous proposons un formalisme de patron axé sur la description de cette méthode d'analyse. Pour garantir sa réutilisabilité, nous imposons une description en termes de formule, algorithme ou programme déjà implémenté. Cette option restreint le nombre de patrons à capitaliser. Cela dit, le concept de patron est dédié à la réutilisation de solutions qui ont déjà été utilisées avec succès dans des contextes réels. Dans ces cas précis, un algorithme, une formule ou un programme devrait pouvoir être fournis.

Le paragraphe suivant présente le formalisme que nous proposons pour les patrons d'indicateurs réutilisables. Ce formalisme s'inspire des travaux présentés.

4.1.4.2 Formalisme d'un Patron d'indicateur Réutilisable

Gamma et al. (1999) décrivent un modèle basique du patron de conception. Celui-ci est structuré en général de la suite :

- Nom : il permet de décrire le problème, ses solutions et leurs conséquences. L'attribution de noms aux patrons facilite la recherche de solutions ainsi que leur communication à des tiers ;
- Problème : il identifie les situations dans lesquelles le patron s'applique. Pour cela, Il expose le sujet à traiter et son contexte. Cette partie peut également contenir une liste des conditions à satisfaire pour que le patron s'applique valablement ;
- Solution : elle décrit les éléments qui constituent la conception, les relations entre eux, leurs parts dans la solution, leur coopération ;
- Conséquences : elles constituent les effets résultants de l'application du patron et les variantes de compromis que celles-ci entraînent (ex : volumes d'encombrement, rapidité d'exécution, impact sur la flexibilité d'un système, son extensibilité ou sa portabilité).

A partir de cette structure de base et de l'identification de la partie réutilisable d'un indicateur, nous proposons un formalisme pour décrire les patrons d'indicateurs réutilisables.

Ils seront composés du :

- Descriptif de l'indicateur ;

¹⁰ Eléments d'un scénario pédagogique devant être observés lors de l'exécution

- Problème : Objectif de Régulation visé et le Contexte de supervision dans lequel l'indicateur a été défini et utilisé ;
- Solution qui décrit la fonction « indicateur » et son domaine de définition ;
- Les Autres Patrons définis dans le même contexte.

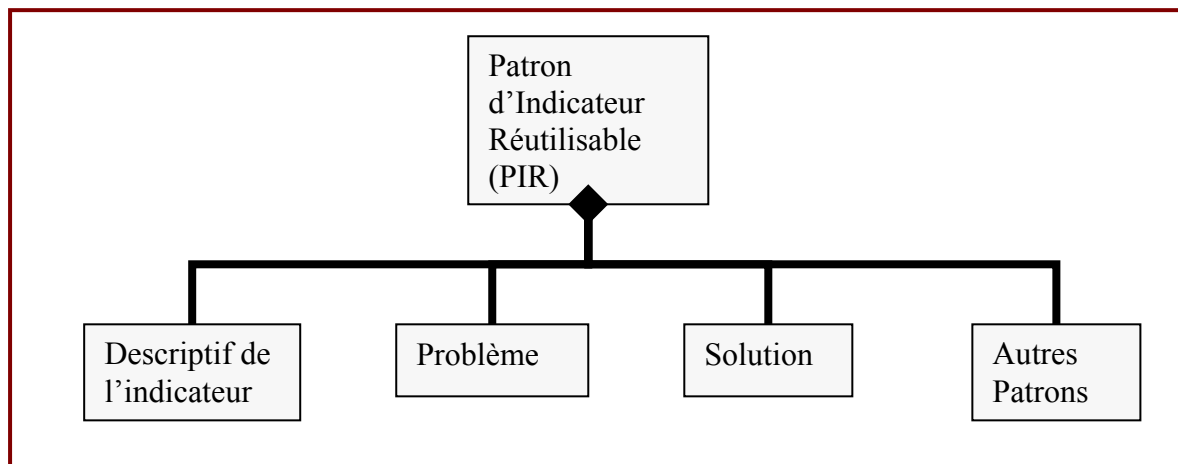


Figure 45 Composantes principales d'un patron d'indicateur réutilisable

➤ Descriptif de l'Indicateur :

Cette première partie du PIR fait un descriptif général de l'indicateur en spécifiant son nom, le type d'indicateur qui peut être Cognitif, Social, de Parcours, Technique, ou Autres, ainsi qu'une description un peu plus détaillée sur la signification de cet indicateur.

Malgré les résultats de l'enquête (chapitre3) qui ont montré que le modèle CAS permettait une classification des indicateurs (validé en classifiant les indicateurs proposés par les tuteurs), nous proposons une valeur « Autres » au type de l'indicateur. Ce rajout a pour objectif de rendre notre formalisme plus souple et ainsi faciliter son utilisation. Nous ne prétendons pas fournir une méthodologie incontestable de classification des indicateurs. Cette méthodologie peut être considérée comme un « patron » dans la mesure où elle a pu être utilisée avec succès sur les indicateurs (au nombre de seize) proposés par les tuteurs dans l'expérimentation MATES. Il est donc plus prudent de rajouter « Autres » aux types d'indicateurs pour ne pas restreindre les capacités de capitalisation de connaissances en matière d'indicateur de supervision, du formalisme que nous proposons.

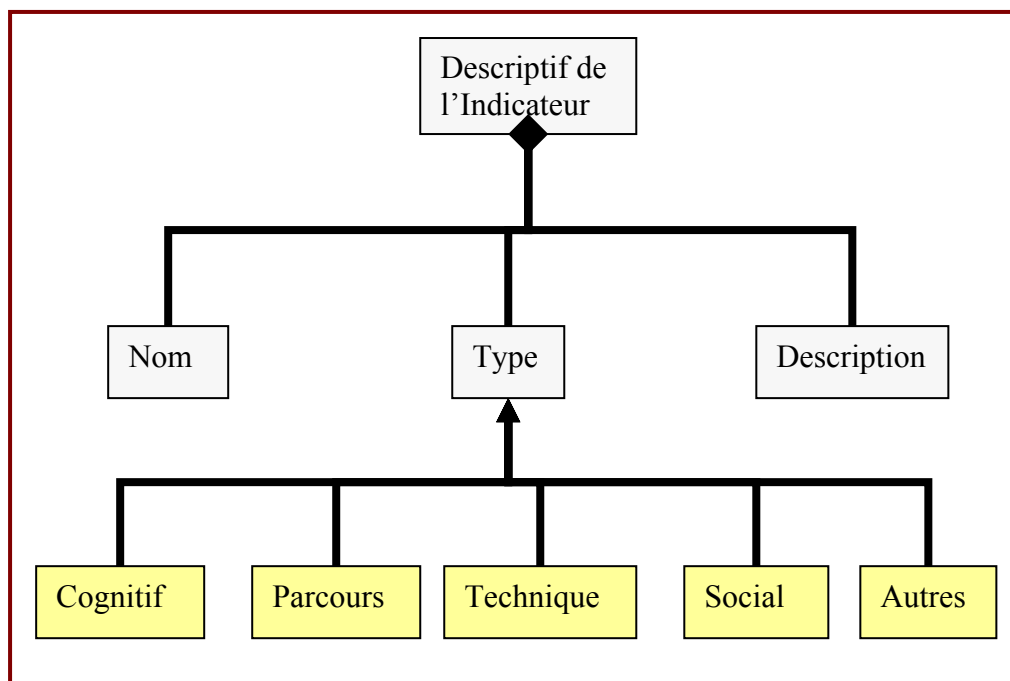


Figure 46 Descriptif de l'indicateur

➤ Problème

Le problème est composé de l'objectif de régulation que l'indicateur pourrait permettre d'atteindre, du contexte de supervision dans lequel cet objectif de régulation a été atteint et des contraintes spécifiques de réutilisation pour que cet indicateur ait du sens.

- Objectif de régulation

L'indicateur peut être défini pour atteindre un ou plusieurs objectifs de régulation. Un objectif de régulation peut être décrit avec le rôle visé qui est assez général et une description détaillée (cf. p89). Les types de rôles que nous avons recensés à travers la littérature sont d'ordre Cognitif, Social, Pédagogique et Technique.

- Contraintes spécifiques de réutilisation

Certaines contraintes spécifiques peuvent être posées pour que l'indicateur ait du sens. Par exemple, il faut que l'effectif du groupe soit supérieur à cinq.

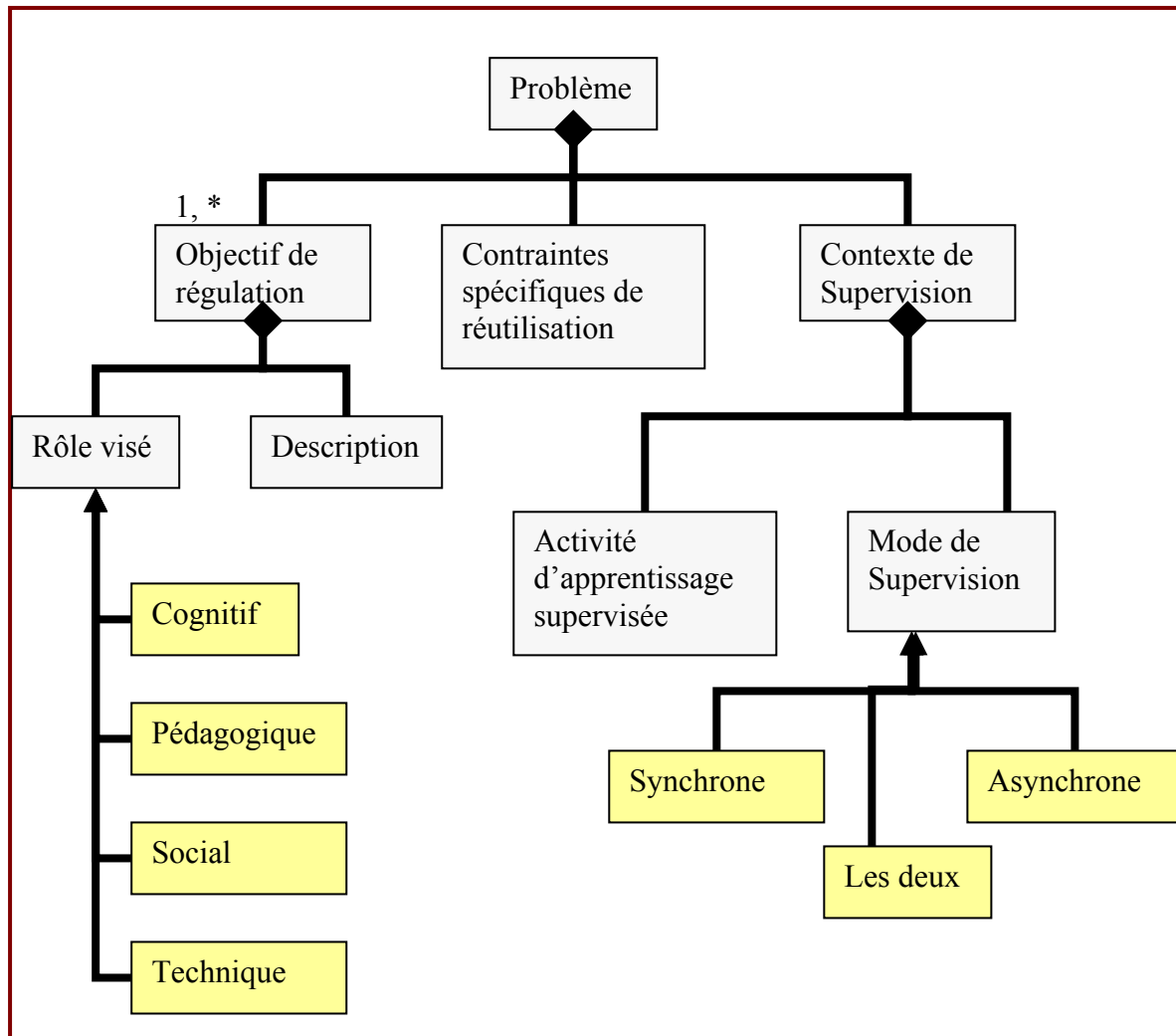


Figure 47 Contexte de supervision

- Contexte de Supervision

Le **contexte de supervision** décrit l'activité d'apprentissage qui a été supervisée avec cet indicateur ainsi que le **mode de supervision**. Un apprentissage peut être supervisé selon deux modes. Le tuteur supervise un apprentissage en mode synchrone lorsqu'il reçoit les indicateurs d'analyse d'interaction pendant l'activité des apprenants. Ce mode lui permet de décider des actions de régulation en temps réel et donc apporter des solutions au moment où les apprenants en ont besoin.

Il peut également superviser un apprentissage en asynchrone, c'est-à-dire lorsque l'activité est terminée. Cela lui permet par exemple de faire un bilan sur l'activité qui s'est déroulée, d'évaluer les atouts et les faiblesses du dispositif d'apprentissage et des scénarios prévus, de connaître l'état des connaissances des apprenants. Ce type de supervision pourra permettre au tuteur de préparer diverses actions de régulation à travers des activités d'apprentissage à venir.

Le mode de supervision, décrit dans le formalisme, correspond à celui pour lequel l'indicateur a été utilisé. Il peut être synchrone, asynchrone, ou les deux. Ce dernier cas signifie que l'indicateur a été utilisé pendant, puis après l'activité d'apprentissage.

Une **activité d'apprentissage**, dans un contexte d'apprentissage en ligne, est décrite par la connaissance qui est visée, les apprenants qui participent à l'activité, les outils qui servent à cet apprentissage et potentiellement le scénario qui l'organise.

En effet, elle se fait dans un domaine défini (exemple les mathématiques) et vise l'acquisition d'une connaissance précise (exemple le théorème de Pythagore). L'identification du domaine d'apprentissage et de la connaissance précise a son importance lors de la réutilisation d'un indicateur Cognitif. En effet un indicateur portant sur les connaissances utilisées par des apprenants ne peut être réutilisé dans un nouveau contexte que si celui-ci concerne le même domaine et la même connaissance mise en jeu. Par exemple, les « règles et théorèmes en acte utilisés par un apprenant » (Crozet 2005) est défini dans le domaine de l'algèbre plus précisément sur la factorisation d'expressions polynômiales de degré inférieur ou égal à 2. Il ne peut être réutilisé que sur cette dernière connaissance.

Sur la plateforme d'apprentissage, l'activité se fait à travers des outils qui peuvent être, par exemple, un simulateur, un micro-monde, un document hypermédia (voir la liste des types d'outils et des tâches correspondantes, proposée par De Vries (2001)). L'identification de l'outil d'apprentissage par son nom, sa description et le type de tâche qui y a été proposé, préconise l'utilisation des patrons d'indicateurs qui y ont été définis pour la supervision d'une nouvelle activité sur un outil similaire. En effet lorsqu'on utilise TPELEC, et qu'on sait par exemple que des indicateurs ont été définis ailleurs lors d'une modélisation sur le micro-monde, alors on pensera automatiquement à réutiliser les patrons d'indicateurs correspondants. En imaginant qu'on ne connaît pas le logiciel TPELEC, sa description nous permettra de voir les similarités avec notre outil et peut être de réutiliser les indicateurs qui ont été définis pour la supervision d'une activité sur le logiciel. En synthétisant la taxonomie de De Vries (2001), on peut dire qu'une tâche d'apprentissage peut être une argumentation, une modélisation, un questionnaire, une simulation, ou autres.

Les apprenants engagés dans une activité sont d'un niveau donné (ex : Licence Mathématique-Informatique). Leurs activités d'apprentissage se font selon un mode individuel, où l'apprenant est confronté seul à sa tâche, un mode collectif où les apprenants résolvent en groupe une tâche, ou également un mode hybride où les apprenants alternent des phases individuelles et collectives.

L'activité d'apprentissage peut être décrite par un scénario qui l'organise. Ce scénario peut suivre un modèle bien défini, par exemple le scénario FORMID. Même si le scénario ne suit pas un modèle connu, son nom et sa description faciliteront la réutilisation des indicateurs définis dans ce même contexte. L'identification de ces éléments est intéressante pour la réutilisation des indicateurs d'activité qui informent sur l'utilisation des outils par les apprenants. Quelque soit la connaissance proposée, on peut réutiliser les indicateurs d'activité mise en place dans un apprentissage organisé par un scénario similaire.

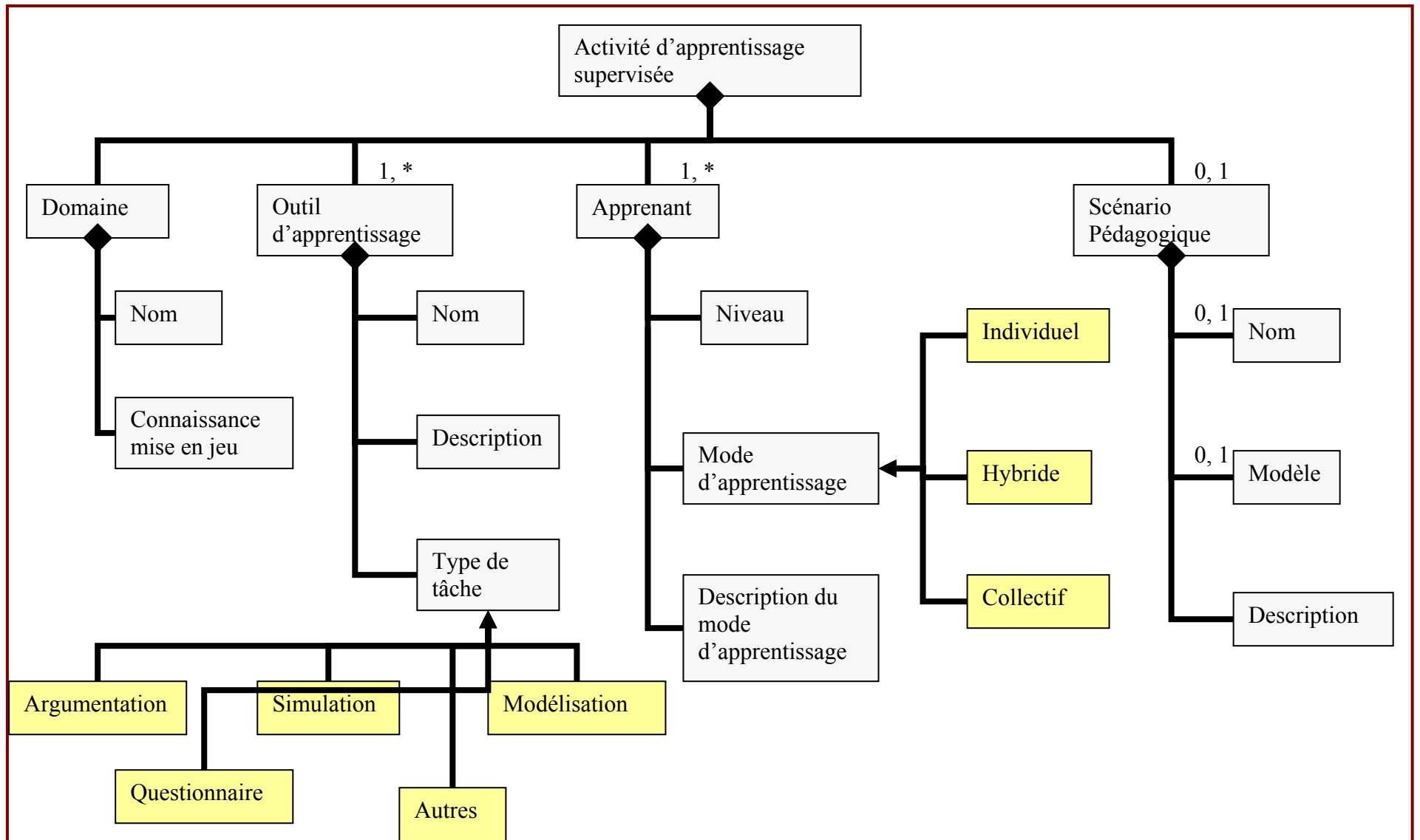


Figure 48 Une activité d'apprentissage supervisée

➤ Solution

La solution est composée de la fonction « indicateur », de son ensemble de définition (encore appelé domaine de définition) ainsi que de l'interprétation à donner aux résultats de la fonction « indicateur ».

La fonction « indicateur » peut être formulée dans le patron en tant qu'algorithme, formule mathématique ou programme. Lorsqu'il s'agit d'un programme, il est important de connaître le langage de programmation pour voir si l'environnement de supervision peut l'exécuter directement. La fonction « indicateur » doit obligatoirement être copiée dans le patron pour pouvoir être réutilisée.

Cette fonction a un ensemble de définition composé de l'ensemble de départ, les traces ou informations nécessaires, et l'ensemble d'arrivée, les informations fournies.

Une fonction peut utiliser une ou plusieurs traces (voir une ou plusieurs informations). Par exemple, l'indicateur « Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat » calculé sur les traces des expérimentations MATES, utilise les traces : « l'identifiant de l'apprenant », « sa réponse à la Question1 » et « sa réponse à la question Retour_Q1 ». Chaque trace est définie par son nom, un descriptif, son type (entier, caractère, chaîne de caractère, autres).

Les informations fournies par l'indicateur sont définies par leurs noms, leur descriptif, ainsi que les types associés (entier, caractère, chaîne de caractères, autres).

La solution est également accompagnée du descriptif de l'interprétation à donner à l'indicateur pour aider l'utilisateur final (le tuteur) à comprendre l'interprétation prévue pour cet indicateur.

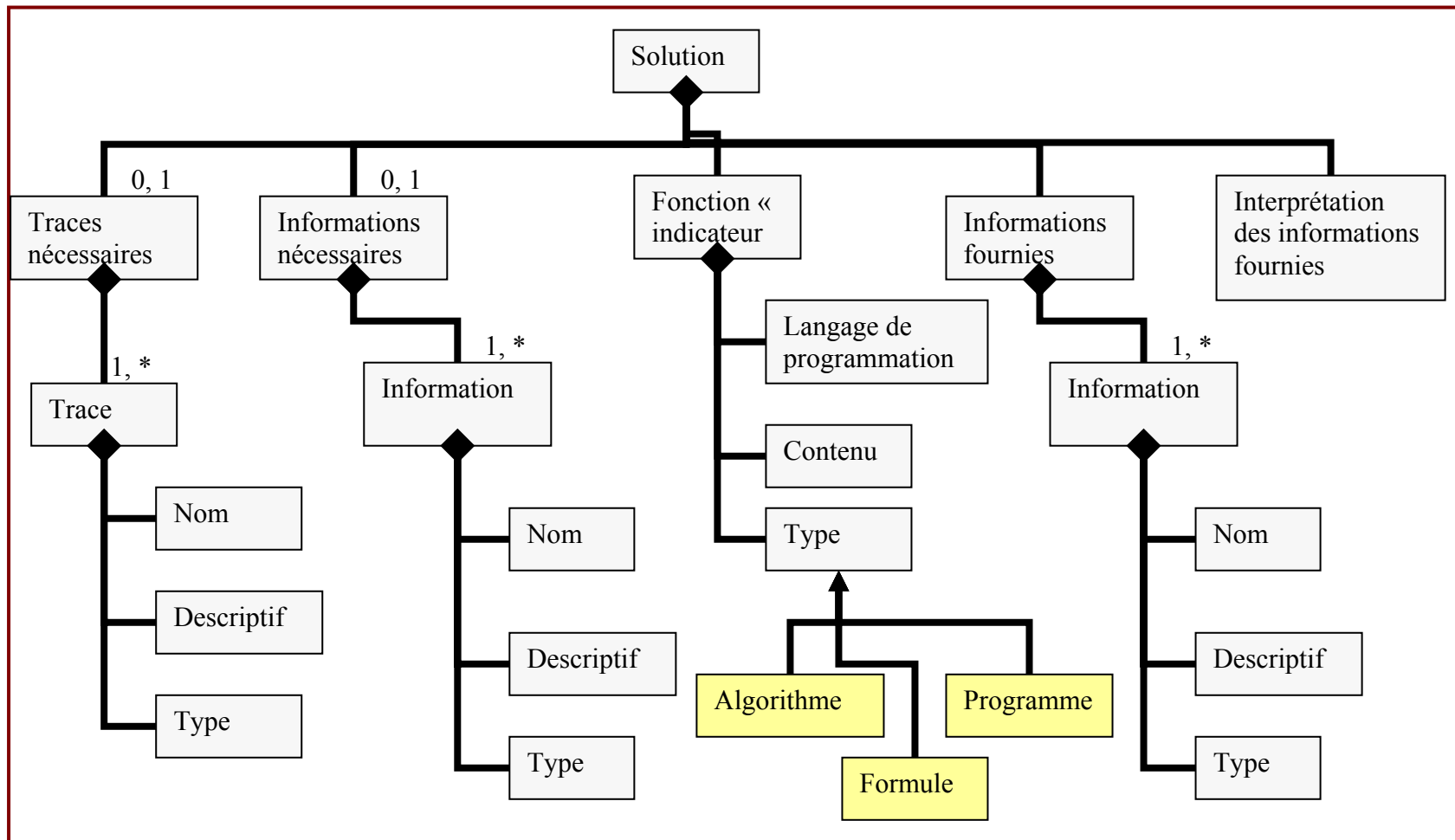


Figure 49 la solution : la fonction « indicateur », son domaine de définition et l'interprétation à donner aux informations fournies

➤ Les Autres Patrons

Dans cette partie, sont cités d'autres patrons soit parce qu'ils permettent d'atteindre les mêmes objectifs de régulation, soit parce qu'ils ont été définis dans le même contexte.

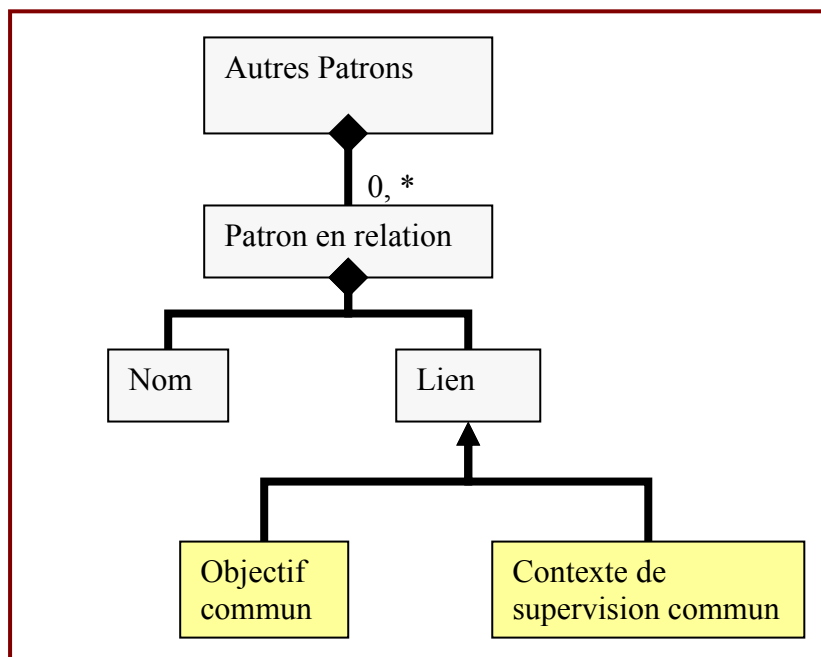


Figure 50 Les autres patrons liés au PIR

Chaque patron en relation est décrit par son nom et le lien qui le lie au patron actuel.

4.1.4.3 Les conditions de réutilisation

La solution d'un patron est par définition applicable chaque fois que le problème se pose. De façon plus technique, l'indicateur réutilisable peut être intégré dans un environnement de supervision s'il peut y trouver les traces dont il a besoin et dans les formats voulus. Si l'indicateur a besoin d'une trace « Identifiant » de type entier, la source de trace devrait pouvoir lui fournir une trace équivalente c'est-à-dire l'identifiant d'un apprenant (quelque soit son nom) de type entier. Le format de la trace dépend pour une grande partie de l'outil d'apprentissage sur lequel elle a été générée.

Le type et le format de la trace, sont nécessaires pour pouvoir réutiliser un indicateur dans un environnement de supervision, mais ils ne sont pas suffisants. Il faut également que le contexte de supervision de l'indicateur à réutiliser soit similaire, en des points, au contexte dans lequel les traces existantes ont été générées. Selon les types d'indicateurs, les conditions pour les utiliser dans la supervision d'une activité d'apprentissage sont les suivantes :

➤ Indicateurs Cognitifs

Dans le chapitre 3 nous avons vu que les indicateurs Cognitifs étaient calculés à partir des productions des apprenants pour informer le tuteur sur l'utilisation des connaissances proposées. Pour réutiliser ces indicateurs dans un nouveau contexte de supervision, il faudrait que les traces soient issues d'une activité dont le domaine d'apprentissage et la connaissance précise traitée sont identiques au contexte d'origine. Par exemple l'indicateur identifiant les conceptions des apprenants dans un exercice en électricité sur la loi d'ohm ne peut être réutilisé que dans ce même domaine.

➤ Indicateurs d'Activité

Les indicateurs d'activité sont obtenus à partir des traces issues des manipulations d'OP présents sur la plateforme pour refléter l'utilisation qui est faite des ressources et outils

disponibles sur la plateforme. Si l'indicateur a été défini sur une activité scénarisée et s'il est dépendant de la structure de ce scénario, il devra être réutilisé avec des traces issues de l'exécution d'un scénario similaire.

➤ Indicateurs Sociaux

Les indicateurs sociaux sont obtenus à partir des interventions des apprenants dans un espace de travail collaboratif pour refléter les relations entre les apprenants du groupe, leur participation au travail collectif. Si le patron d'indicateur révèle que l'indicateur a été défini pour la supervision d'une activité d'apprentissage scénarisée, les traces sur lesquelles il va être réutilisé doivent être issues d'un scénario similaire. Nous sommes bien sûr d'accord qu'un indicateur social ne peut être réutilisé que pour une activité collective.

En plus de ces différentes contraintes génériques que nous venons d'énoncer, il faut également prendre en considération les contraintes spécifiques, exprimées dans la partie « Problème » du patron. Ces contraintes sont liées à la valeur informative de l'indicateur et donc conditionnent son utilité. Par exemple, pour un indicateur cognitif donné, la contrainte peut être que les apprenants ne devraient avoir aucune notion sur la connaissance traitée, l'apprentissage doit être une découverte totale.

Les conditions que nous venons d'émettre peuvent sembler réduire de beaucoup les possibilités de réutilisation des indicateurs. Cependant les travaux actuels sur la réutilisation des scénarios prouvent le contraire (Emin 2008). Concernant les conditions sur les domaines d'apprentissage (nécessaire à la réutilisation des indicateurs cognitifs), il est évident que les indicateurs identifiant conceptions des apprenants en électricité, identifiés dans Michelet (2006), pourraient être réutilisés pour tous les apprenants francophones s'exerçant en électricité sur la loi d'ohm à travers un type d'EIAH donné.

4.1.5 Illustration avec le Patron « Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat »

DESCRIPTIF de L'INDICATEUR

Nom : Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat

Type : Cognitif

Description : les apprenants ont répondu à une question avant d'être conduit sur le chat. L'indicateur révèle si les apprenants ont changé de réponse ou pas après avoir discuté sur le chat.

PROBLEME

Objectif de régulation

Rôle visé : pédagogique

Description : proposer d'autres qcm aux apprenants selon leurs nouvelles réponses

Contraintes spécifiques de réutilisation : la réutilisation de cet indicateur suppose que l'activité d'apprentissage se déroule de la suite : une question est posée aux apprenants, ils en discutent ensuite, puis la même question leur est posée

Contexte de supervision

Mode de Supervision : Asynchrone

Activité d'apprentissage supervisée :

Domaine d'apprentissage

Nom : électricité

Connaissance mise en jeu : $U=RI$, les relations entre l'intensité et la tension dans un circuit en série

Apprenants

Niveau : 3^{ème} (collège) et 2^{nde} (lycée)

Mode d'apprentissage : hybride

Description du mode d'apprentissage : le mode d'apprentissage est décrit dans le scénario

Outil d'apprentissage :

Nom : Questionnaire qti

Description : le questionnaire suit le format QTI. Chaque question est composée d'un qcm et d'une zone de texte libre pour justifier son choix

Type de tâche : questionnaire

Outil d'apprentissage :

Nom : Chat

Description : un chat qui permet de discuter par écrit

Type de tâche : argumentation

Scénario pédagogique :

Nom : scénario LearnElec du projet MATES

Modèle :LDL

Description : le scénario est composé de 5 phases. Dans la phase 0 : les apprenants lisent les instructions et peuvent discuter entre eux et avec le tuteur pour les éclaircir. Dans les phases 1, 2 et 3, les apprenants répondent individuellement à une question du questionnaire qti, discutent de leurs réponses dans le chat par groupe de 2-3 (plus le tuteur), puis sont redirigés vers le questionnaire qti pour répondre de nouveau à la question. La phase 4 permet de faire le bilan. L'indicateur proposé dans ce patron a été utilisé dans la phase 1.

SOLUTION

Traces nécessaires

Trace

Nom : Identifiant Apprenant

Descriptif : correspond à l'identifiant d'un apprenant

Type : chaîne de caractère

Trace

Nom : Réponse avant le chat

Descriptif : c'est le choix de l'apprenant au qcm avant le chat.

Type : chaîne de caractère, type énuméré {Choice A, Choice B, Choice C}

Trace

Nom : Réponse après le chat

Descriptif : c'est le choix de l'apprenant au qcm après le chat.

Type : chaîne de caractères, type énuméré {Choice A, Choice B, Choice C}

Fonction « indicateur »

Langage de programmation : Java

Contenu :

```
// la base de connaissance après discussion
public String BCapresDiscussion[][]= {{"the learner doesn't change his position, he has
the same good answer", "the discussion make him change his position and adopt a false
answer", "his argumentation has changed but the answer is right" },
{"the discussion makes him understand his mistake", "The discussion doesn't make him
change his choice", "The discussion makes him understand his mistake"},
{"his argument has changed but the answer is also right", "the discussion make him
change his position and adopt a false answer", "his argument has changed but the answer is
also right"}};

public ImpactDiscussionP1xml(String[][] t) {
    (...)
    catch(Exception e){}
    try
    {
        Iterator i = listApprenants.iterator();
        Element courant = (Element)i.next();
        while(i.hasNext())
        {
            System.out.println(courant.getChildText("username")+ " 1");
            t[j][0]= courant.getChildText("username");
            if (courant.getChildText("question").compareTo("Question1")==0){
                premieravis=courant.getChildText("answer");
                if (premieravis.compareTo("ChoiceA")==0){t[j][1]=BasedeConnaissances[0];}
                if (premieravis.compareTo("ChoiceB")==0){t[j][1]=BasedeConnaissances[1];}
                if (premieravis.compareTo("ChoiceC")==0){t[j][1]=BasedeConnaissances[2];}
                //courant = (Element)i.next();
            }
            System.out.println(courant.getChildText("username")+ " 2");
            (...)
        }
    }
}
```

Type : Programme

Informations fournies

Information

Nom : Identifiant

Descriptif : Correspond à l'identifiant d'un apprenant

Type : chaîne de caractères

Information

Nom : Première Réponse

Descriptif : c'est la réponse que l'apprenant a donné au premier qcm

Type : chaîne de caractères, type énuméré {Choice A, Choice B, Choice C}

Information

Nom : Impact de la discussion

Descriptif : cette information dit si la discussion a fait changer d'avis ou pas l'apprenant et dans quel sens.

Type : chaîne de caractères

Interprétation des informations fournies

Pour chaque apprenant, nommé par son identifiant, cet indicateur donne sa première réponse et dit si l'apprenant a changé d'avis ou pas après la discussion. Il dit également si l'apprenant est passé d'une bonne à une mauvaise réponse, ou le contraire. L'interprétation est à faire pour chaque apprenant de la classe.

AUTRES PATRONS

Patron

Nom : Problème Technique dans le chat

Lien : Contexte de supervision commun

Patron

Nom : Nombre de messages en adéquation avec le sujet de discussion, envoyés dans le chat

Lien : Contexte de supervision commun

4.2 Architecture de l'environnement de supervision

Dans le paragraphe précédent, nous avons présenté un formalisme de description des patrons de réutilisation des indicateurs, dans le but d'apporter aux environnements de supervision la diversité d'indicateurs pouvant aider les tuteurs dans leurs rôles de régulation. Ces patrons explicitent des méthodes d'analyse de traces pour avoir certaines informations de supervision dans un contexte d'apprentissage particulier.

Notre objectif est de réutiliser les indicateurs décrits dans ces patrons en les intégrant à un environnement évolutif de supervision. L'architecture de cet environnement devra répondre aux contraintes que fixe notre problème de réutilisation. Nous allons dans un premier temps présenter les contraintes que pose l'architecture d'un tel environnement, avant de choisir une technologie pour la spécifier. Nous décrirons par la suite notre architecture de supervision et ses composantes.

4.2.1 Les contraintes

Pour permettre l'intégration des fonctions d'indicateurs dans notre architecture, nous devons utiliser une technologie qui permette :

- **Indépendance** : de les intégrer sans modifier les sources de l'environnement de supervision.

La fonction « indicateur » contenue dans le patron d'indicateur réutilisable est un algorithme, une formule, ou un programme. Pour être intégrée à l'environnement de supervision, elle doit d'abord être implémentée si elle n'est pas un programme. Ce programme d'indicateur obtenu doit pouvoir s'exécuter indépendamment du reste de l'environnement de supervision, lorsqu'on lui fournit les traces dont il a besoin. En nous référant au paradigme MVC que nous avons utilisé pour déterminer la partie réutilisable d'un indicateur, la composante Model correspondant à la fonction « indicateur » réutilisée devrait rester indépendante. Nous voulons conserver cette indépendance dans l'environnement de supervision.

L'intégration de ce programme de l'indicateur nous amène au problème connu de la réutilisation de logiciel (Coulange 1996) qui pose des contraintes liées entre autres à la fiabilité et à l'adaptabilité au nouveau contexte.

Pour pallier ce problème, la technologie utilisée doit pouvoir encapsuler le programme dans une entité indépendante.

- **Communication** : l'échange de données entre plusieurs entités logicielles pour faciliter la mise en place des phases de Collecte et de Visualisation qui restent complètement indépendantes de l'indicateur réutilisé.

En voulant réutiliser les indicateurs existants, nous avons dû récupérer leurs parties analyse et enlever les parties liées à la collecte et la visualisation préexistantes. Cela dit, pour que ces indicateurs puissent fonctionner et fournir des informations, il faut leur fournir des traces (composante Contrôleur de MVC) et visualiser les informations qu'ils fournissent (composante Vue de MVC). Notre architecture devrait permettre l'échange de données entre plusieurs entités logicielles, notamment entre Modèle, Vue et Contrôleur.

L'intégration des fonctions « indicateur » concerne deux types d'indicateurs, les micro-indicateurs et les macro-indicateurs. Les macro-indicateurs utilisent des informations issues d'autres indicateurs. Pour qu'ils puissent fonctionner dans l'environnement de supervision, celui-ci doit leur permettre de pouvoir échanger des données avec les indicateurs composites.

- **Ouverture pendant son utilisation** : l'intégration de nouveaux indicateurs sans avoir à ré-implémenter la plateforme de supervision.

Le domaine du génie logiciel propose plusieurs cycles de développement d'un logiciel informatique (exemples : cycle en V, en Spirale, en X).

Quel que soit le type de cycle de développement, on peut y distinguer globalement 3 phases qui sont l'analyse des besoins, la conception du logiciel et l'implémentation (figure 51). La réutilisation est actuellement possible dans chacune de ces phases (Coulange 1996).

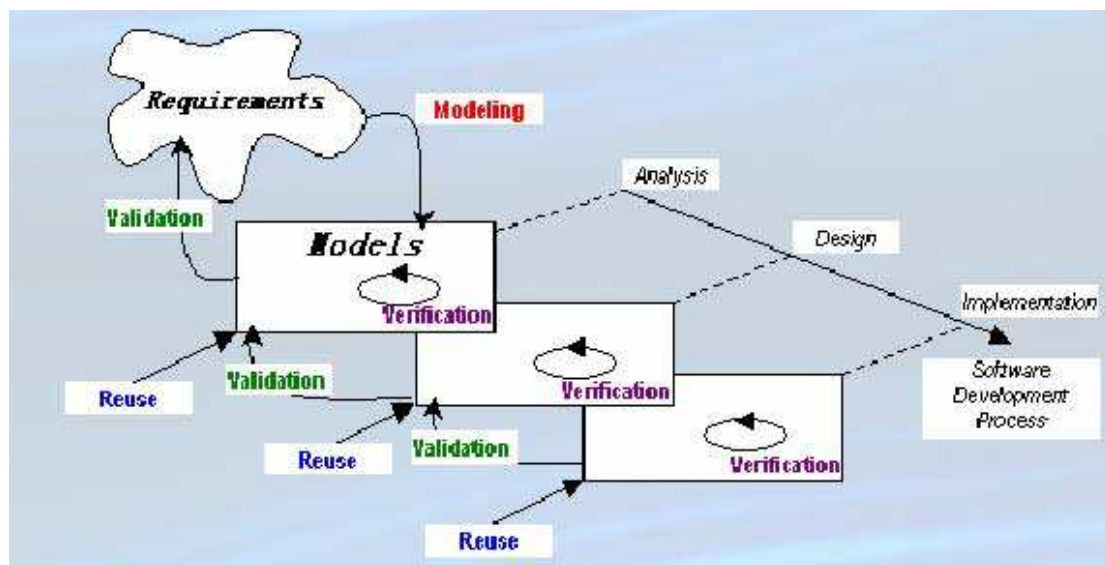


Figure 51 Réutilisation dans les différentes phases du cycle de développement d'un logiciel¹¹

L'enquête présentée dans le chapitre 3 nous a permis de constater que les enseignants ne se satisfaisaient pas des indicateurs prédéfinis dans un environnement de supervision. Celui-ci doit donc pouvoir évoluer et en proposer de nouveaux selon les besoins exprimés. Notre architecture devra donc permettre la réutilisation après la phase de développement donc après la création du logiciel de supervision.

¹¹ Cette image a été récupérée sur le site du laboratoire informatique de l'université de Pau et des pays de l'Adour (<http://liuppa.univ-pau.fr/themes/aoc/aoc/axes.php>). Il représente ses différents axes de recherche qui concerne la réutilisation dans les phases du cycle de développement d'un logiciel.

L'architecture devra donc être ouverte pour permettre l'intégration de nouveaux indicateurs, pendant son utilisation.

4.2.2 Quelle technologie pour cette architecture

Plusieurs technologies peuvent actuellement être utilisées pour la réutilisation dans le domaine du génie logiciel. On peut citer les composants, les services et les agents.

Nous les présentons brièvement avant d'en choisir une, répondant à nos attentes.

4.2.2.1 Composant

La technologie « composant », issue des approches orientées objets, est née d'une demande de plus en plus forte de réutilisation du code lors du développement d'applications informatiques. Un composant est un fichier (ou ensemble de fichiers) contenant du code compilé et réutilisable. Leriche (2006) le définit comme étant une évolution du concept d'objet qui reprend ses objectifs d'origine tels que l'encapsulation et la séparation entre interface et réalisation, la réduction de la complexité et la réutilisation dans une perspective de structuration plus importante que dans le modèle objet.

4.2.2.2 Service

La notion de service est au cœur des architectures orientées service (SOA). « Son objectif se concrétise par le fait de mettre à la disposition d'agents (humains ou logiciels) des processus métiers » (Rouillard et al. 2007).

Les SOA sont nés de l'évolution des systèmes d'information des organisations. Ces dernières ont alors des exigences en terme de réutilisation, de facilité d'échange de messages, de flexibilité, d'adaptation dynamique et rapide, de disponibilité, de sécurité et de pérennisation. L'architecture orientée service peut être vue comme « une manière de réorganiser les applications logicielles qui sont isolées et de supporter une infrastructure au sein d'un ensemble de services interconnectés, chacun accessible au travers de standards et de protocoles d'échange de message » (Rouillard et al. 2007). Les architectures orientées service sont souvent, mais pas toujours, basées sur les services WEB.

D'après Kellert et Tounami (2004), « la notion de Web service désigne essentiellement une application (un programme) mise à disposition sur Internet par un fournisseur de service, et accessible par les clients à travers des protocoles Internet standards ». L'objectif ultime de l'approche Web service est de transformer le Web en un dispositif distribué de calcul où les programmes (services) peuvent interagir de manière intelligente en étant capables de se découvrir automatiquement, de négocier entre eux et de se composer en des services plus complexes. Dans tous les cas, la notion de réseau local ou Internet, est capitale dans les architectures orientées service.

4.2.2.3 Agent

La technologie agent est issue de l'intelligence artificielle et des systèmes distribués. Elle est née d'une situation où les systèmes informatiques sont de plus en plus complexes, répartis sur plusieurs sites, et parfois constitués de logiciels en interaction. Un agent est « une entité autonome capable de communiquer, disposant de connaissances et d'un comportement privés ainsi que d'une capacité d'exécution propre. Un agent agit pour le compte d'un tiers (un autre agent, un utilisateur) qu'il représente sans être obligatoirement connecté à lui » (Leriche 2006).

L'agent possède des capacités d'autonomie (indépendance lors de l'exécution), de pro activité (capacité à prendre des décisions de manière autonome) et de communication. L'architecture à base d'agent convient aux environnements décentralisés et évolutifs, grâce à ses propriétés.

4.2.2.4 Notre Choix : la technologie agent

Chacune de ces technologies répond à notre première contrainte. En effet, l'encapsulation de la fonction « indicateur » dans un service, un composant ou un agent permet d'intégrer à l'environnement de supervision un indicateur indépendant qui peut s'exécuter sans modifier l'environnement d'accueil.

Aussi ces trois technologies permettent la communication entre entités. Les composants et les services peuvent échanger des données avec d'autres entités du même type lorsqu'ils connaissent l'interface de celles-ci. La technologie agent est plus évoluée à ce niveau. Lorsqu'il connaît le protocole de communication de son interlocuteur, un agent peut discuter avec n'importe quel autre agent s'il connaît son nom et son adresse. Il n'a pas besoin de connaître l'interface de son interlocuteur.

Notre troisième contrainte est la possibilité d'intégrer un nouvel indicateur sans avoir à réimplémenter l'environnement de supervision. L'intégration des composants doit être pensée pendant la phase de conception du système puis réalisée pendant l'implémentation. Un composant ne pourra être intégré à l'environnement de supervision que dans le cadre d'une réimplémentation. Ce qui n'est pas conforme à nos attentes.

Concernant les services, ceux-ci peuvent être intégrés pendant l'exécution de l'environnement de supervision (client). Cela est possible car ils peuvent provenir d'un autre système (fournisseur) appartenant au même réseau.

La capacité d'autonomie de l'agent associée à celle de mobilité (dans les systèmes distribués) fait que cette technologie permet également l'intégration de nouvelles entités pendant l'utilisation d'un système. Selon Leriche (2006), un agent mobile peut se déplacer d'un site à un autre en cours d'exécution, avec son code, ses données propres et son état d'exécution.

Les deux technologies, agent et service, répondent donc à nos trois contraintes. Leurs capacités de mobilité vers de nouveaux systèmes permettent de rendre ces systèmes évolutifs.

Nous choisissons d'utiliser la technologie agent, pour des raisons non scientifiques, liées à l'évolution de notre architecture de supervision pour par exemple fournir un compagnon au tuteur, toujours dans l'objectif de personnalisation de la supervision, mais également à son élargissement aux apprenants en leur fournissant par exemple un tuteur intelligent. Les travaux dans ce domaine montrent que les agents sont souvent utilisés (Pesty et al. 2003, Graesser et al. 2005). Notre ambition d'intégrer ces fonctionnalités à notre architecture serait donc facilitée si nous choisissons la technologie agent.

4.2.4 Description de notre architecture

Nous avons choisi de définir une architecture multi-agent ouverte permettant la réutilisation des indicateurs. Pour cela, nous utilisons la méthodologie de système Multi-agent proposée par la FIPA¹², qui est standardisée, et qui propose une plateforme de développement, Jade.

Un indicateur sera ainsi encapsulé dans un agent, pourra intégrer l'environnement implémenté pendant son exécution et communiquera avec d'autres agents sans connaître leurs interfaces. La réutilisation se base sur les patrons d'indicateurs réutilisables définis précédemment. La fonction $f()$ est encapsulée et les informations données dans le patron, pouvant être considérées comme ses métadonnées, faciliteront son intégration puis sa réutilisation (figure 52).

Par ailleurs, notre proposition se veut d'être un greffon, adaptable à diverses sources de traces. Dans ce paragraphe nous présentons notre architecture en spécifiant quelques éléments essentiels à savoir les utilisateurs, la méthodologie d'utilisation d'un patron d'indicateur pour obtenir un agent indicateur. Nous montrerons également comment les agents de notre

¹² www.fipa.org

architecture communiquent pour mettre en place les phases de collecte de traces et de visualisation nécessaires à chaque indicateur.

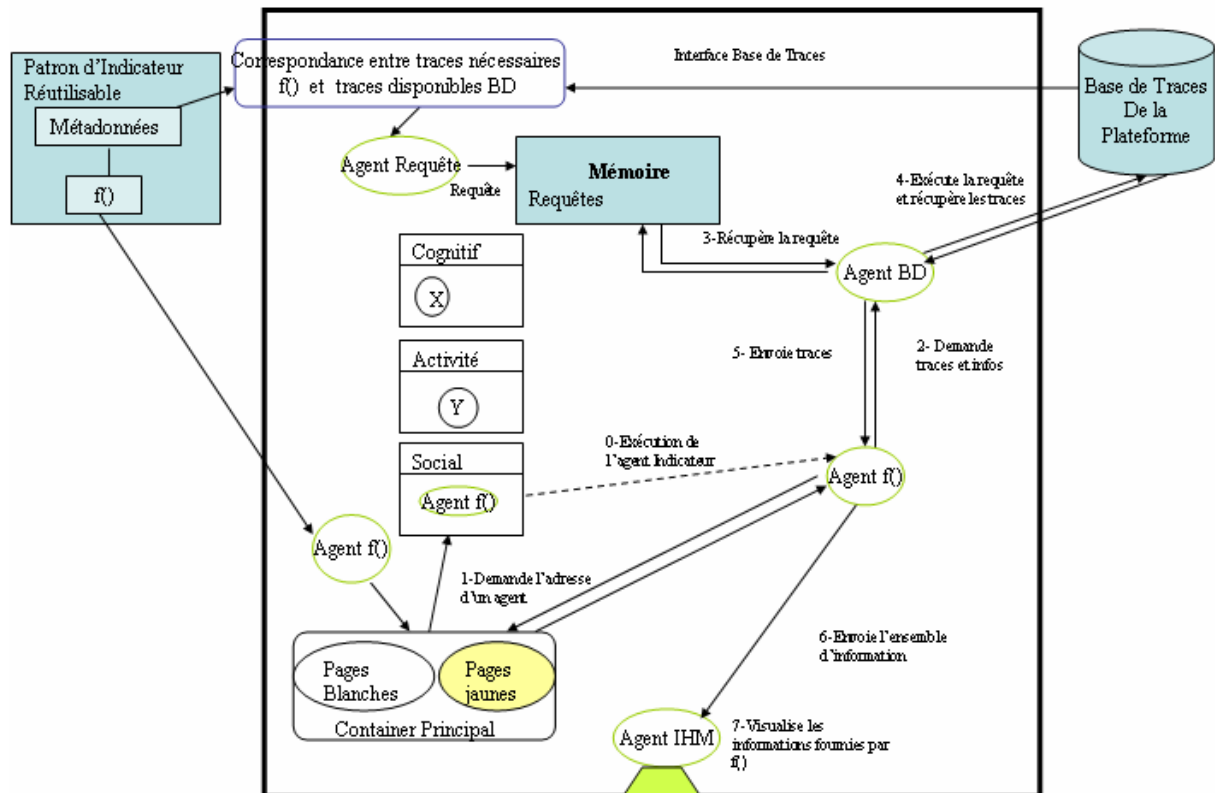


Figure 52 Architecture du Système Multi-agent Ouvert de Supervision

4.2.4.1 Les utilisateurs

L'architecture multi-agent de supervision est prévue pour deux types d'utilisateurs. L'adaptateur-intégrateur, un informaticien, est indispensable pour opérationnaliser un environnement basé sur cette architecture. Il a pour tâche :

- d'adapter la plateforme de supervision à la source de traces ;
- de se baser sur les patrons d'indicateurs réutilisables pour créer des agents indicateurs ;
- et enfin d'intégrer ces agents indicateurs à l'environnement de supervision.

L'adaptateur-intégrateur peut être considéré comme le back-office d'un environnement basé sur cette architecture.

Le second utilisateur est le tuteur. L'architecture lui est complètement dédiée. Il est le front office. Il profite des indicateurs intégrés par l'adaptateur-intégrateur, à travers un catalogue qui lui permet d'en choisir et de les visualiser.

4.2.4.2 Du Patron d'indicateur réutilisable à l'Agent Indicateur

Pour créer un agent indicateur, l'adaptateur-intégrateur se base sur le patron d'indicateur réutilisable. Ce dernier propose un savoir-faire sous-forme d'algorithme, de formule, ou de programme. C'est ce savoir-faire qu'il récupère et intègre à un agent indicateur. Cette intégration est expliquée plus en détail dans le chapitre 5 (paragraphe 5.1)

4.2.4.3 Les agents de l'architecture et leurs rôles

Il existe trois types d'agents dans notre architecture, tous concourant au bon fonctionnement de la réutilisation dans ce contexte de supervision. Nous les présentons dans la suite.

➤ les agents Annuaire : Les Pages jaunes et blanches

Situés dans le container principal (fig. 52), leur rôle est de faciliter la communication inter-agent sur la plateforme, en proposant un service d'annuaire. Pour cela, ils enregistrent les identifiant et adresse de chaque agent présent sur l'environnement et fournissent les adresses lorsqu'on le leur demande.

Un des grands avantages de la technologie agent est qu'elle permet la communication sans connaître l'interface de son interlocuteur. Il suffit de connaître son nom et son adresse pour pouvoir lui envoyer un message. Les agents annuaire existent dans tous les systèmes multi-agents développés avec Jade et n'ont pas ici de rôles spécifiques à la supervision.

➤ Les agents Système.

Les agents système ont pour rôle de recréer les phases de sélection de traces (Agent Requête et Agent Base de Données) et de visualisation (Agent IHM) nécessaires à l'indicateur et qui lui ont été amputées pour le rendre réutilisable (fig. 52).

Notre architecture étant greffée à une base de traces, elle doit permettre à chaque indicateur qui y est intégré d'obtenir les traces dont il a besoin. Deux types d'agents le permettent :

- **L'agent Requête** : Pour intégrer un indicateur réutilisable, l'adaptateur – intégrateur devra au préalable déterminer les traces issues de notre plateforme d'apprentissage qui lui sont nécessaires. Une interface visualisant la librairie des traces disponibles dans la base de traces permet de faire la correspondance entre traces nécessaires à l'indicateur et traces disponibles dans la base. Le rôle de l'agent requête est de créer la requête permettant à l'indicateur de sélectionner les traces dont il a besoin, dans la nouvelle source de traces. Cette requête est définie dans le langage d'interrogation de la base de données (Xquery, SQL,...). Elle est ensuite conservée dans la mémoire interne de l'architecture ;
- **L'agent Bases de Données** : Il fait la liaison entre la base de traces de la plateforme et les agents indicateurs. Lorsque ces derniers le lui demandent, il récupère la requête associée à chacun, qui a été créée par l'agent Requête et stockée dans la mémoire interne. Il l'exécute sur la base de traces et renvoie les traces sous le format approprié (document XML, dataset, ou fichier de données) aux indicateurs ;

Après avoir fait l'analyse, l'agent indicateur dispose d'un ensemble d'informations qui devrait être visualisé. **L'agent IHM** propose comme service la visualisation des informations qu'il reçoit, sur l'interface. Il récupère des tableaux d'informations que lui envoient des agents indicateurs, et les affiche à l'écran. Nous profitons ici de la richesse du langage de communication proposé par la FIPA (FIPA-ACL). Celui-ci permet à des agents de s'envoyer de simples messages textuels mais également des objets informatiques.

➤ L'agent Indicateur

L'agent indicateur est constitué essentiellement de la fonction $f()$, qui est la phase d'analyse de l'indicateur. Un agent indicateur dispose de quatre comportements essentiels :

- Identification au niveau des pages blanches et jaunes en donnant son nom et son adresse ;
- Récupération des traces auprès de l'agent BD en lui envoyant un message. L'agent BD transmet l'ensemble des traces requises dans un message de retour ;
- Analyse des traces et production d'un ensemble d'informations. Cette phase, unique pour chaque indicateur, est le comportement principal ;

- Transmission de l'ensemble d'informations obtenues à l'agent IHM pour que celui-ci le visualise.

Les comportements Identification, Récupération de traces et Transmission de l'ensemble d'informations obtenues sont communs à tous les agents indicateurs de la plateforme. Leur objectif est de permettre le bon fonctionnement de l'indicateur en lui apportant, par des communications avec les agents Système et Annuaire, les parties Sélection et Visualisation qui lui ont été amputées pour le rendre réutilisable.

Dans la figure 52, les agents Agent f(), X et Y sont des agents indicateur intégrés dans l'architecture.

4.2.4.4 Agent Compositeur

Nous avons vu dans ce chapitre que la réutilisation des indicateurs telle que nous la proposons n'est possible qu'avec les indicateurs de haut niveau contenant une phase d'analyse. Cependant, il existe deux types d'indicateurs de haut niveau.

Les micro-indicateurs n'utilisent que les traces de la base de données. L'architecture que nous venons de présenter leur permet d'être réutilisés.

Les macro-indicateurs nécessitent des informations issues d'autres indicateurs, associées ou non à des traces. Pour permettre la réutilisation de ces indicateurs, nous rajoutons à l'architecture précédemment présentée (figure 52) une fonctionnalité de composition des indicateurs à travers l'agent Compositeur. Cette composition est équivalente à celle des fonctions mathématiques : $gof(x)=g(f(x))$. Cela signifie que la fonction g() utilise les résultats de la fonction f() pour fournir une image.

L'utilisation de la composition se passe comme décrit dans la nouvelle architecture augmentée de la fonctionnalité de composition (figure 53). Lorsqu'un macro-indicateur est intégré à la plateforme, l'adaptateur intégrateur identifie non seulement les traces dont ils a besoin (si c'est le cas), mais également les informations issues d'indicateurs composites qui sont utilisées dans sa phase d'analyse.

Lorsque le macro-indicateur s'exécute (suite à la demande d'un tuteur), il demande à l'agent BD de lui donner les informations, et potentiellement, les traces dont il a besoin. L'agent BD cherche dans la mémoire interne les informations le concernant et découvre qu'il a besoin des informations fournies par un ou plusieurs indicateurs existants dans l'architecture et éventuellement de traces. L'agent BD envoie l'information à l'agent Compositeur et lui demande de prendre le relais pour fournir au macro-indicateur les informations requises.

Si le macro-indicateur nécessite également des traces, l'agent BD exécute la requête récupérée au niveau de la base de traces puis lui envoie les traces en attendant que l'agent Compositeur joue son rôle.

Le rôle de l'agent Compositeur est :

- de lancer l'exécution des indicateurs composites ;
- de récupérer les ensembles d'informations fournies par tous les indicateurs composites ;
- de sélectionner dans chaque ensemble, les informations dont notre macro-indicateur a besoin, de les classer dans le bon ordre ;
- avant de les lui envoyer.

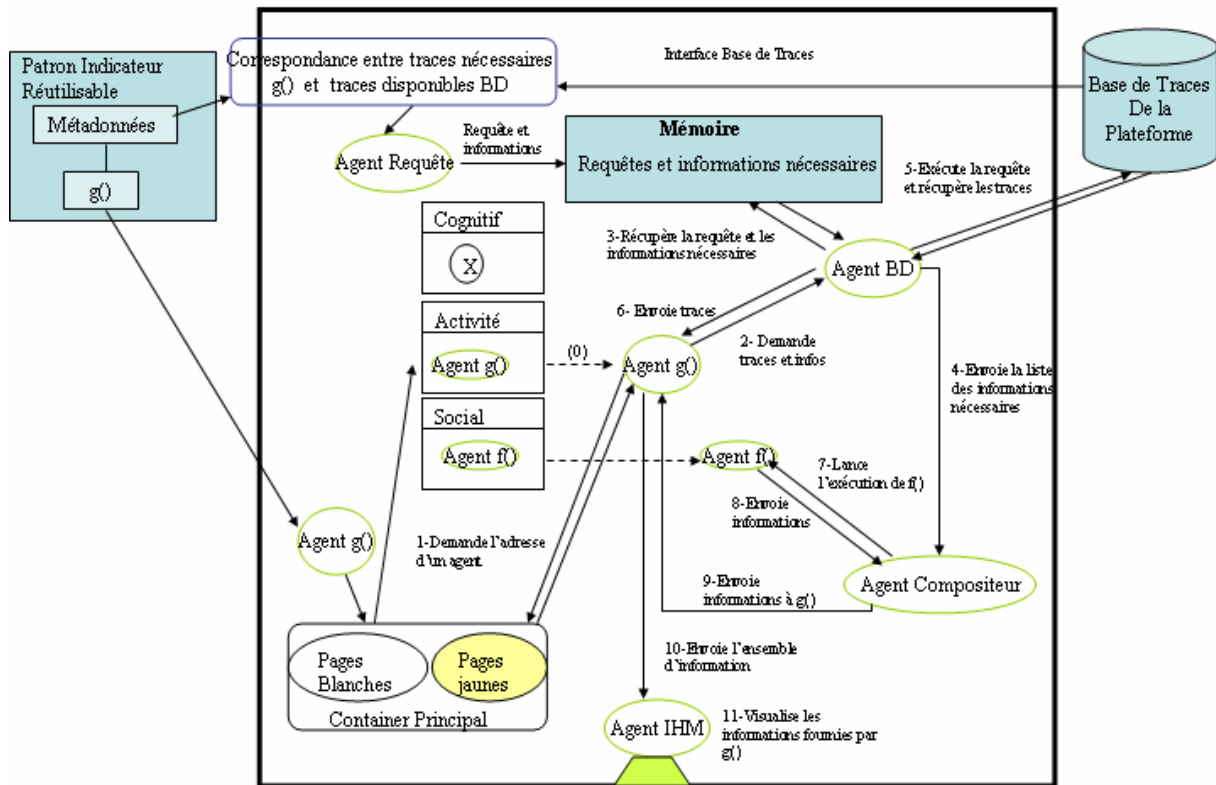


Figure 53 Architecture de Supervision augmentée de la fonctionnalité de Composition des indicateurs.

4.2.5 Agrégation d'indicateurs à travers le catalogue

L'opération d'agrégation des indicateurs n'est pas nouvelle. Randriamalaka et al. (2008) ont dans leur objectif d'élicitation d'indicateurs, proposé une méthodologie pour définir de nouveaux indicateurs à partir d'indicateurs existants et déjà utilisés. Ces nouveaux indicateurs constituent en réalité une agrégation des indicateurs existants. Leurs processus de définition par l'analyste pédagogique puis par le concepteur pédagogique (un tuteur) garantissent leur pertinence par rapport à une activité d'apprentissage.

Par exemple, l'indicateur « utilité du chat » est obtenu en agrégeant les indicateurs « Impact du chat », « Effectivité d'utilisation » et « Fréquentation du chat ». Il est proposé au concepteur qui, lorsqu'il le trouve pertinent pour superviser une activité d'apprentissage, lui associe une interprétation. L'interprétation de l'indicateur donné en exemple est ici : « Un support d'activité comme le chat est utile si son impact sur la qualité du rapport d'activité est positif, si son utilisation est effective et si sa fréquentation par chaque groupe est élevée » (Randriamalaka et al. 2008).

L'architecture que nous proposons permet à travers le catalogue, d'agréger des indicateurs. L'opération d'agrégation sur les agents indicateurs est faite par le tuteur lorsqu'il choisit un ensemble d'indicateurs à visualiser pour une situation d'apprentissage donnée.

L'agrégation des fonctions peut se faire avec des opérateurs de type conjonctif (« et »), disjonctif (« ou ») ou de compromis (ex : somme moyenne pondérée) (Grabisch et Penny 2002).

Dans notre architecture, l'agrégation des fonctions « indicateur » consiste à appliquer une opération de conjonction. On a $\mathbf{Agr}(f(x),g(y)) = f(x) \wedge g(y)$;

Cela implique l'exécution des agents indicateurs en simultanément, et l'affichage de tous les ensembles d'information résultant sur la même interface par l'agent IHM.

La différence entre la proposition de Randriamalaka et al. (2008) et la nôtre est que :

- L'identification des indicateurs à agréger se fait avant l'activité de supervision par un tuteur (le concepteur pédagogique), alors que la nôtre se fait pendant la supervision et par chaque tuteur (personnalisation).
- Un ensemble d'indicateurs agrégés est un indicateur qui a une dénomination et une interprétation, dans la proposition de Randriamalaka. Dans notre proposition, un ensemble d'indicateurs agrégés n'est pas nommé, même si les ensembles d'informations résultants ont du sens pour le tuteur qui l'a défini.

Dans une perspective d'amélioration de la personnalisation de la supervision, on pourrait envisager, dans EM-AGIIR, de permettre au tuteur de nommer et de mémoriser ses choix d'agrégation pour pouvoir les réutiliser ou les partager avec d'autres tuteurs.

4.3 Conclusion du chapitre

Ce chapitre instrumente notre proposition de réutilisation des indicateurs dans un environnement évolutif de supervision pour avoir la diversité et la quantité d'indicateurs nécessaires à un tuteur dans son activité de régulation des apprentissages.

Pour cela, il identifie la partie réutilisable d'un indicateur, qui est sa partie analyse représentée par la fonction $f()$, et organise son utilisation dans d'autres contextes à travers le concept de « Patron » décrit par le formalisme proposé. Le Patron d'Indicateur Réutilisable est un outil de capitalisation des savoirs-faires en termes d'exploitation des traces pour fournir des informations sur une activité d'apprentissage.

L'architecture de supervision proposée exploite les capacités de la technologie agent pour permettre à toute fonction « indicateur » qui y est intégrée d'obtenir les traces dont il a besoin (Agent Requête et Agent Base de données) et ensuite de visualiser les informations qu'il fournit sur l'interface du tuteur. Elle est augmentée d'une capacité de « composition » des indicateurs pour permettre l'intégration de macro-indicateurs, nécessitant des informations issues d'autres indicateurs de haut niveau.

Un environnement implémentant cette architecture est, pour le tuteur, un bon compromis entre un environnement de définition de traces difficilement exploitable et un environnement proposant un ensemble fixe d'indicateurs. Il lui donne plus de chance d'obtenir l'ensemble des indicateurs dont il pense avoir besoin pour jouer ses rôles cognitif, pédagogique, social et technique. Par la variété et la quantité des indicateurs qu'il propose, il permet de personnaliser la supervision. Le choix d'un ensemble d'indicateurs pour superviser une activité donnée constitue au niveau de l'architecture une agrégation des agents indicateurs correspondants.

Dans le paragraphe suivant, nous validons nos propositions informatiques en implémentant l'environnement EM-AGIIR selon l'architecture définie. Nous y intégrons plusieurs indicateurs à partir de leurs PIR, dont « Betweenness Centrality » défini par Brandes (2001).

Chapitre 5 : EM-AGIIR : Environnement Multi-AGent de supervision à base d'Indicateurs Réutilisés

Le chapitre 4 a proposé un formalisme de description des patrons d'indicateurs réutilisables ainsi qu'une architecture multi-agent permettant cette réutilisation. Nous validons la faisabilité informatique de ces propositions en implémentant un prototype, l'environnement EM-AGIIR, à partir de l'architecture proposée, et avec la plateforme multi-agent de développement JADE. EM-AGIIR est un Environnement Multi-Agent de supervision à base d'Indicateurs Réutilisés. La première partie du chapitre porte sur cette implémentation.

L'environnement nécessite les compétences d'un informaticien pour l'adapter à une base de traces et y intégrer progressivement des indicateurs. Le tuteur pourra ensuite l'utiliser pour consulter, à travers le catalogue, les indicateurs qui lui semblent pertinents pour assurer toute son activité de régulation. Dans les deuxième et troisième parties du chapitre, nous présentons EM-AGIIR selon les fonctionnalités offertes à chacun des utilisateurs, l'adaptateur-intégrateur puis le tuteur. Pour chacune de ces fonctionnalités, nous montrons sa validation avec les résultats (base de traces et indicateurs) du projet MATES mis en place dans le cadre du réseau européen Kaleidoscope.

La dernière partie du chapitre valide l'utilisabilité d'EM-AGIIR auprès d'un informaticien puis son utilité auprès des tuteurs en ligne du projet MATES.

5.1 Implémentation du prototype EM-AGIIR

L'environnement EM-AGIIR implémenté à partir de l'architecture évolutive de réutilisation des indicateurs est un prototype qui a pour objectif de prouver la faisabilité des propositions faites dans la thèse, en d'autres termes : (i) l'intégration d'un indicateur dans l'environnement, (ii) le fonctionnement des agents système qui fournissent les traces (ou informations) nécessaires à l'indicateur et affichent les informations qu'il fournit. Pour cela, nous avons implémenté les agents Système (Requête, Base de données, IHM et Compositeur), ainsi qu'un ensemble d'interfaces pour permettre aux utilisateurs d'accéder aux fonctionnalités offertes. L'accent a été moins mis sur l'ergonomie des interfaces que sur la mise en œuvre des fonctionnalités.

5.1.1 Adaptabilité à une base de traces

EM-AGIIR a été implémenté pour pouvoir être adapté à des Bases de données XML et relationnelles. L'adaptation consiste ici à une capacité à se connecter à une BD donnée dans l'objectif de générer le dictionnaire de cette base et de récupérer les traces nécessaires aux indicateurs. L'adaptation à un autre type de Base de données requiert le rajout d'une couche d'implémentation permettant la génération automatique de l'interface de la base de traces et son interrogation par les agents système pour obtenir les traces nécessaires aux indicateurs.

5.1.1.1 BD relationnelle

L'adaptabilité aux bases de données relationnelles est facilitée par JDBC. Celui-ci fournit des méthodes pour se connecter à une base (locale ou distante). Nous utilisons la méthode `getConnection()` qui prend en entrée l'url de la base, le pilote (driver), le login et le mot de passe de la base de données. L'implémentation de cette fonctionnalité permet à EM-AGIIR de se connecter à une base de données relationnelle, et aux agents système de communiquer avec elle.

Pour générer automatiquement le dictionnaire de la base de données relationnelle, nous avons utilisé les commandes SQL « Show Tables » pour avoir toutes les tables de la base de données

puis « Show Columns from NomTable » pour avoir tous les attributs d'une table ainsi que leurs types.

5.1.1.2 BD XML

La connexion à une Base de traces de type XML se fait à travers les méthodes proposées par l'API de la base. D'après Bourret (2003), « Presque toutes les bases XML natives¹³ proposent des APIs. Elles prennent habituellement la forme d'une interface semblable à ODBC, avec des méthodes permettant la connexion à la base, l'exploration des métadonnées, l'exécution des requêtes et la recherche des résultats». L'adaptabilité d'EM-AGIIR aux bases de données XML se fait par l'utilisation des méthodes de connexion proposées par les API correspondants.

La connexion permettra à l'agent BD de dialoguer avec la BD. Cependant, il subsiste une difficulté, celle de comprendre la structure de la base en générant automatiquement son dictionnaire.

Cette compréhension automatique de la structure de la BD XML est plus problématique que dans le cas d'une BD relationnelle car nous n'avons pas trouvé dans Xquery la fonctionnalité (équivalent de « Show Tables » et « Show Colume ») permettant d'obtenir le dictionnaire de la base.

La « dtd » ou le « schéma xsd de définition » (exemple tableau 11), produit antérieurement à la base, définit la structure d'une Base de données XML. Ce schéma modélise la base de données et donc existe toujours pour une BD donnée. Nous avons produit un algorithme permettant de générer à partir d'un schéma xsd, l'ensemble des traces possibles ainsi que leur types (cf. Annexe 5). Cet algorithme permettra à EM-AGIIR de comprendre la structure de chaque document xml de la base, et ainsi à l'agent Requête de créer les requêtes Xquery nécessaires à un indicateur à réutiliser.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <xs:element name="metadata">
    <xs:complexType>
      <xs:all>
        <xs:element ref="tool" />
        <xs:element ref="date" />
        <xs:element ref="username" />
        <xs:element ref="session" />
        <xs:element ref="activity" />
      </xs:all>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
  <xs:element name="date" type="xs:dateTime"/>
  <xs:element name="session" type="xs:string"/>
  <xs:element name="activity" type="xs:string"/>
  <xs:element name="tool" type="xs:string"/>
  <xs:element name="username" type="xs:string"/>
</xs:schema>
```

Tableau 11 Schéma xsd de la métadonnée des traces MATES

¹³« Une base de données XML native définit un modèle (logique) de document XML [*modèle* est ici opposé aux *données* du document], et stocke et retrouve les documents en fonction de ce modèle. Le modèle doit au minimum inclure les éléments, les attributs, les PCDATA et l'ordre interne du document » (Bourret 2003)

5.1.2 Intégrabilité d'un indicateur

Pour permettre l'intégration d'un indicateur, nous avons implémenté deux interfaces dans EM-AGIIR. La première permet le chargement de l'agent indicateur conformément à notre architecture et la seconde est dédiée à la visualisation du dictionnaire de la base de données afin de permettre le choix des traces (ou indicateurs) dont a besoin l'indicateur. Ces interfaces sont présentées dans la deuxième partie du chapitre (5.2).

5.1.2.1 Formulaire de chargement de l'agent indicateur

La première interface implémente les Patrons d'Indicateur Réutilisables définis. Elle est un formulaire dédié à recueillir et enregistrer les informations disponibles sur le patron d'indicateur réutilisable (PIR). Pour permettre le passage de la fonction « indicateur » proposée dans le PIR à l'agent indicateur à charger, nous avons implémenté un Programme Agent Java (PAJ). Le PAJ est un programme à trous dont la structure est conforme aux comportements de l'agent indicateur décrit dans le chapitre 4. La partie essentielle à compléter est le comportement Analyse avec la fonction « indicateur » décrite dans le PIR. Le tableau suivant montre un extrait du PAJ et l'annexe 4 en présente l'intégralité.

```
(.....)
public class
    extends Agent {
    private AID lagentBD;
    public String nom;
    public String type;
    (Les variables dont vous avez besoins)

    public (Le nom de la classe Agent) () {
    }

    (.....)
    //Analyse des traces pour obtenir de l'information
    class AnalyseTracesBehaviour extends OneShotBehaviour{
    public void action() { (Code d'analyse des traces collectées)
    }
    }
    (.....)
```

Tableau 12 Programme Agent Java (PAJ) : programme à trous pour créer un Agent Indicateur

Si la fonction « indicateur » est sous forme de programme, il suffit de l'intégrer au PAJ. L'implémentation de notre proposition se faisant avec la plateforme de développement Jade, (donc en java), si le programme fourni n'est pas en java, il faudra le traduire. Si la fonction « indicateur » est sous forme d'algorithme ou de formule, il faut l'implémenter en java avant de l'intégrer au PAJ.

Il est à noter que nous avons fourni deux types de PAJ : un premier pour les agents micro qui attendent des traces de l'agent Base de données, un second pour les agents macro qui peuvent utiliser des traces, et qui attendent surtout, des informations venant de l'agent Compositeur. Les deux types de PAJ, disponibles dans l'annexe 4, sont utilisés dans la suite (5.2).

Le PAJ complété par la fonction « indicateur » constitue un agent indicateur à charger par l'interface pour l'intégrer à l'architecture de supervision.

5.1.2.2 Interface de correspondance entre entrées nécessaires et disponibles

La seconde interface est dédiée à l'identification des entrées nécessaires à un agent indicateur. Pour cela, nous générons le dictionnaire de la base de traces sur l'interface et nous y affichons également la liste des indicateurs disponibles. Nous mettons ensuite sur cette même interface un rappel des entrées nécessaires à l'indicateur, fournies dans l'interface précédente (5.1.2.1) et nous implémentons une fonctionnalité de liaison entre entrées nécessaires et disponibles.

Cette fonctionnalité de liaison consiste en l'identification des traces utiles parmi celles disponibles. Elle affiche un trait entre une trace nécessaire et une trace disponible lorsque l'utilisateur veut signifier leur correspondance, et conserve ce choix.

L'interface de correspondance permet également de poser des contraintes de sélection ou d'ordre sur les traces voulues. En effet, si la fonction $f()$ prend en entrée (x_1, x_3, x_5) , elle ne fournira pas le même résultat que si on lui donne la suite (x_3, x_1, x_5) . L'ordre a donc son importance. Aussi les contraintes de sélection peuvent exister sur les traces, elles permettent de spécifier l'ensemble de départ d'un indicateur. Par exemple, la fonction $f()$ ne peut fonctionner qu'avec les $x_1 > 5$.

L'agent requête se base sur les choix de liaison qui ont été faits et les contraintes qui ont pu être posées sur les traces, pour créer une requête dans le langage de la base de traces puis la conserver en attente de l'exécution de l'agent indicateur.

5.1.3 Catalogue pour l'agrégation d'indicateurs

Nous avons implémenté une interface sur l'ensemble des indicateurs existants dans l'environnement de supervision: le catalogue. Elle permet de voir l'ensemble des indicateurs qui ont été intégrés ainsi que leurs métadonnées issues des patrons correspondants. C'est à partir des informations disponibles que l'utilisateur décide d'appliquer le patron à son contexte de supervision.

Cette interface est dotée de la fonctionnalité d'agrégation des indicateurs. Pour cela nous y avons implémenté une zone de recueil des indicateurs à agréger. Les exécutions des agents indicateurs correspondants sont déclenchées simultanément, après la sélection des indicateurs à agréger. Nous avons fait le choix de ne pas agréger plus de 4 indicateurs à la fois. Après que ces derniers aient été visualisés, le tuteur peut à nouveau en choisir d'autres. Ce choix d'implémentation est motivé par des critères d'ergonomie de l'interface de visualisation, afin d'éviter une masse trop importante d'information sur une même interface.

Lorsque les agents indicateurs s'exécutent, ils sollicitent les compétences des agents Base de Données (sélection de traces à partir de la base de traces) et Compositeur (déclenchement de l'exécution des agents indicateurs composites et récupération des informations nécessaires au macro-indicateur) pour obtenir les entrées nécessaires. Après avoir reçu leurs entrées et fait leur analyse, chaque indicateur envoie un ensemble d'informations à l'agent IHM. L'agent IHM attend de récupérer tous les ensembles d'informations avant de les afficher sur une même interface de visualisation. Chaque ensemble d'informations est accompagné de l'interprétation à lui donner (enregistrer dans le formulaire de chargement à partir du PIR).

5.2 EM-AGIIR : version adaptateur-intégrateur

L'adaptateur-intégrateur doit posséder des compétences en informatique pour accomplir les fonctions qui lui ont été allouées dans ce contexte de supervision. Il a pour tâche de connecter EM-AGIIR à la base de traces d'une plateforme à travers laquelle des activités

d'apprentissage doivent être supervisées. Il doit ensuite intégrer des indicateurs réutilisables à EM-AGIIR pour que la supervision puisse se faire.

L'interface de la figure 54 lui est présentée lorsqu'il se connecte à EM-AGIIR. Les fonctionnalités qui lui sont proposées sont affichées avec un certain ordre d'utilisation. En effet, il doit forcément connecter EM-AGIIR à une base de traces avant de pouvoir y intégrer des indicateurs et ensuite consulter le catalogue.

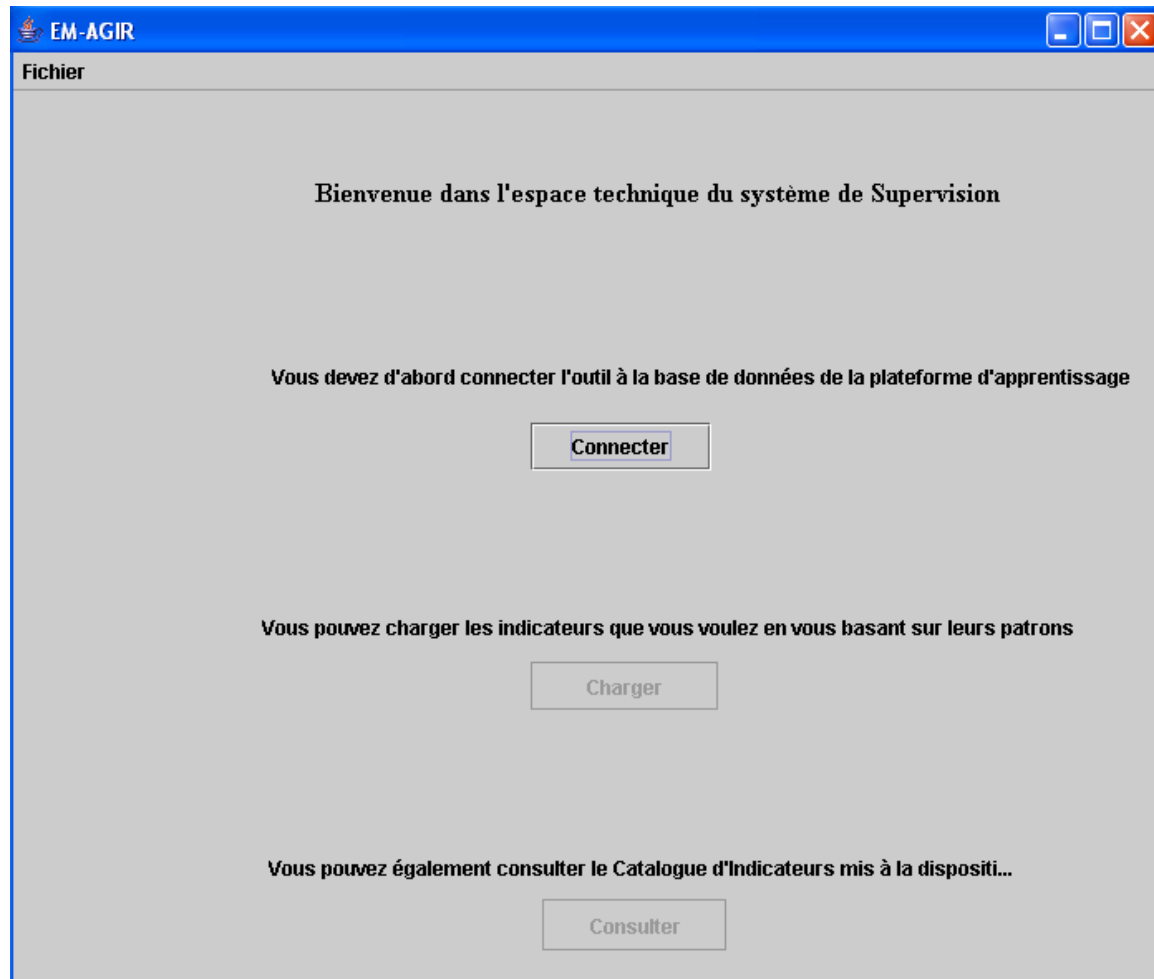


Figure 54 Interface d'accueil de l'adaptateur-intégrateur

5.2.1 Adaptation de l'environnement à une base de traces

L'adaptation d'EM-AGIIR à une base de traces consiste à fournir au système les informations nécessaires à la connexion à la source de trace. Cette connexion permet :

- la génération automatique de l'interface de la base de traces pour définir les traces nécessaires à un indicateur à intégrer ;
- l'interrogation de la base de traces par les agents système pour pouvoir collecter les traces nécessaires à un indicateur donné.

La figure 55 montre l'interface de connexion d'EM-AGIIR à une Base de traces où l'adaptateur-intégrateur doit saisir les paramètres de connexion à la base de traces. Si le langage d'interrogation de la Base de données est Xquery, l'adaptateur-intégrateur doit fournir des informations (sur l'interface de la figure 55) telles que :

- le nombre de schémas xsd (et les schémas eux-mêmes) associés à la base car il peut y avoir plusieurs types de collections de traces ;

- Les emplacements des collections de traces (documents) associées à chaque schéma xsd.

Supervision de l'apprentissage

Fichier

Connexion à la Base de traces de la plateforme d'accueil

Remplissez le formulaire ci-dessous pour connecter l'outil de supervision à votre base de données

Pilote

url de la BD

Login

Mot de passe

Langage d'interrogation de la BD

Si le langage est Xquery, combien de schéma xsd contient...

SCHEMA 1

Emplacement

Figure 55 EM-AGIIR : Interface d'adaptation à une nouvelle Base de traces

Pour tester cette fonctionnalité nous avons d'abord adapté EM-AGIIR à une Base de traces relationnelle, avant de le connecter à la base de traces « eXist » du projet MATES. Nous expliquons ces deux adaptations dans la suite.

5.2.1.1 Adaptation à une base de traces relationnelles

Après avoir implémenté EM-AGIIR, nous l'avons adapté à une base de traces relationnelles contenant des traces d'activités d'apprentissage collectées lors d'une expérimentation en électricité (Michelet 2005).

Pour cela, nous avons fourni les informations de connexion¹⁴ nécessaires à la base.

Nous avons testé l'intégrabilité des indicateurs avec l'indicateur « fréquentation de la plateforme d'apprentissage » dont l'algorithme est présenté dans le chapitre 4, tableau 10. La phase d'analyse identifiée dans le tableau 10 a été intégrée à EM-AGIIR à travers un agent indicateur. Cela dit, dans le reste du manuscrit, nous nous intéresserons à notre contexte d'expérimentation qui est la base de traces XML « eXist » créé lors du projet MATES.

¹⁴ Pilote : "com.mysql.jdbc.Driver", Url : "jdbc:mysql://localhost/mabase", Login : "root", Mot de passe : ""

5.2.1.2 Adaptation à la Base de traces XML « eXist » du projet MATES

Pour valider l'utilisabilité de notre environnement de supervision EM-AGIIR, nous l'avons adapté à la base de trace XML de type « eXist¹⁵ » qui est liée à la plateforme d'apprentissage LearningLab du projet MATES. « eXist » est une base de données XML native open source entièrement écrite en Java. Cette Base XML possède une API, et la connexion se fait à travers la méthode « connect() » offerte par celle-ci. Pour permettre cette connexion à distance, Ibn Elazzouzi¹⁶ (2007) implémente un composant, le CRManager (présenté sur la figure 56) qui établit une connexion avec la base et lui demande d'exécuter des requêtes en utilisant le protocole SOAP de communication. Nous réutilisons ce composant.

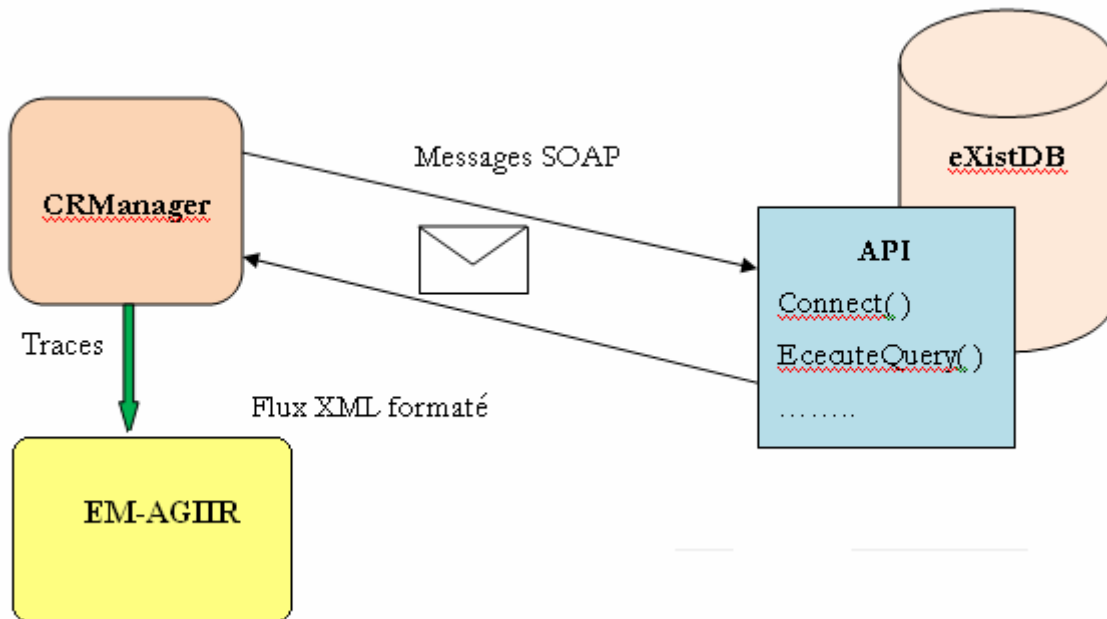


Figure 56 Adaptation à la base de traces Exist

Dans le contexte des expérimentations MATES, les traces peuvent être issues d'activités d'apprentissage sur plusieurs outils - un chat, un micro-monde en électricité TPELEC, un outil de création de questionnaire, un éditeur de texte partagé - et également du scénario LDL qui organise ces activités. Chacun génère des traces avec un schéma spécifique. Il existe donc 5 schémas xsd spécifiques dont les traces correspondantes sont respectivement stockées aux emplacements suivants :

- /db/SVL_archive/NomExpérimentation/chat ;
- /db/SVL_archive/NomExpérimentation/tpelec ;
- /db/SVL_archive/NomExpérimentation/qti ;
- /db/SVL_archive/NomExpérimentation/mobwrite ;
- /db/SVL_archive/NomExpérimentation/ldl.

Le nom de l'expérimentation peut être « testEchirolles4octobre » ou « Uguine071012 », valeurs qui correspondent aux deux expérimentations qui ont été faites.

5.2.2 Intégration d'un indicateur

Lorsque l'environnement est connecté à une base de trace, l'adaptateur-intégrateur peut y intégrer des indicateurs réutilisables. Pour cela, il faut dans une première phase créer un agent indicateur, puis le charger dans EM-AGIIR dans une deuxième phase, en spécifiant ses

¹⁵ <http://exist.sourceforge.net/>

¹⁶ Travail effectué dans le cadre d'un stage MIAAGE sur l'exploitation des traces MATES

métadonnées. La dernière phase consiste à identifier les traces nécessaires à l'indicateur parmi celles existantes dans notre source de traces.

La figure 57, montre l'interface d'intégration d'un nouvel indicateur. Elle est utilisée lors de la deuxième phase de chargement de l'indicateur, lorsque l'agent indicateur est déjà créé.

The screenshot shows a software window titled "EM-AGIIR" with a menu bar containing "Fichier". The main content area is titled "Intégration d'un nouvel Indicateur" and includes the instruction "Remplissez les champs ci-dessous avec les informations du Patron". The interface is organized into several sections:

- Contexte de supervision:** Includes fields for "Domaine d'apprentissage [nom, connaissance mis en jeu]", "Outils d'apprentissage" (with sub-fields for "Noms, Descriptifs" and "Type de Tâche"), "Apprenants" (with sub-fields for "Niveau", "Mode d'apprentissage", and "Description"), "Scénario d'apprentissage", and "Mode de Supervision".
- Descriptif Indicateur:** Includes fields for "Nom Indicateur", "Type" (a dropdown menu), "Description", and "Contraintes spécifiques de réutilisation".
- L'Indicateur:** Includes a large text area for "Traces et/ou Informations nécessaires", and two input fields for "Informations fournies" and "Interprétation informations".

At the bottom of the window, there are three buttons: "Charger", "Ajouter", and "Annuler".

Figure 57 Interface d'intégration (phase de chargement) d'un nouvel indicateur

5.2.2.1 Phase 1 : Création de l'agent Indicateur

Pour créer un agent indicateur, il faut remplir le squelette du Programme Agent Java (PAJ, voir annexe 4) avec la solution du Patron d'Indicateur Réutilisable. Comme indiqué dans le chapitre 4, le comportement d'« Analyse » de l'agent (class AnalyseBehaviour), est la partie principale à compléter.

Selon le type d'indicateurs à intégrer (macro ou micro), l'adaptateur-intégrateur choisira le Programme Agent Java adéquat.

5.2.2.2 Phase 2 : Chargement de l'agent Indicateur

Lorsque l'agent indicateur est créé, l'adaptateur intégrateur l'intègre à partir de l'interface d'intégration d'un indicateur présentée sur la figure 57. Sur celle-ci, il copie l'ensemble des

informations nécessaires à la réutilisation de l'indicateur et disponible sur le patron. Il doit notifier les informations liées :

- au contexte de supervision (description succincte de l'activité supervisée et du mode de supervision) ;
- à la description de l'indicateur ;
- au domaine de définition (traces et/ou informations nécessaires, informations fournies et interprétation de ces informations) de la fonction « indicateur » qui a été encapsulée dans l'agent ;
- aux contraintes spécifiques de réutilisation liées à l'indicateur.

Il doit ensuite charger dans EM-AGIIR, le fichier de l'agent indicateur créé. L'intégration est à ce niveau partiellement faite car il reste à identifier les traces et/ ou informations nécessaires à l'indicateur parmi celles disponibles.

5.2.2.3 Phase 3 : Définition des entrées (traces et/ou informations nécessaires)

Pour définir les composantes nécessaires à l'indicateur, l'interface de correspondance entre les traces (et/ou informations) nécessaires et les traces (et/ou informations) disponibles est présentée à l'adaptateur-intégrateur. Si la base de trace est de type relationnelle la liste des traces disponibles est affichée directement sur l'interface avec les instructions SQL « show tables » et « show columns ». Dans le cas d'une base de trace XML, l'adaptateur-intégrateur doit signifier à partir d'une liste proposée (correspondant aux schémas xsd qu'il avait donné pendant l'adaptation) les types de documents dont il a besoin. EM-AGIIR génère automatiquement et affiche sur l'interface, les traces possibles.

Deux cas de figures se présentent :

- Si on a un micro-indicateur, l'adaptateur relie par un trait (fonctionnalité offerte par l'interface) les traces nécessaires aux traces disponibles auxquelles elles correspondent
- Si on a un macro-indicateur, l'adaptateur doit choisir dans la liste d'indicateurs disponibles, ceux qui entrent dans la composition du macro-indicateur. L'ensemble des informations fournies par ces indicateurs composites est affiché sur l'interface. L'adaptateur-intégrateur peut maintenant relier les informations nécessaires à celles correspondantes dans les informations disponibles. Si le macro-indicateur nécessite également des traces, il suit la même procédure que pour les micro-indicateurs, sur la même interface.

5.2.2.4 Illustration 1: Intégration du micro-indicateur « Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat »

A partir d'une dizaine d'indicateurs définis dans le contexte du projet MATES, nous avons créé une collection de patrons d'indicateur réutilisable correspondants. En jouant le rôle de l'adaptateur-intégrateur, nous avons intégré l'ensemble de ces indicateurs à EM-AGIIR. Le micro-indicateur cognitif « Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat » est issu de cette collection de patrons. Nous présentons son intégration dans la suite.

Dans l'annexe 4, l'agent Indicateur « ImpactDiscussionP1.java » a été créé en remplissant le PAJ pour les micro-indicateurs et en se basant sur le patron « Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat » présenté dans le paragraphe 4.1.5. Pour le créer, nous avons récupéré la fonction « indicateur » intégrée au patron que nous avons inséré dans le comportement AnalyseBehaviour du PAJ.

Après avoir créé l'agent indicateur, nous l'avons intégré à EM-AGIIR. Pour cela, nous avons rempli l'interface présentée sur la figure 58 avec les métadonnées du PIR. L'indicateur a permis de superviser une activité sur un questionnaire QTI en électricité qui concerne plus

précisément la connaissance « U=RI ». Cette activité était destinée à des élèves de 3^{ème} qui ont travaillé en alternant des phases individuelles et collectives sur le chat, conformément au scénario MATES prescrit. Nous avons spécifié sur l'interface de la figure 57 les traces nécessaires, les informations fournies ainsi que l'interprétation des informations fournies. Il n'y a aucune contrainte spécifique pour la réutilisation de cet indicateur.

Ensuite, nous chargeons le fichier correspondant à l'agent indicateur, en l'occurrence, ici, « ImpactDiscussionP1.java »

EM-AGIIR

Fichier

Intégration d'un nouvel Indicateur

Remplissez les champs ci-dessous avec les informations du Patron

Contexte de supervision

Domaine d'apprentissage [nom, connaissance mis en jeu]
électricité, U=RI

Outils d'apprentissage
Noms, Descriptifs: QCM "qti" et Chat
Type de Tâche: Questionnaire

Apprenants
Niveau: 3ème collègue
Mode d'apprentissage: Hybride
Description: décrit dans le scénario

Scénario d'apprentissage
MATES, modèle LDL, il y'a 5 phases dont trois où les

Mode de Supervision: Asynchrone

Descriptif Indicateur

Nom Indicateur: Changement de réponse (ou p)
Type: Coactif
Description: es apprenants ont répondu à une question avant d'être conduit sur le chat. L'indicateur

Contraintes spécifiques de réutilisation

L'Indicateur

Informations fournies: Identifiant:String, Première réponse
Interprétation informations: Pour chaque apprenant, nommé pa

Traces nécessaires
Identifiant Apprenant: String
réponse avant chat:{choicea,b,c}
réponse après chat: {choicea,b,c}

Charger e:\src\supervisionapprentissage\ImpactDiscussionP1.java

Ajouter **Annuler**

Figure 58 EM-AGIIR : Interface d'Intégration d'un nouvel indicateur

Après avoir validé cette première phase, l'interface de détermination des traces nécessaires à l'indicateur s'affiche (fig. 59). Nous y déterminons l'expérimentation qui intéresse l'indicateur, « testEchirolles4octobre », et l'outil au travers duquel les traces ont été créées, le questionnaire qti. Lorsque ces deux éléments sont identifiés, le système remplit automatiquement le tableau des traces existantes, en se basant sur ces dernières informations. Nous faisons alors la correspondance entre les traces nécessaires et les traces existantes affichées par le système. L'indicateur a besoin de l'identifiant de chaque apprenant, de sa réponse avant le chat et de celle après le chat. Les traces correspondantes dans la Base de

Trace « eXist » sont $\$/\text{trail}/\text{traceQTI}/\text{username}$ et $\$/\text{trail}/\text{traceQTI}/\text{answer}$. Pour obtenir les deux types de réponses (avant chat et après chat), l'adaptateur-intégrateur qui connaît bien la structure et les types de traces contenus dans la base rajoute des contraintes de sélection. Les réponses doivent être celles des questions « Question1 » et « Retour_Q1 ». Par ailleurs, les traces fournies doivent être ordonnées selon les identifiants et la date de création de la trace.

EM-AGIIR

Fichier

Correspondance entre traces nécessaires et traces existantes de la Base de Données

A quelle expérimentation vous intéressez-vous?

Vous voulez utiliser des traces issues de combien d'outil d'apprentissage?

Traces nécessaires

| |
|---------------------------------|
| identifiant Apprenant: String |
| réponse avant chat{choicea,b,c} |
| réponse après chat{choicea,b,c} |
| |
| |
| |
| |
| |

Traces existantes

| |
|---|
| $\$/\text{metadata}/\text{tool}$ xs:string |
| $\$/\text{metadata}/\text{date}$ xs:dateTime |
| $\$/\text{metadata}/\text{username}$ xs:string |
| $\$/\text{metadata}/\text{session}$ xs:string |
| $\$/\text{metadata}/\text{activite}$ xs:string |
| $\$/\text{trail}/\text{traceQTI}/\text{idObj}$ |
| $\$/\text{trail}/\text{traceQTI}/\text{username}$ xs:string |
| $\$/\text{trail}/\text{traceQTI}/\text{date}$ xs:dateTime |
| $\$/\text{trail}/\text{traceQTI}/\text{typeObj}$ xs:string |
| $\$/\text{trail}/\text{traceQTI}/\text{question}$ xs:string |
| $\$/\text{trail}/\text{traceQTI}/\text{answerId}$ xs:string |
| $\$/\text{trail}/\text{traceQTI}/\text{answer}$ xs:string |

De combien d'indicateurs avez-vous besoin?

Combien de critères de selection?

Question1 Retour_Q1

Sur combien attributs voulez-vous ordonner?

Valider Annuler

Informations indicateur

| |
|--|
| |
|--|

Figure 59 Identification des traces nécessaires au micro-indicateur « Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat »

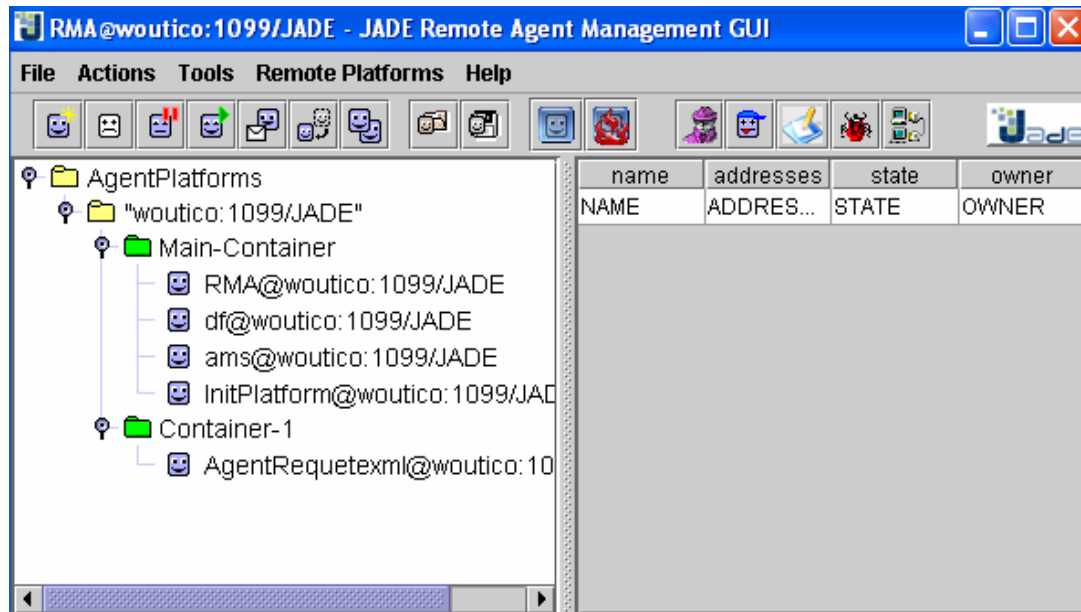


Figure 60 Agents actifs lors de la définition des traces ou informations nécessaires à un indicateur

L'ensemble des informations fournies sur l'interface de la figure 59 a permis à l'Agent Requête de créer automatiquement la requête présentée dans le tableau 13. L'agent Requête est activé lors de la définition des entrées d'un indicateur. Il est visible sur l'interface de la figure 60.

```
<document>
{
for $u in xcollection ('/db/SVL_archive/testEchirrolles4octobre/qti')/traceDB
where $u/trail/traceQTI/question= "Question1" or $u/trail/traceQTI/question="Retour_Q1"
order by $u/metadata/username, $u/trail/traceQTI/date
return
{ $u/metadata/username } { $u/trail/traceQTI/question } { $u/trail/traceQTI/answer } <test>
} </document>
```

Tableau 13 Requête créée lors de l'intégration du micro-indicateur « Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat »

Cette requête sera utilisée chaque fois que l'agent Indicateur sera exécuté. L'indicateur ainsi intégré à EM-AGIIR est visible sur la figure 69.

5.2.2.5 Illustration 2 : Intégration de macro-indicateurs - Composition d'indicateurs

Nous avons intégré deux macro-indicateurs sociaux, « Matrice d'enchaînement de tour de parole » issu de la collection de patron et la centralité d'intermédiaire « betweenness Centrality » issue de l'état de l'art.

Dans les deux sous-paragraphes suivants nous présentons ces deux macro-indicateurs que nous avons réutilisés.

L'indicateur « Matrice Enchaînement de Tour de Parole » : $g(f(x),x)$

➤ Définition de l'indicateur

Les groupes constitués dans le scénario MATES pour des tâches d'argumentation peuvent être considérés comme des réseaux sociaux. Un réseau social peut être défini comme « un ensemble de relations spécifiques entre un ensemble fini d'acteurs » (Lazega 1998).

Chapitre 5 : EM-AGIIR

Les apprenants sont liés par diverses relations qui concernent en majeure partie l'apprentissage (on peut également avoir des relations de copinage). Dans notre contexte, nous nous intéressons aux relations qui ont existé pendant les discussions prévues dans le scénario, plus particulièrement « la prise de parole après l'intervention d'un apprenant x »

Notre réseau social sera ici constitué d'un enchaînement de tour de parole. Le fait qu'un ou plusieurs apprenants prennent la parole après l'intervention de l'apprenant x, n'est pas qu'un hasard et mérite qu'on s'y intéresse. Ces tours de paroles sont très largement étudiés dans le domaine de l'analyse conversationnelle (Sacks, Schegloff et Jefferson 1974) qui s'intéresse d'avantage à l'étude des contenus des interventions.

Nous nous limiterons à l'étude des structures des enchaînements de tours de parole. L'analyse structurale des réseaux sociaux permet de révéler les positions de certains apprenants dans le groupe.

Dans une conversation en « face à face », ces tours sont régis par un certain nombre de règles implicites (par exemple, un seul locuteur parle à la fois; les tours s'enchaînent de façon continue, sans chevauchements ni brèches, etc.), règles que respectent plus ou moins les interlocuteurs tour à tour. Dans une conversation qui se fait sur un chat, le contexte est différent et les mêmes règles ne peuvent pas être appliquées. D'après Reyes et Tchounikine (2004): « In synchronous communication tools, e.g. chats, the turn-taking has a confused meaning: generally the dyadic exchanges are interleaved with others dyadic exchanges. In this way, and in these tools, the message exchanges are highly overlapped ». Les interventions peuvent donc beaucoup se chevaucher.

Nous nous basons néanmoins sur le fait que ces tours doivent minimiser les pauses (Mondada 1999, Sacks, Schegloff et Jefferson, 1974). Cela permet de distinguer plusieurs séquences d'enchaînement de tour de parole. Nous posons comme hypothèse que lorsque deux interventions sont séparées de 3 minutes, on a une nouvelle séquence de tour de parole qui débute (certainement un nouveau sujet). Aussi, lorsqu'une intervention U survient moins de 3 secondes après une intervention V, alors on considèrera que V n'est pas une réponse à U mais à l'intervention précédant U.

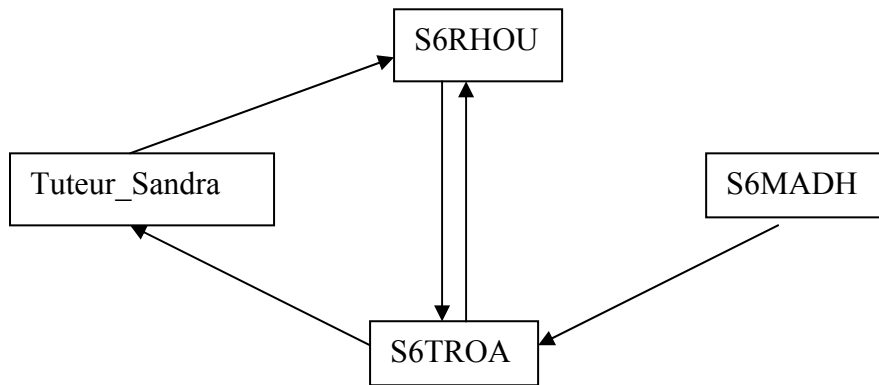
En analysant à la main la discussion du groupe1 (Phase1 du scénario) lors de l'expérimentation du 4 octobre à Echirolles, on distingue 2 enchaînements de tours de parole.

Les réseaux sociaux correspondants à ces enchaînements sont des graphes qui peuvent également être représentés en matrice. Nous ne prenons pas en considération les relations entre un membre du groupe et lui-même. On peut ici dire que c'est une même intervention subdivisée en plusieurs messages (sauf si bien sûr ces messages ont un écart de temps supérieur (>) ou égale (=) à 3 minutes).

(1) Premier enchaînement de tour de parole

| → | Tuteur_Sandra | S6RHO | S6MADH | S6TROA |
|---------------|---------------|-------|--------|--------|
| Tuteur_Sandra | X | 1 | 0 | 0 |
| S6RHO | 0 | X | 0 | 1 |
| S6MADH | 0 | 0 | X | 1 |
| S6TROA | 1 | 1 | 0 | X |

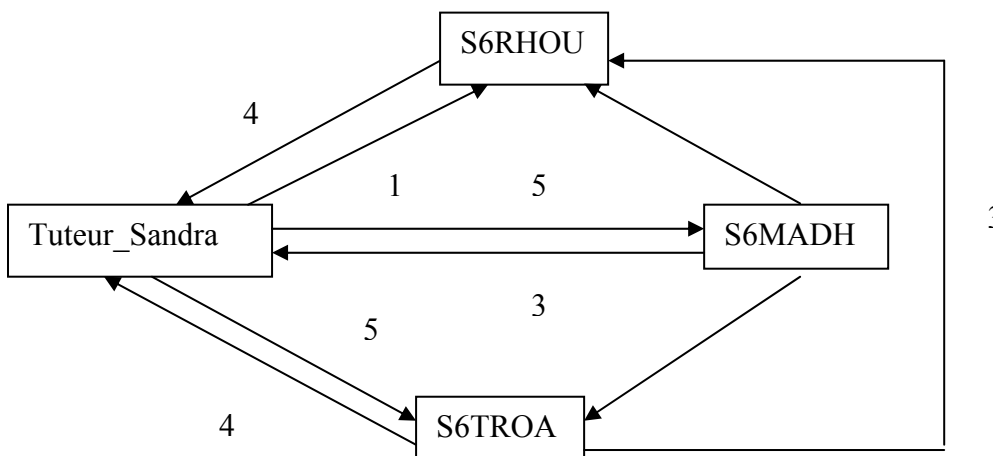
Tuteur_sandra → S6RHO se lit : « tuteur_sandra a pris la parole 1 fois après l'intervention de S6RHO »



(2) Second enchaînement de tour de parole

| → | Tuteur_Sandra | S6RHOU | S6MADH | S6TROA |
|---------------|---------------|--------|--------|--------|
| Tuteur_Sandra | X | 5 | 5 | 5 |
| S6RHOU | 2 | X | 0 | 0 |
| S6MADH | 4 | 0 | X | 1 |
| S6TROA | 4 | 3 | 0 | X |

Tuteur_sandra $\xrightarrow{5}$ S6RHOU se lit : « tuteur_sandra a pris la parole 5 fois après l'intervention de S6RHOU »



➤ Informations et traces nécessaires à l'indicateur

L'indicateur « Matrice Enchaînement de tour de parole » permet de construire des réseaux sociaux à partir des prises de paroles des membres d'un groupe. Il fournit une matrice contenant le nombre de prises de parole de tout membre d'un groupe après les interventions des autres membres. Pour fournir cette matrice, l'indicateur a besoin :

- des interventions des apprenants dans une phase donnée (traces) ;
- des identifiants des membres d'un groupe (informations).

Les identifiants des membres de chaque groupe sont obtenus grâce à un micro-indicateur « Liste des Apprenants et de leurs groupes » réutilisé dans EM-AGIIR. En se basant sur les traces d'intervention dans le chat, l'indicateur « Liste des Apprenants et de leurs groupes » détermine le groupe auquel appartient un apprenant ou un tuteur.

Nous avons donc un indicateur de type $g(f(x_1), x_2)$ où g est l'« Enchaînement de tours de parole », f « Liste des Apprenants et de leurs groupes » et x_i des traces d'interventions.

➤ Intégration dans EM-AGIIR

Nous avons nous-même défini et implémenté cet indicateur sur les traces de l'expérimentation MATES. Nous avons créé le Patron d'indicateur Réutilisable pour que celui-ci puisse être réutilisé dans divers environnements de supervision. Utilisant les fonctionnalités proposées à l'adaptateur intégrateur dans EM-AGIIR, nous l'y avons intégré avec succès.

Pour cela, l'interface d'intégration des indicateurs (fig. 57) a été remplie. Nous avons identifié les traces et informations nécessaires (fig. 61) en spécifiant que nous nous intéressons à l'expérimentation du 4 Octobre. L'indicateur nécessite des traces issues d'un outil, le chat, et des informations de l'indicateur « Liste des Apprenants et de leurs groupe ». Les deux informations fournies par ce micro-indicateur sont requises.

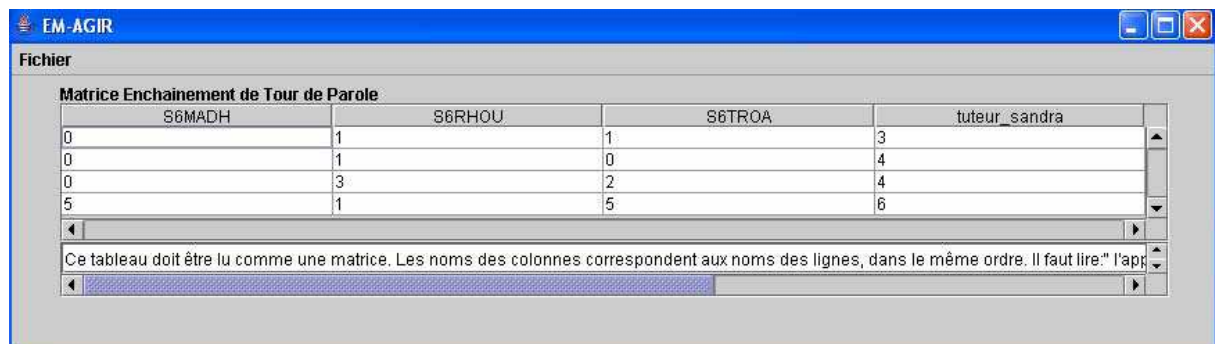
Figure 61 Informations et traces nécessaires au macro-indicateur « Matrice Enchaînement de Tour de Parole »

L'agent Requête se base sur les besoins qui ont été spécifiés sur l'interface de la figure 61 pour créer la requête présente sur le tableau 14 et la conserver dans la mémoire interne d'EM-AGIIR, en attendant que l'indicateur soit activé par un tuteur.

```
<document>
{
for $u in xcollection ('/db/SVL_archive/testEchiroilles4octobre/chat')//traceDB
order by $u/metadata/activite, $u/metadata/date
return
{$u/metadata/username} {$u/metadata/date} {$u/metadata/activite} {$u/trail/message}</test>
}</document>
```

Tableau 14 Requête définie et stockée par l'agent Requête

La figure 62 montre les résultats fournis par l'indicateur sur les traces de discussion du groupe 1 dans la phase 1, sur l'interface de visualisation d'EM-AGIIR. Il s'agit plus exactement du second enchaînement de tours de parole. L'interprétation à faire de ces informations est également proposée. Néanmoins cet indicateur serait plus compréhensible s'il était visualisé avec un outil spécifique de visualisation de réseaux sociaux.



The screenshot shows a window titled 'EM-AGIR' with a 'Fichier' menu. The main content is a table titled 'Matrice Enchaînement de Tour de Parole'. The table has four columns: 'S6MADH', 'S6RHO', 'S6TROA', and 'tuteur_sandra'. The rows are numbered 0 to 5. Below the table, there is a note: 'Ce tableau doit être lu comme une matrice. Les noms des colonnes correspondent aux noms des lignes, dans le même ordre. Il faut lire "l'ap'...'.

| | S6MADH | S6RHO | S6TROA | tuteur_sandra |
|---|--------|-------|--------|---------------|
| 0 | 1 | 1 | 3 | |
| 0 | 1 | 0 | 4 | |
| 0 | 3 | 2 | 4 | |
| 5 | 1 | 5 | 6 | |

Figure 62 Macro-indicateur « Matrice Enchaînement de Tour de Parole » intégré à EM-AGIIR

Les agents Système, Agent Base de Données et Agent Compositeur ont permis au macro-indicateur d'obtenir les traces et les informations dont il avait besoin. L'ensemble des agents actifs après exécution du macro-indicateur est visible sur l'interface JADE Remote Agent Management (figure 63). On peut notamment voir que l'agent indicateur « Liste des Apprenants et de leurs groupes » a été activé pour récupérer les informations qu'il fournit.

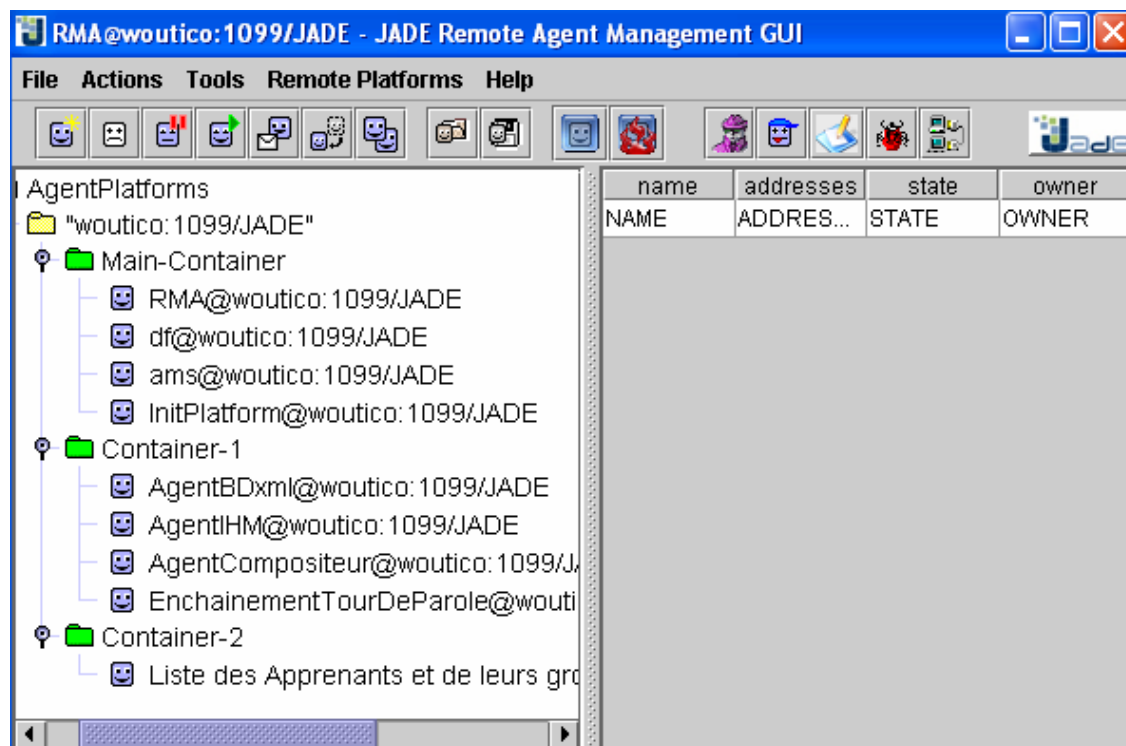


Figure 63 les agents actifs après l'exécution du macro-indicateur « Matrice Enchaînement de Tour de Parole »

L'indicateur « Betweenness Centrality »: $h(g(f(x),x))$

➤ Définition de l'indicateur

A partir des réseaux sociaux (graphes orientés et valués) qui peuvent être créés grâce à l'indicateur précédent, on aimerait identifier la centralité de chaque membre du groupe. Dans notre contexte d'enchaînement de tour de parole, un individu qui occupe une position centrale dans un groupe est un interlocuteur dont les interventions suscitent la prise de parole par les autres membres du groupe. Le calcul de la centralité est souvent utilisé pour identifier le leader d'un groupe de discussion.

Il existe plusieurs mesures de la centralité (de degré, de proximité, d'intermédiaire, intermédierité de flot) (Freeman 1979, Degenne et Forcé 1992, Lazega 1998). La définition de ces différents types de centralité nécessite des compétences en Sociologie et Mathématiques (Analyse des graphes), que nous n'avons pas. Notre solution est ici de réutiliser les résultats des travaux de Brandes (2001). Brandes (2001) a produit un algorithme de calcul de la centralité d'intermédiaire.

La centralité d'un individu correspond à son nombre de connexions aux autres membres du groupe. « Un individu est central s'il est fortement connecté aux autres membres du réseau, il est périphérique s'il ne l'est que faiblement » (Degenne et Forcé 1992). Un individu peut être faiblement connecté aux autres (centralité de degré faible) mais pourtant être un intermédiaire indispensable dans les échanges. Il est en meilleure position pour assurer la coordination de l'ensemble. Pour identifier cet intermédiaire, il faut calculer la centralité d'intermédiaire.

L'algorithme proposé par Brandes est présenté dans la figure 64.

Algorithm 1: Betweenness centrality in unweighted graphs

```

 $C_B[v] \leftarrow 0, v \in V;$ 
for  $s \in V$  do
     $S \leftarrow$  empty stack;
     $P[w] \leftarrow$  empty list,  $w \in V;$ 
     $\sigma[t] \leftarrow 0, t \in V;$   $\sigma[s] \leftarrow 1;$ 
     $d[t] \leftarrow -1, t \in V;$   $d[s] \leftarrow 0;$ 
     $Q \leftarrow$  empty queue;
    enqueue  $s \rightarrow Q;$ 
    while  $Q$  not empty do
        dequeue  $v \leftarrow Q;$ 
        push  $v \rightarrow S;$ 
        foreach neighbor  $w$  of  $v$  do
            //  $w$  found for the first time?
            if  $d[w] < 0$  then
                enqueue  $w \rightarrow Q;$ 
                 $d[w] \leftarrow d[v] + 1;$ 
            end
            // shortest path to  $w$  via  $v$ ?
            if  $d[w] = d[v] + 1$  then
                 $\sigma[w] \leftarrow \sigma[w] + \sigma[v];$ 
                append  $v \rightarrow P[w];$ 
            end
        end
    end
end
 $\delta[v] \leftarrow 0, v \in V;$ 
//  $S$  returns vertices in order of non-increasing distance from  $s$ 
while  $S$  not empty do
    pop  $w \leftarrow S;$ 
    for  $v \in P[w]$  do  $\delta[v] \leftarrow \delta[v] + \frac{\sigma[v]}{\sigma[w]} \cdot (1 + \delta[w]);$ 
    if  $w \neq s$  then  $C_B[w] \leftarrow C_B[w] + \delta[w];$ 
end
end
end

```

Figure 64 Algorithme de calcul de la Centralité d'Intermédiaire (Brandes 2001)

Beaucoup plus performant pour les graphes non valués, cet algorithme peut également être utilisé, selon Brandes (2001), pour les graphes valués mais avec un temps d'exécution plus important.

➤ Informations et traces nécessaires à l'indicateur

Pour pouvoir calculer la centralité de chaque membre d'un groupe, l'indicateur « Betweenness Centrality » prend en entrée la matrice correspondant au réseau social de ce groupe. Cette matrice peut être fournie par l'indicateur « Enchaînement de tours de paroles » réutilisé dans notre environnement de supervision EM-AGIIR.

L'indicateur « Betweenness Centrality » est alors composé avec l'indicateur « enchaînement de tours de paroles ». Il est de la forme $h(g(f(x),x))$ où h est « Betweenness Centrality », g « Matrice enchaînement de tours de paroles », f « Liste des Apprenants et de leurs groupes », et x , les traces d'intervention.

➤ Intégration dans EM-AGIIR

Pour intégrer l'indicateur « Betweenness Centrality », il faut se baser sur le patron correspondant. Cependant cet indicateur n'a pas été créé dans un contexte d'apprentissage. Il est en fait un savoir-faire issu du domaine des Mathématiques (Analyse des graphes) que nous

voulons appliquer à notre domaine d'Apprentissage en ligne. A défaut de trouver un contexte d'apprentissage où cet algorithme a été créé, nous créons un Patron, que nous décrivons à moitié, en remplissant les parties « Descriptif de l'indicateur » et « Solution » (voir formalisme d'un PIR chapitre 4). Nous pourrions compléter ce patron après l'avoir utilisé dans notre contexte pour identifier le problème de supervision auquel il répond, ainsi que les patrons auxquels il est lié.

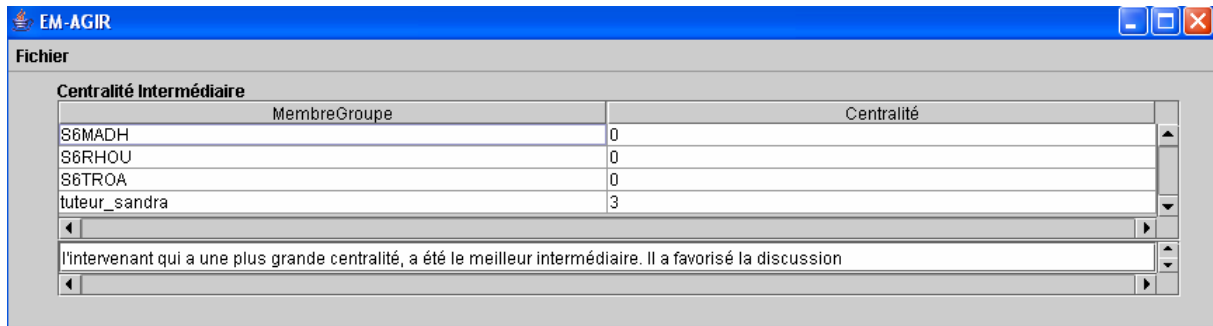
Pour réutiliser ce savoir-faire, nous créons un agent indicateur (Phase 1 de l'Intégration) en remplissant le PAJ pour les macro-indicateurs avec l'implémentation de l'algorithme de Brandes (2001) (voir annexe 6).

L'indicateur est ensuite chargé dans EM-AGIIR à travers l'interface d'intégration des indicateurs (fig. 57) (Phase 2 de l'Intégration). Pour la dernière phase d'identification des traces ou informations nécessaires, notre indicateur nécessite une matrice fournie par « Matrice enchaînement de tours de paroles ». Nous spécifions alors ce besoin sur l'interface dédiée, présentée sur la figure 65.

The screenshot shows a software window titled "EM-AGIIR" with a menu bar containing "Fichier". The main content area is titled "Correspondance entre entrées (traces/informations) nécessaires et entrées existantes". It features several dropdown menus for configuration: "A quelle expérimentation vous intéressez-vous?", "Vous voulez utiliser des traces issues de combien d'outil d'apprentissage", "De combien d'indicateurs avez-vous besoin?" (set to 1), "Matrice Enchaînement de To...", "Combien de critères de selection?", and "Sur combien attributs voulez-vous ordonner?". There are two lists: "Traces nécessaires" with "matrice" selected, and "Traces existantes" with "Informations indicateur" and "Matrice" listed. A green arrow points from "matrice" in the first list to "Matrice" in the second. At the bottom are "Valider" and "Annuler" buttons.

Figure 65 Interface de définition des informations nécessaires au macro-indicateur « Betweenness Centrality »

L'indicateur intégré dans EM-AGIIR peut désormais être consulté à travers le catalogue. La figure 66 montre les informations qu'il fournit avec les traces d'exécution de la phase 1 du scénario MATES (décrit dans le chapitre 1), par le groupe 1 d'apprenants. Ce groupe a été tutoré par tuteur-sandra qui a apparemment favorisé la discussion entre les différents apprenants.

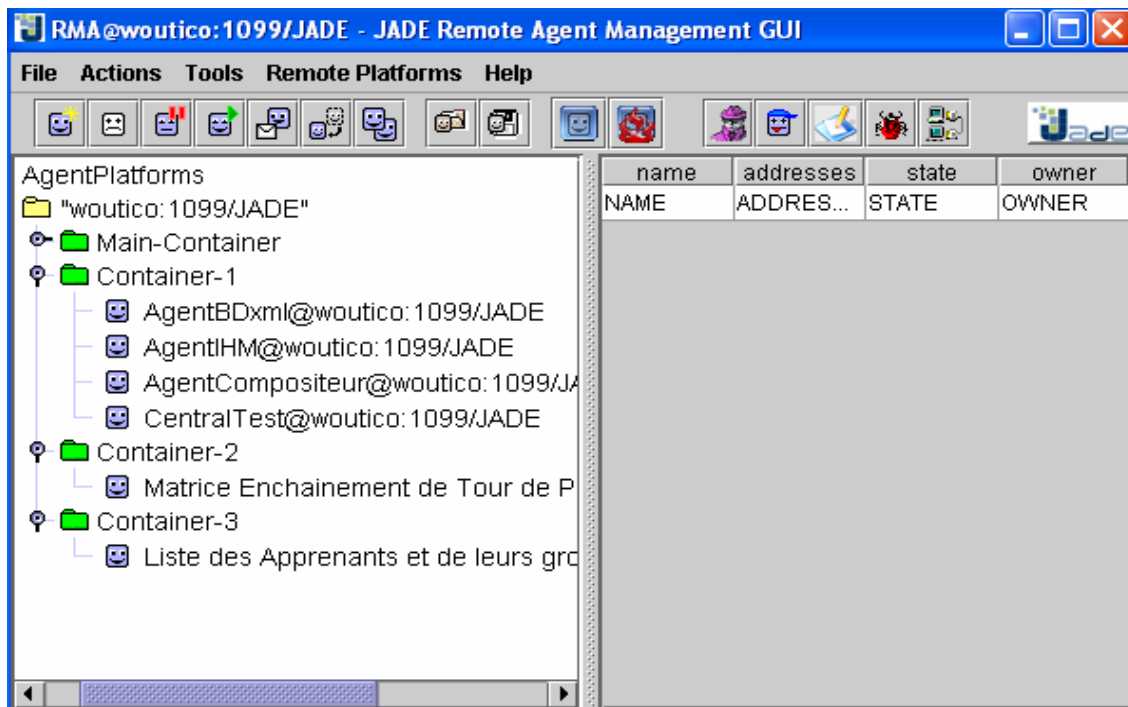


| MembreGroupe | Centralité |
|---------------|------------|
| S&MADH | 0 |
| S&RHO | 0 |
| S&TROA | 0 |
| tuteur_sandra | 3 |

l'intervenant qui a une plus grande centralité, a été le meilleur intermédiaire. Il a favorisé la discussion

Figure 66 Macro-Indicateur « Betweenness Centrality » visualisé dans EM-AGIIR

L'exécution du macro-indicateur (agent CentralTest) provoque l'activation des indicateurs composites « Matrice Enchaînement de tours de parole » et « Liste des apprenants et de leurs groupes ». La figure 67 montre l'ensemble des agents correspondants et les agents système, agent Base de données et Agent Compositeur.



| name | addresses | state | owner |
|------|-----------|-------|-------|
| NAME | ADDRES... | STATE | OWNER |

Figure 67 Les agents actifs lors de l'exécution du macro-indicateur « Betweenness Centrality »

5.3 EM-AGIIR : version tuteur

Dans sa version tuteur, EM-AGIIR profite du travail de l'adaptateur-intégrateur et propose des services visant directement à superviser une activité d'apprentissage.

Le catalogue d'indicateurs est proposé au tuteur pour lui permettre de choisir parmi tous les indicateurs existants dans l'environnement ceux qui lui semblent pertinents pour superviser son activité d'apprentissage (fig. 68). Lorsqu'un indicateur présent sur le catalogue est choisi, EM-AGIIR visualise automatiquement les métadonnées relatives à cet indicateur. Ces métadonnées permettent au tuteur de décider si cet indicateur est applicable à la situation d'apprentissage qu'il veut superviser et s'il correspond aux informations qu'il souhaite avoir. Si cet indicateur lui convient, il peut l'ajouter (bouton « ajouter l'indicateur ») à la liste des indicateurs à agréger pour être visualisés, disponible dans la partie inférieure de l'interface (zone de texte).

Lorsqu'il a fini de choisir, le tuteur visualise les résultats de sa liste d'indicateurs sélectionnés en cliquant sur le bouton « Visualiser ».

Aussitôt, chaque agent, correspondant à un des indicateurs agrégés, s'exécute, récupère les traces nécessaires fournies par l'agent Base de données ou les informations nécessaires par l'agent Compositeur, et envoie les informations calculées à l'agent IHM. L'interface de visualisation apparaît alors et l'agent IHM y insère les informations fournies par l'indicateur. Sur la figure 69, on voit les informations fournies par les indicateurs choisis dans la figure 68.

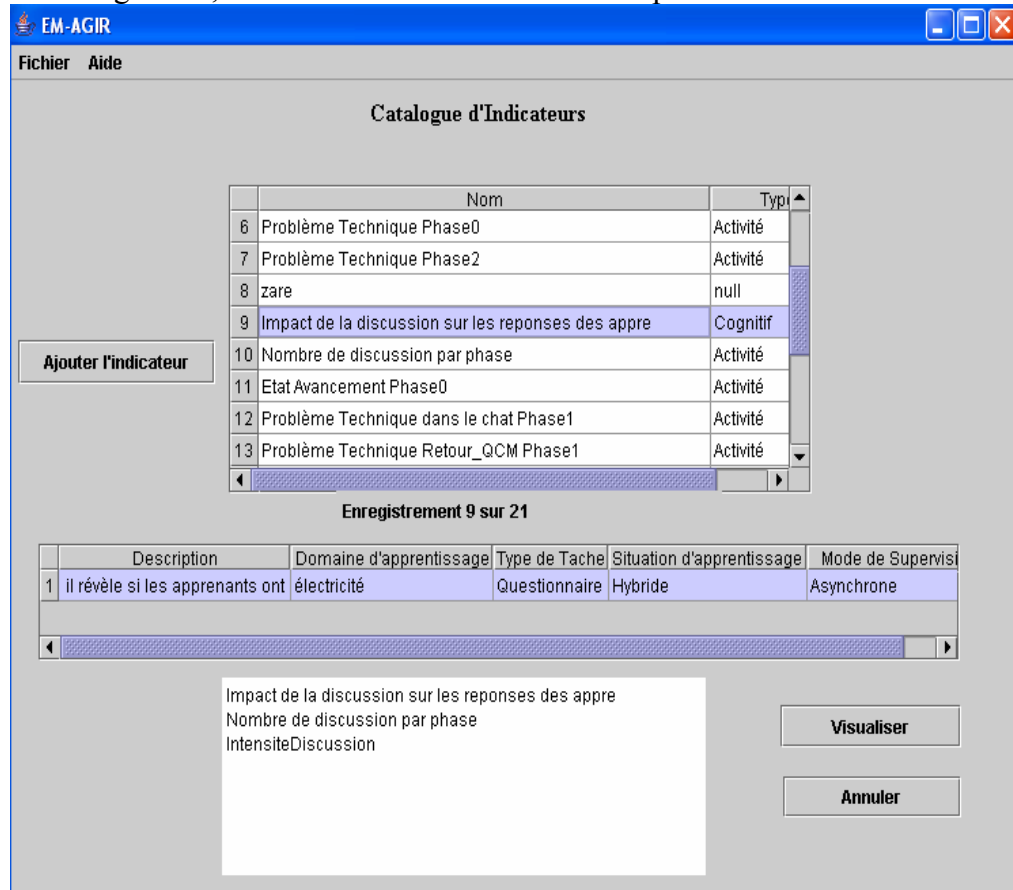


Figure 68 EM-AGIIR : le Catalogue d'Indicateurs proposé au tuteur

L'ensemble des agents système et indicateur actifs y sont également visibles précisément sur l'interface Jade des agents actifs (Jade Remote Agent Management GUI). Au cours de l'activité, le tuteur a la possibilité de modifier ses choix d'indicateurs, selon ses besoins.

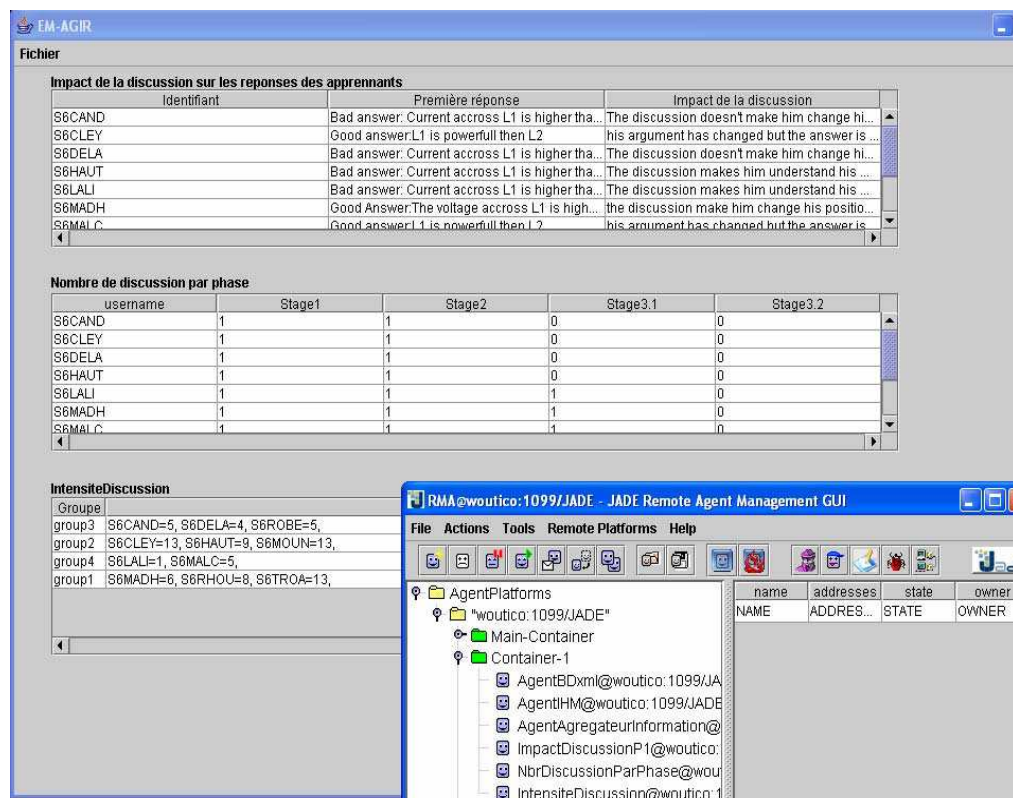


Figure 69 EM-AGIIR : Interface de Visualisation des informations fournies par les indicateurs

5.4 Validation auprès des utilisateurs dans le contexte du projet MATES

Nous avons connecté l'environnement EM-AGIIR à la base de traces de type « eXist » mise en place dans le cadre du projet MATES. Grâce aux deux expérimentations qui ont été faites avec des élèves de 3^{ème} et 2nde à Echirrolles et Unige, cette base a pu être remplie des traces d'exécution du scénario (présenté dans le chapitre 1).

Dans cette partie, nous tentons de valider l'utilisabilité de l'outil en y faisant intégrer un indicateur par un informaticien. Ensuite nous verrons l'utilité que les tuteurs en ligne du projet lui ont trouvée.

5.4.2 Réutilisation d'un indicateur par un tiers informaticien dans EM-AGIIR

Jusqu'à présent les indicateurs réutilisés dans EM-AGIIR, ont été intégrés par nous-même. Nous avons tenté de faire réutiliser un indicateur par un informaticien pour valider la faisabilité. Pour mener à bien cette expérimentation, nous lui avons fournit :

- Le Patron de l'indicateur réutilisable
- Le Programme Agent Java (PAJ)
- Un manuel d'utilisateur d'EM-AGIIR

En prenant en compte l'explication des principes de l'environnement, le déroulement de l'expérimentation, et les commentaires, l'ensemble de l'expérimentation a duré 1h.

L'expérimentation s'est bien déroulée dans son ensemble.

Comme nous l'avons vu dans les paragraphes précédents, la réutilisation (l'intégration dans EM-AGIIR) d'un indicateur se fait en 3 phases. Nous décrivons les trois phases lors de l'expérimentation en spécifiant les commentaires de l'informaticien en termes d'utilisabilité de l'outil.

- **Phase1** : La création de l'agent indicateur en se basant sur le patron d'indicateur réutilisable (PIR) et en remplissant le Programme Agent Java (PAJ)

Dans la phase1 de création de l'agent Indicateur, l'informaticien a été confronté à deux problèmes :

- Le même nom utilisé pour deux variables de types différents ;
- Un problème syntaxique résultant d'une accolade en trop, après avoir collé l'algorithme de l'indicateur dans la phase d'analyse de l'agent.

Ces deux problèmes peuvent arriver à chaque intégration d'indicateur. C'est la raison pour laquelle il faut avoir des compétences en informatique pour le faire.

Commentaire de l'informaticien : « Le manuel guide bien mais quand on a des erreurs, on se dit qu'on a pas dû le respecter. On ne pense pas au fait qu'il peut y avoir des déclarations en double, des accolades en trop, ... »

- **Phase2** : Chargement de l'agent

L'informaticien a chargé l'agent Indicateur créé sans problème.

Commentaire de l'informaticien : (pas de commentaires)

- **Phase3** : Identification des traces et/ou informations à utiliser par l'indicateur

Dans cette phase, l'informaticien s'est laissé guider par l'interface qui lui pose une succession de questions pour identifier ses besoins en termes de traces ou d'informations fournies par des indicateurs. Cette phase s'est bien déroulée en dehors d'une mauvaise formulation d'une des questions.

Commentaire de l'informaticien : « Bonne idée de relier par un trait les traces nécessaires et les traces disponibles. Sans que cela ait besoin d'être expliqué, on comprend tout de suite qu'il faut faire des traits pour les relier.

Lorsqu'on demande à l'utilisateur s'il veut ordonner les traces, je ne comprends pas bien.»

L'informaticien a donc réussi à réutiliser un indicateur en l'intégrant à EM-AGIIR à partir de son Patron d'indicateur réutilisable. Il a pu, juste après l'avoir intégré, le visualiser à travers le catalogue d'indicateur.

Son sentiment général par rapport à l'outil et son utilisabilité est que: « L'intégration d'un indicateur est faisable. Lorsqu'on l'a fait une fois, les autres fois se font facilement et rapidement. Après l'expérimentation, je ne comprends toujours pas le concept des agents ».

Notre objectif était également à travers le programme agent java (PAJ), de faire réutiliser des indicateurs à des informaticiens sans qu'ils aient à comprendre la technologie agent et à définir l'agent qui devra encapsuler la fonction « indicateur » à réutiliser. L'objectif a été apparemment atteint.

5.4.2 Utilité du Catalogue pour les tuteurs en ligne MATES

Une vingtaine d'indicateurs ayant été réutilisés dans EM-AGIIR, le catalogue peut être utilisé pour superviser une activité d'apprentissage.

Pendant les expérimentations du projets MATES, la plateforme LearningLab fournissait aux tuteurs en ligne, les productions des apprenants aux questionnaires ou sur le micro-monde TPELEC à certains niveaux du scénario. Plus précisément, ils les recevaient avant chaque discussion des apprenants, en groupe, sur le chat. La présentation de ces traces était prévue au préalable dans le scénario d'apprentissage défini avec le langage LDL.

La conception de l'environnement EM-AGIIR est postérieure à ces expérimentations. Néanmoins quelques indicateurs ont été présentés aux tuteurs à travers le catalogue (fig 70, 71 et 72). Six indicateurs du Modèle CAS ont été visualisés pour obtenir des informations sur la phase 1 du scénario MATES (cf. chapitre 1).

- L'indicateur cognitif « liste des apprenants ayant la réponse majoritaire du groupe dès la question 1 » pour déterminer les apprenants qui ont éventuellement pu influencer une majorité des membres de leurs groupes ;
- L'indicateur cognitif « changement de réponse (ou pas) après avoir discuté dans le chat » pour voir les apprenants qui ont changé d'avis après avoir discuté dans le chat ;
- L'indicateur socio-cognitif « Nombre de messages en adéquation avec le sujet de discussion » qui détermine pour chaque membre d'un groupe, le nombre de messages envoyés, portant sur le sujet de discussion, c'est-à-dire la Question 1 du scénario ;
- L'indicateur social « Nombre de messages envoyés » qui détermine le nombre de messages envoyés par chaque apprenant du groupe lors de la discussion ;
- L'indicateur d'activité (technique) « Liste des apprenants ayant appuyé plusieurs fois (4 ou plus) sur le bouton de validation de la Question1» qui identifie les apprenants qui ont eu des problèmes techniques dans la Question 1 ;
- L'indicateur d'activité (parcours) « Nombre d'accès au chat pour débiter une nouvelle discussion dans la phase 1 » qui détermine le nombre de fois où les apprenants ont dû accéder au chat pour se mettre d'accord sur une réponse. Le scénario MATES prévoit qu'ils peuvent y aller 2 fois au maximum.

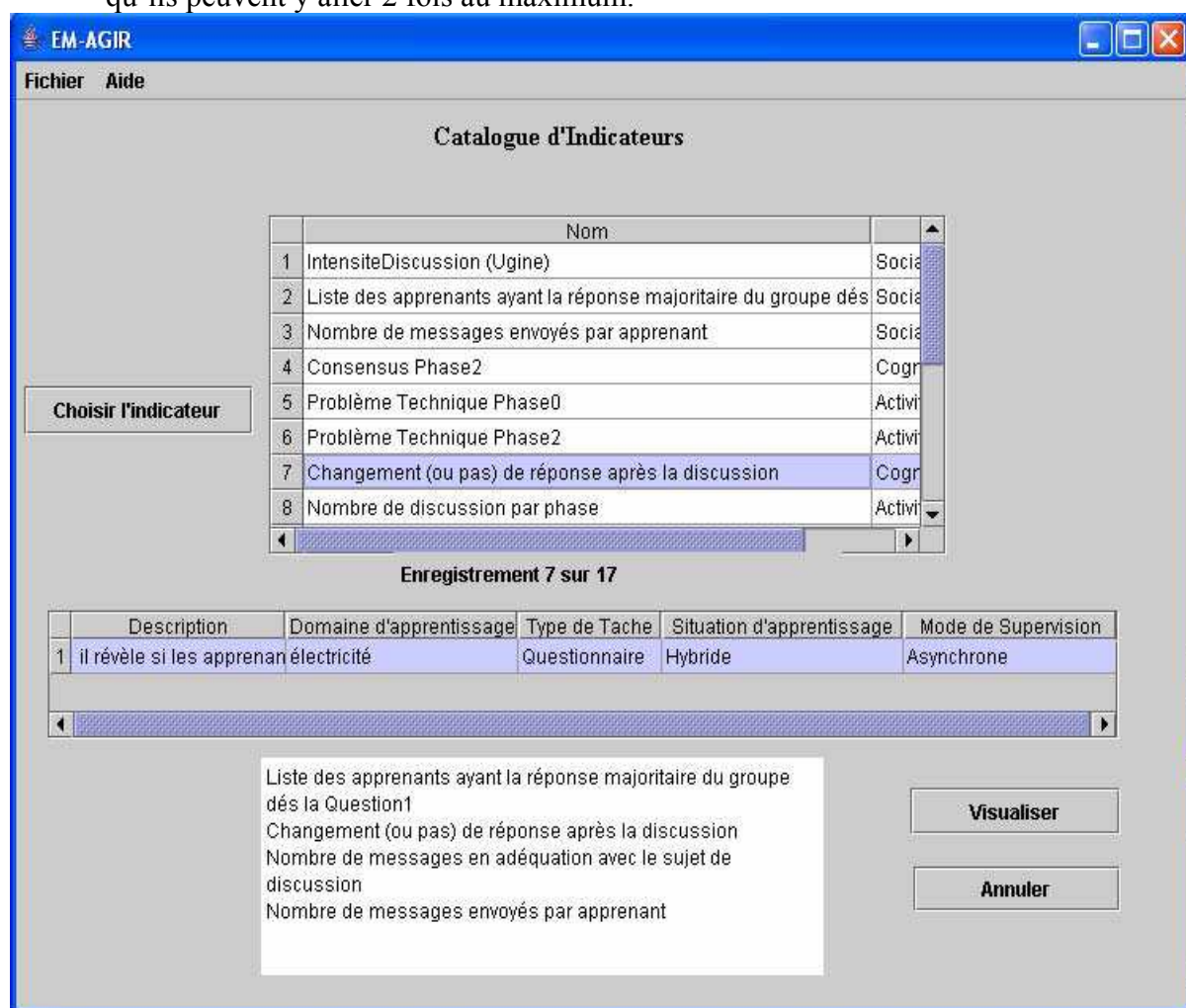


Figure 70 Choix des indicateurs à visualiser par rapport aux activités MATES

L'interface sur la figure 70 montre le choix des quatre premiers indicateurs à travers le catalogue des tuteurs. Cette agrégation d'indicateurs est visualisée sur la figure 71. Les deux autres indicateurs sont visualisés sur une nouvelle interface, sur la figure 72. L'ensemble des indicateurs dévoilent des informations dont voici quelques exemples:

- Dans le groupe 4, S6MALC a beaucoup envoyé de messages, mais seul 1 message concerne le sujet de discussion proposé. Dans ce groupe (S6LALI et S6MALC), nous ne pouvons pas savoir lequel a pu influencer l'autre car ils ont tous les deux changé d'avis après la discussion ;
- Le groupe 1 a beaucoup discuté. S6TROA, qui a le plus participé, n'a parlé qu'une seule fois du sujet de discussion. S6MADH est passé d'une bonne réponse avant la discussion à une mauvaise réponse après la discussion. Il est probable que l'apprenant S6RHOU l'ait influencé, car S6MADH l'a rejoint dans sa réponse de départ ;
- Dans la phase 1, aucun groupe n'a eu besoin de rediscuter dans le chat pour se mettre d'accord ;
- Le système n'a pas détecté de problème technique des apprenants, pendant cette première phase.

EM-AGIR

Fichier

Liste des apprenants ayant la réponse majoritaire du groupe dès la Question1

| Numéro Groupe | Membres groupe | Apprenants |
|---------------|----------------------|---------------|
| group3 | S6CAND S6DELA S6ROBE | S6CAND S6DELA |
| group2 | S6CLEY S6HAUT S6MOUN | S6CLEY S6MOUN |
| group4 | S6LALI S6MALC | |
| group1 | S6MADH S6RHOU S6TROA | S6RHOU |

Les apprenants de la colonne "Apprenants" ont potentiellement influencé les membres de leur groupe

Changement (ou pas) de réponse après la discussion

| Identifiant | Première réponse | Changement réponse |
|-------------|--|--|
| S6CAND | Bad answer: Current accross L1 is higher than accross L2 | he doesn't change his choice |
| S6CLEY | Good answer:L1 is powerfull then L2 | his argument has changed but the answer is also wright |
| S6DELA | Bad answer: Current accross L1 is higher than accross L2 | he doesn't change his choice |
| S6HAUT | Bad answer: Current accross L1 is higher than accross L2 | he changes his position and adopts a good answer |

La colonne "première réponse" rappelle la première réponse de l'apprenant. La colonne changement de réponse dit dans quel sens l'apprenant

Nombre de messages en adéquation avec le sujet de discussion

| Groupe | Nombre de Messages par apprenant |
|--------|----------------------------------|
| group1 | S6MADH=4, S6RHOU=2, S6TROA=1, |
| group2 | S6CLEY=3, S6HAUT=5, S6MOUN=4, |
| group3 | S6CAND=2, S6DELA=3, S6ROBE=2, |
| group4 | S6LALI=1, S6MALC=2, |

Pour membre d'un groupe, cet indicateur donne le nombre de messages qu'il a envoyé et où il discute du sujet proposé

Nombre de messages envoyés par apprenant

| Groupe | Phase1 |
|--------|---------------------------------|
| group3 | S6CAND=5, S6DELA=4, S6ROBE=5, |
| group2 | S6CLEY=13, S6HAUT=9, S6MOUN=13, |
| group4 | S6LALI=1, S6MALC=5, |
| group1 | S6MADH=6, S6RHOU=8, S6TROA=13, |

Les apprenants sont associés par groupe. Dans une phase donnée, l'indicateur donne le nombre de messages envoyés par chaque membre

Figure 71 Quelques indicateurs calculés sur les traces MATES

Les tuteurs en ligne ont visualisé ces indicateurs et découvert les informations sur les groupes qu'ils supervisaient pendant les expérimentations. Ils ont globalement montré un intérêt certain pour les indicateurs « Nombre de messages en adéquation avec le sujet de conversation » et « Changement de réponse (ou pas) après la discussion ». En effet, ces indicateurs assez synthétiques, donnent des informations que les tuteurs pourraient difficilement obtenir à la fin de la phase 1 du scénario. Ils ont confirmé que certains apprenants discutaient de chocolat (qu'on leur avait promis après l'expérimentation), ou du match de football qui devait avoir lieu le soir même.

Les tuteurs ont trouvé intéressant dans EM-AGIIR la possibilité de sélectionner les indicateurs voulus. Ils pensent qu'il aurait pu être utilisé lors des expérimentations, dans les phases 4 et 5 (voir chapitre 1) qui sont des phases de bilan sur les activités des apprenants pendant l'exécution du scénario MATES.

Les apprenants ayant appuyé plusieurs fois (4 ou plus) sur le bouton de validation de la Question1

| username | Question traitée |
|----------|------------------|
|----------|------------------|

Ces apprenants ont peut être des problèmes techniques à la Question 1.

Nombre accès au chat pour débiter une nouvelle discussion

| username | Stage1 | Stage2 | Stage3.1 | ... |
|----------|--------|--------|----------|-----|
| S6LALI | 1 | 1 | 1 | 0 |
| S6MADH | 1 | 1 | 1 | 0 |
| S6MALC | 1 | 1 | 1 | 0 |
| S6MOUN | 1 | 1 | 1 | 0 |

Dans chaque phase du scénario, les apprenants pouvaient, en cas de désaccord, retourner sur le chat pour rediscuter. L'indicateur montre pou...

Figure 72 Quelques indicateurs calculés sur les traces MATES (suite)

5.5 Conclusion du chapitre

Le chapitre 5 présente la validation informatique de la proposition d'architecture de supervision évolutive permettant d'intégrer progressivement des indicateurs et du concept de réutilisation des indicateurs. L'environnement de supervision EM-AGIIR a été implémenté et adapté à une base de traces relationnelles puis à la base de trace « eXist » mise en place dans le cadre du projet MATES. Des Patrons d'indicateurs Réutilisables, capitalisant des savoir-faire en termes d'exploitation de traces, ont permis, avec l'utilisation de la technologie agent, d'intégrer des indicateurs à EM-AGIIR.

L'intégration des indicateurs définis à l'origine sur les traces MATES, à EM-AGIIR, a permis de valider

- (i) l'indépendance de la phase d'analyse d'un indicateur et de sa réutilisabilité. Les fonctions « indicateur » capitalisées dans les patrons et intégrées dans EM-AGIIR, ont fonctionné normalement.
- (ii) « l'ouverture pendant son utilisation » de notre environnement. En effet, on a pu intégrer progressivement des indicateurs à EM-AGIIR pendant son exécution, sans avoir à le réimplémenter.
- (iii) Son « évolutivité » est prouvée par sa capacité à acquérir perpétuellement de nouveaux outils (les indicateurs) pour le tuteur. L'architecture est telle que la suppression ou le rajout d'indicateurs n'affecte en rien la bonne marche de l'ensemble.
- (iv) L'opération d'agrégation des indicateurs à travers le catalogue. Un ensemble d'agents « indicateur » ont pu s'exécuter simultanément et fournir des ensembles d'informations, visualisés sur une même interface, pour superviser une activité d'apprentissage.

- (v) L'opération de composition des indicateurs grâce à l'agent Compositeur. L'indicateur « Matrice d'enchaînement de tours de paroles » a pu être intégré avec succès. Il a utilisé, comme prévu, les informations issues du micro-indicateur « Liste des Apprenants et leurs groupes ».

L'intégration de l'indicateur « Betweenness Centrality » a permis de valider le concept de réutilisation d'indicateurs définis dans des contextes différents. Même si l'algorithme proposé n'était pas à la base défini sur des traces, nous avons réussi à l'adapter à notre contexte en lui fournissant les informations dont il a besoin pour s'exécuter.

EM-AGIIR a été manipulé par un informaticien, en tant qu'adaptateur-intégrateur. Celui-ci a pu y intégrer un indicateur avec succès. L'intégrabilité de nouveaux indicateurs est un procédé à portée de main pour tout informaticien ayant déjà écrit un programme Java.

Les tuteurs en ligne du projet MATES, l'ont trouvé utile, au vu des indicateurs qu'il pouvait fournir et de la liberté de choix offerte.

Il serait intéressant d'observer l'utilisation d'EM-AGIIR pendant une activité d'apprentissage (en synchrone) et de voir la personnalisation de la supervision qui est faite pour chaque tuteur. Un autre aspect essentiel est d'identifier les décisions d'action que prennent les tuteurs à partir des informations fournies, puisque « l'objectif d'*EM-AGIIR* est d'informer les tuteurs pour qu'ils *agissent* lors de la supervision des activités d'apprentissage ». Ces informations pourraient permettre de répondre à une de nos questions de recherche : « De quels types d'indicateur, le tuteur a-t-il besoin pour jouer chacun de ses rôles ». Nos résultats étant mitigés pour les indicateurs d'Activité (Parcours et Technique), ces expérimentations pourraient peut être nous éclairer.

Dans notre état de l'art présenté dans le chapitre 2, le tableau de bord de l'outil Croisières est le seul environnement qui a, comme nous, recensé les rôles du tuteur et fait une proposition d'indicateurs de supervision liée à ces rôles. Pour cela nous comparons les deux environnements au niveau de leurs potentialités techniques

| Environnement | EM-AGIIR | Tableau de Bord |
|-------------------------------------|--|--|
| Adaptabilité à d'autres EIAH | Adaptable aux Bases de traces d'autres EIAH | Spécifique à l'EIAH Croisière |
| Rôles du tuteur traités | cognitif, pédagogique, social, technique | cognitif, pédagogique, social |
| Types d'indicateurs | parcours, technique, cognitif, social | parcours, cognitif, social |
| Niveau d'indicateurs | Indicateurs de haut niveau | Indicateurs de bas niveau : le tuteur a accès aux traces de production et aux interventions des apprenants. Les traces de navigation sont visualisées. |
| Nombre d'indicateurs | Nombre d'indicateurs pouvant évoluer selon les réutilisations faites | Nombre limité d'indicateurs : des alertes sur les événements récents, productions et interventions des apprenants, parcours des apprenants. |
| Technique de visualisation | Tableau | Lien sur les traces Visualisation synthétique du |

Chapitre 5 : EM-AGIIR

| | | |
|--|--|-----------------------------------|
| | | parcours avec un outil interactif |
|--|--|-----------------------------------|

Tableau 15 Comparaison EM-AGIIR/Tableau de bord de l'outil Croisières

Les deux environnements ont des objectifs de base identiques dans leur volonté d'instrumenter la tâche du tuteur, mais ne traitent pas le même nombre de rôles et cela se ressent au niveau des types d'indicateurs proposés. Des différences sont notables au niveau des centres d'intérêt. EM-AGIIR s'évertue à réutiliser divers savoirs-faires pour fournir au tuteur des indicateurs pertinents sur l'activité d'apprentissage à superviser. Le Tableau de bord s'efforce de permettre au tuteur d'accéder à toutes les traces d'activités significatives et propose pour cela une visualisation synthétique et interactive du parcours.

Les approches sont donc différentes et l'évaluation de leurs utilités, dans un même contexte, pourrait être intéressante pour voir (i) si la proposition d'un ensemble d'indicateurs de haut niveau diminue réellement la charge de travail des tuteurs en ligne, ou alors, si les traces d'activité leurs sont plus accessibles (ii) si le fait d'avoir un nombre plus important d'indicateurs augmente les actions de régulation menées par le tuteur, et par la même occasion améliore l'apprentissage.

Conclusion Générale

Synthèse

Cette thèse est consacrée à la thématique de l'instrumentation du tuteur. Elle a proposé des réponses aux questions portant sur l'identification des types d'indicateurs pour chaque rôle du tuteur et sur la proposition d'un environnement pouvant fournir ces différents types d'indicateurs même s'ils nécessitent une expertise dans des domaines assez diversifiés pour ne pas être maîtrisés par « un » concepteur d'environnement de supervision.

A la problématique de proposer les indicateurs nécessaires à chaque rôle de régulation du tuteur (pédagogique, social, cognitif, technique), certains environnements de supervision existants (Mostow et al. 2005, Harrer et al. 2005, Merceron et Yacef 2004) peuvent répondre en laissant le tuteur définir les indicateurs de son choix. Cependant, la définition de ces indicateurs et leur interprétation s'avèrent difficiles. Elles nécessitent souvent des compétences en informatique qui ne sont pas forcément détenues par les tuteurs.

D'autres environnements proposent un ensemble fini d'indicateurs mais dans l'objectif de mettre en évidence un aspect de l'activité d'apprentissage (parcours de l'apprenant dans une formation structurée ou une activité scénarisée, connaissances acquises ou erreurs faites lors de l'apprentissage sur un EIAH donné, méthodes de visualisation du parcours ou du processus d'apprentissage des connaissances proposées). Le Tableau de bord de l'outil Croisière (Teutsch et al. 2004) s'est intéressé, comme nous, à aider le tuteur à jouer ces divers rôles. La proposition faite fournit un accès aux traces d'activités des apprenants et une visualisation du parcours de l'apprenant. Ces indicateurs, mis en place pour un apprentissage sur l'EIAH Croisière, permettent au tuteur de jouer les trois rôles cognitif, pédagogique et social identifiés. Le rôle technique n'est pas pris en compte.

Le modèle CAS de supervision est une proposition pour notre première problématique qui concerne l'identification des indicateurs nécessaires à chaque rôle de régulation du tuteur. Il est composé des indicateurs Cognitifs, qui informent sur l'utilisation des connaissances proposées à l'apprenant, des indicateurs d'Activité qui reflètent l'utilisation, anormale (indicateurs Technique) ou normale (indicateurs de Parcours) qui est faite des objets pédagogiques présents sur la plateforme d'apprentissage.

La classification selon cette taxonomie peut être faite en identifiant les traces nécessaires à leurs définitions. En effet, les traces de type « Production » permettent de définir des indicateurs cognitifs. Les « manipulations d'objets pédagogiques » de la plateforme sont à la base des indicateurs d'activité. Les traces d'« Interventions » dans les espaces de travail collaboratifs permettent quant à eux d'obtenir des indicateurs sociaux.

L'hypothèse selon laquelle les indicateurs cognitifs permettent de jouer des rôles Pédagogique et Cognitif, les indicateurs de Parcours permettent de jouer des rôles pédagogique et social, les indicateurs Techniques permettent de jouer le rôle technique et les indicateurs Sociaux le rôle social, n'a pas été complètement validée. En effet, l'utilité des indicateurs d'Activité (Parcours et Technique) n'a pas été identifiée. Le résultat général est que le modèle CAS est une taxonomie assez large pour classer une majeure partie des indicateurs issus des traces d'activité des apprenants. Aussi, vu la différence des besoins exprimés par les tuteurs, un environnement de supervision qui implémente le modèle CAS et propose plusieurs indicateurs pour chaque type, permettra une personnalisation de la supervision.

Les propositions faites par les environnements existants et les résultats de l'enquête ont montré le besoin de définir une proposition informatique pour atteindre notre objectif général de définition des indicateurs nécessaires à l'activité de régulation du tuteur. Notre proposition est une architecture évolutive permettant d'intégrer progressivement des indicateurs et l'implémentation du modèle CAS dans cette architecture pour avoir la diversité d'indicateurs

Conclusion Générale

nécessaire à la régulation d'une activité d'apprentissage. Cette architecture est une réponse au besoin de personnalisation de l'activité du tuteur, exprimé dans notre enquête. L'intégration d'indicateurs implémentant le modèle CAS soulève notre deuxième problématique qui concerne la définition d'indicateurs nécessitant des compétences diverses. Notre solution, dans ce cas, est la réutilisation des indicateurs existants. Le Patron d'Indicateur Réutilisable est basé sur le besoin de capitaliser les savoirs-faires en termes d'exploitation des traces. La définition considérant un indicateur comme étant une fonction qui prend en entrée un ensemble de traces et qui fournit un ensemble d'informations permet de réutiliser des indicateurs de haut niveau. En effet, les indicateurs de bas niveau, qui sont des traces sélectionnées, n'appliquent aucune technique d'exploitation sur les traces.

Nous proposons une architecture multi-agent évolutive qui permet d'intégrer de nouveaux indicateurs, en cours d'utilisation. Un indicateur, qui y est intégré à travers un agent indicateur, peut obtenir les traces dont il a besoin grâce aux agents Requête et Base de données, et visualiser les informations qu'il fournit, grâce à l'agent IHM. L'architecture permet au tuteur d'agrèger un ensemble d'agents indicateur pour obtenir plusieurs types d'informations sur la même activité d'apprentissage. Aussi, l'opération de composition des agents est implémentée dans cette architecture. Elle permet à des macro-indicateurs d'obtenir des informations issues d'autres indicateurs, et ceci grâce à l'agent Compositeur. L'architecture propose donc les opérations d'agrégation et de composition des agents indicateurs.

Pour valider la faisabilité informatique des modèles ainsi que de l'architecture proposée, nous avons implémenté l'environnement de supervision EM-AGIIR avec la plateforme de développement Jade. Pour une première validation, nous avons d'abord connecté EM-AGIIR à une base de traces relationnelle contenant les traces d'interaction générées lors d'une expérimentation en électricité auprès de collégiens (Michellet 2005). L'indicateur « fréquentation de la plateforme » présenté dans le chapitre 4 y a été intégré.

EM-AGIIR a ensuite été connecté à la base de traces XML « eXist » mis en place lors du projet MATES du réseau européen d'excellence Kaleidoscope. Nous y avons intégré un ensemble de micro-indicateurs et de macro-indicateurs. L'indicateur social « Betweenness Centrality » issu de l'état de l'art, dont la définition nécessite des connaissances en Mathématiques et Sociologie (Brandes 2001), est réutilisé dans EM-AGIIR.

L'environnement EM-AGIIR implémentant le modèle CAS, répond aux problématiques de fournir les indicateurs nécessaires aux rôles du tuteur et d'intégrer des indicateurs qu'on ne sait pas définir (par la réutilisation). Son utilisabilité pour un adaptateur-intégrateur est validée auprès d'un informaticien et les tuteurs en ligne du projet MATES l'ont trouvé pertinent pour la supervision d'une activité d'apprentissage.

Discussion sur les propositions de la thèse

Modèle de l'Indicateur, Patron d'indicateur Réutilisable et Réutilisation

Nous avons proposé un modèle de l'indicateur qui considère celui-ci comme une fonction qui prend en entrée un ensemble de variables, les traces, et qui fournit un ensemble d'informations. Il distingue les différents niveaux d'indicateurs existants, notamment les indicateurs de bas niveau où $f()$ est une fonction Identité, et les indicateurs de haut niveau où $f()$ est une fonction d'analyse. Ce modèle a permis l'identification des indicateurs réutilisables (les indicateurs de haut niveau) et de la partie réutilisable dans ces indicateurs, la fonction $f()$.

Cette proposition vient renforcer les travaux de modélisation des indicateurs d'apprentissage, entamés par les projets ICALT et IA (Dimitracopoulou 2004, Dimitracopoulou 2005). En effet, ces projets ont eu un apport majeur pour la description, la définition et la classification des indicateurs. Cependant, leur représentation de l'indicateur en une variable ne facilite pas

Conclusion Générale

la réutilisation, et leur méthodologie de classification des indicateurs en haut ou bas niveau n'est pas directement automatisable. Notre modèle de l'indicateur est un apport en ce sens.

Notre Patron d'Indicateur Réutilisable est un instrument qui a pour objectif de capitaliser les savoirs-faires en termes d'exploitation de traces contenus dans les indicateurs existants. Son formalisme garantit la réutilisation de ce savoir-faire. En effet, la solution du patron est la fonction $f()$ accompagnée de son domaine de définition et de l'interprétation des informations qu'elle fournit.

Modèle CAS d'indicateur

A la problématique d'identification des indicateurs utiles aux rôles de régulation du tuteur, nous avons répondu en proposant le modèle CAS d'indicateur. Ce modèle permet de classer tous les indicateurs en Cognitif, Activité ou Social selon le type de traces numériques textuelles utilisées. Cette classification est automatisable car prend en compte un niveau de trace élémentaire.

Cette classification trouve ses limites pour les indicateurs d'activité de Parcours et Technique. En effet, ceux-ci proviennent du même type de traces. L'introduction du concept de seuil qui délimite le normal de l'anormal, compléterait cette classification. Par exemple l'indicateur technique « Liste des apprenants ayant appuyé plusieurs fois (4 ou plus) sur le bouton de validation de la question 1 » proposé dans l'enquête (chapitre 3), présente un seuil. Lorsque ce seuil, équivalent à 4, est atteint ou dépassé, on passe dans l'anormal. Cela reflète un problème technique et valide le fait que l'indicateur est technique.

Nous avons prouvé que la taxonomie CAS peut classer les indicateurs calculés à partir de traces numériques textuelles. Nos hypothèses sur ceux qui permettent de jouer chaque rôle de régulation, n'ont pas toutes été validées. Mais quelque soit les combinaisons (type d'indicateur, type de rôle) valides, le modèle CAS semble être suffisant. Nous avons donc globalement répondu à notre première problématique.

Le Modèle CAS est défini sur une typologie de traces basée sur le modèle de traces proposé par TRAILS. Cette typologie est à un grain élémentaire et ne prend en compte que les traces numériques textuelles, à la différence du modèle de traces de TRAILS.

Il est difficile de classer des indicateurs selon le Modèle CAS en se basant sur le modèle de traces TRAILS. En effet, une trace de discussion (TRAILS) est un ensemble de traces plus élémentaires avec une majorité d'interventions. Elle peut également comporter des manipulations d'OP. De ce fait plusieurs types d'indicateurs peuvent être extraits d'une trace de discussion TRAILS. L'utilisation de la classification avec le modèle CAS nécessite la prise en compte du même niveau de traces que le notre.

Beaucoup de travaux s'intéressent actuellement à la dimension affective (Dimitracopoulou et Bruillard 2007, Reyes et Tchounikine 2005). En nous basant sur les traces utilisées par ces indicateurs, on peut dire s'ils sont cognitifs, d'activité ou social. Cela dit, le modèle CAS ne permet pas d'identifier la dimension affective.

Opération sur les indicateurs

Nous avons proposé les opérations d'agrégation et de composition des indicateurs. Ces opérations ne sont pas complètement nouvelles dans le domaine des EIAH. Randriamalaka et al. (2007) proposent une agrégation des indicateurs. Sans évoquer la notion de composition des indicateurs, Merceron et Yacef (2004) proposent des exemples de macro-indicateurs, qui utilisent la composition d'indicateurs. La modélisation mathématique de l'indicateur modifie la perception des opérations utilisées jusqu'alors sur les indicateurs. L'agrégation des indicateurs devient une agrégation de fonctions et de la même façon la composition des indicateurs devient une composition de fonctions.

Conclusion Générale

L'architecture que nous proposons a l'avantage de permettre aux tuteurs de choisir les opérandes et d'appliquer quand il le souhaite l'opération d'agrégation.

Une fois définie, l'indicateur résultant d'une opération de composition pourra être utilisé indéfiniment par le tuteur. Toutes les étapes de composition sont gérées automatiquement par le système dans notre architecture. Si nous considérons les travaux de Merceron et Yacef (2004), chaque fois qu'un macro-indicateur devrait être utilisé sur les traces, toutes les étapes de la composition seraient à refaire explicitement par l'utilisateur. Les indicateurs composites devraient d'abord être appliqués sur les traces.

Cette vision en termes de fonction ouvre à la recherche sur les indicateurs, des perspectives prometteuses dans la définition de nouveaux indicateurs en utilisant les opérations sur les fonctions. Nous reviendrons sur ces opérations dans les perspectives.

Architecture multi-agent évolutive de réutilisation

L'environnement EM-AGIIR nous a permis de répondre à notre objectif de réutilisation des indicateurs existants, instrumenté avec l'architecture multi-agent proposé et les patrons d'indicateurs réutilisables.

L'avantage de l'architecture est qu'elle est basée sur le modèle de l'indicateur proposé. Ce modèle est applicable à tous les types d'indicateurs obtenus à partir de traces d'interaction numériques textuelles. L'architecture permet donc la réutilisation de tous ces types d'indicateurs, lorsque les patrons correspondants ont été mis en place.

L'architecture ne favorise pas, par ses objectifs de réutilisation, l'intégration des indicateurs de bas niveau, qui ont pourtant chacun leur degré de pertinence. La fonction « indicateur » qui est ici la fonction Identité ne peut être réutilisée. Pourtant, nombreux sont les environnements de supervision (Exemple : Tableau de bord de l'outil Croisières, TACSI) dans notre état de l'art qui en se basant sur les besoins exprimés du tuteur, proposent des indicateurs de bas niveau. Cela montre leurs importances pour la supervision de l'apprentissage.

Ces indicateurs pourraient être obtenus dans EM-AGIIR en implémentant une vue directe sur les traces, pour le tuteur.

Personnalisation de la supervision avec EM-AGIIR

Par sa capacité à réutiliser un nombre important d'indicateurs et à permettre au tuteur d'agréger ceux de son choix, EM-AGIIR est un environnement qui personnalise la supervision. En effet, chaque tuteur supervise une activité d'apprentissage avec les indicateurs qu'il trouve pertinents par rapport aux activités de ses apprenants.

Cette personnalisation de la supervision pourrait être offerte par les environnements qui laissent le tuteur définir ses indicateurs, mais ils comportent des difficultés majeures liées à leurs capacités à définir eux-mêmes les indicateurs. Loghin et al. (2007) proposent une architecture de définition d'indicateurs basée sur un langage d'agents (logiciels). Cette architecture offre une flexibilité lors de la supervision d'une activité d'apprentissage. La personnalisation de cette supervision passe dans ce contexte par la rédaction de règles portant sur les agents, par un ingénieur pédagogique. Cet ingénieur peut difficilement être le tuteur. D'après Loghin et al. (2007), « le langage tel qu'il est actuellement défini ne permet évidemment pas à un enseignant d'écrire de nouvelles règles. Nous voyons donc ici un frein important à la mise en place de notre approche ».

EM-AGIIR se différencie des environnements que nous avons étudiés dans notre état de l'art par son ouverture et son évolutivité, sa capacité à réutiliser de nouveaux indicateurs, et pour le tuteur, sa capacité à permettre la personnalisation de la supervision.

Un environnement tel que DIAS (Bratitsis et Dimitracopoulou 2005), proposant un nombre important et varié d'indicateurs (52) à partir des traces d'une activité d'apprentissage sur le forum, est un outil réel de personnalisation. Cette méthodologie visant à identifier le

Conclusion Générale

maximum d'indicateurs calculables à partir des traces issues d'une activité particulière, est un moyen efficace pour instrumenter la supervision de ce type d'activité. Cependant, elle ne permet pas de profiter de l'expertise d'autres chercheurs, par la réutilisation d'indicateurs pertinents qui n'auraient pas été définis dans DIAS. Aussi l'adaptabilité de DIAS aux forums pose des limites pour la supervision dès que l'apprentissage nécessite d'autres types d'activités (ex : répondre à un questionnaire, faire une simulation).

Perspectives

Pour prolonger ce travail de recherche, plusieurs pistes sont envisageables.

| |
|---|
| Perspectives de recherche informatique |
|---|

Opérations sur les indicateurs

L'environnement de supervision propose les opérations d'agrégation d'indicateurs à partir du catalogue et celle de composition des agents indicateurs qui permet à des macro-indicateurs d'utiliser des informations fournies par d'autres indicateurs. D'autres types d'opérations pourraient également être proposées.

Un tuteur qui en visualisant l'indicateur « Changement d'avis ou pas après la discussion sur le chat » disponible dans EM-AGIIR, ne trouve intéressant que les apprenants qui sont passés d'une bonne réponse à une mauvaise réponse, devrait pouvoir le spécifier. Cette spécification consisterait en l'application d'une **opération de sélection** sur l'indicateur. L'ajout de ce type d'opérations pour les tuteurs, contribuerait à augmenter le niveau de personnalisation de la supervision. En effet, EM-AGIIR pourrait enregistrer dans sa mémoire interne les choix de chaque tuteur dans les informations à afficher pour chaque indicateur.

Une **opération de projection** pourrait également être appliquée sur les indicateurs. A partir de celle-ci, le tuteur pourrait signifier une colonne qui ne l'intéresse pas. Avec le même exemple d'indicateur « Changement d'avis ou pas après la discussion sur le chat », nous avons les attributs « Identifiant, Première réponse, Impact discussion », le tuteur pourrait dire qu'il ne s'intéresse pas à la « Première réponse » qui n'est en fait qu'un rappel.

Les opérations de sélection et de projection s'appliquent aux ensembles d'information résultants des indicateurs. Le modèle de l'indicateur permet d'appliquer d'autres types d'opérations sur les fonctions indicateurs. Les opérateurs tels que l'addition, la soustraction, le produit, le quotient, voir la dérivé (par exemple pour des indicateurs ayant une variable temporelle), pourraient alors, dans une perspective de recherche sur l'exploitation des indicateurs, être utilisés. Dans le cadre de cette recherche il faudra déterminer la sémantique qu'apporteraient ces opérations aux indicateurs résultants.

Modélisation d'un agent Compagnon

EM-AGIIR permet de réutiliser un grand nombre d'indicateurs. Les utilisateurs de l'environnement auront à leur disposition un catalogue très fourni. Le tuteur devra choisir parmi de très nombreux indicateurs ceux qui lui permettent de superviser une activité d'apprentissage. L'adaptateur-intégrateur en voulant intégrer un macro-indicateur à l'environnement, devra également choisir les indicateurs qui vont entrer dans sa composition. Ces deux utilisateurs peuvent être vite dépassés par la quantité d'indicateurs disponibles. Le choix peut alors être difficile. Pour faciliter ce choix et répondre à nos objectifs de supervision, il serait intéressant de rajouter à EM-AGIIR un agent compagnon qui aiderait le tuteur ou l'adaptateur-intégrateur à choisir les indicateurs qui sont techniquement applicables à son contexte.

Pour le tuteur, l'agent Compagnon doit fournir les indicateurs qui s'appliquent à son contexte supervision. Les conditions de réutilisabilité des indicateurs ont été traitées dans le chapitre 4.

Conclusion Générale

Cet agent devra garantir en plus de la réutilisabilité des indicateurs, la cohérence des informations que fournissent les indicateurs. Cette cohérence est à définir. Par exemple, une règle de cohérence pourrait être que les indicateurs choisis doivent fournir des informations pour une même unité d'apprenants. Cela signifie que les indicateurs portent tous sur un apprenant, un groupe d'apprenant ou une classe.

En ce qui concerne l'adaptateur-intégrateur, l'agent Compagnon devrait lui fournir lorsqu'il intègre un macro-indicateur à l'environnement de supervision, l'ensemble des indicateurs qui peuvent entrer dans sa composition.

Personnalisation de la visualisation des indicateurs

EM-AGIIR propose une visualisation des informations fournies par les indicateurs avec des tableaux. Une visualisation avec des outils tels que les camemberts, des courbes, des histogrammes, faciliterait leur compréhension par les tuteurs. EM-AGIIR fournit en plus des informations, l'interprétation à en faire.

La définition de l'indicateur que nous avons proposé, étant conforme au paradigme MVC, plusieurs vues pourraient ainsi être intégrées à EM-AGIIR. L'association entre indicateur et vue pourrait alors être faite par l'adaptateur-intégrateur après avoir intégré l'indicateur. Une autre vision serait de laisser le tuteur choisir la vue qui lui semble pertinente pour un indicateur donné. Cette vision renforce la capacité de personnalisation de la supervision d'EM-AGIIR, en y ajoutant celle de la visualisation des informations fournies par les indicateurs. Cependant elle augmente la charge de travail des tuteurs. Cette perspective de personnalisation de la visualisation est à étudier pour identifier les rôles et les incidences pour chaque acteur, dans sa mise en place, ainsi que la valeur ajoutée pour la supervision, voir l'activité supervisée.

Intégration d'outils de régulation des activités d'apprentissage

Une perspective pour EM-AGIIR, qui existe déjà dans d'autres environnements, est l'ajout d'outils permettant au tuteur d'agir (régulation) sur l'apprentissage d'un apprenant. Le chat intégré dans l'environnement de supervision FORMID ou l'outil de modification du scénario disponible dans le système de visualisation d'une classe virtuelle de (France et al. 2007) sont des exemples.

On pourrait également imaginer d'y intégrer un tuteur intelligent qui en fonction des informations fournies par les indicateurs identifierait (Mufti Alchawafa et Luengo 2008) l'action de régulation à mener sur une activité d'apprentissage.

Perspectives de recherche à la croisée entre l'informatique et les sciences humaines

Identification des bonnes pratiques des tuteurs avec EM-AGIIR

Il serait intéressant d'observer l'utilisation d'EM-AGIIR par les enseignants, d'identifier les types d'indicateurs qu'ils choisissent de visualiser dans des situations d'apprentissage données, et les actions de régulation qu'ils mènent sur ces activités. L'identification de ces bonnes pratiques pourrait être à la base de la définition d'un système conseiller qui proposerait au tuteur des conseils pour choisir les indicateurs qui pourraient l'aider dans son activité.

Villiot Leclercq (2007) propose dans sa thèse un dispositif de soutien aux enseignants pour la réutilisation de scénarios pédagogiques existants. Pour cela, elle se base dans un premier

Conclusion Générale

temps sur les pratiques de scénarisation des enseignants (projet E-praxis¹⁷), pour mettre en place des modèles qui sont ensuite évalués.

Pour une poursuite de nos travaux, cette recherche consisterait à identifier les bonnes pratiques de supervision des tuteurs c'est-à-dire les indicateurs visualisés dans EM-AGIIR, qui seront à l'origine d'actions de régulation ayant pour impact une amélioration de l'apprentissage. L'amélioration de l'apprentissage est une notion à définir selon le type d'action de régulation et selon les objectifs du tuteur.

Ces bonnes pratiques seraient issues d'une expérimentation assez conséquente (en durée et en nombre de participants) pour que le système conseiller soit crédible.

Une telle recherche est fortement orientée « Science de l'éducation ». Au niveau informatique, ces résultats permettraient de doter l'agent compagnon, cité plus haut, de plus de compétences, notamment celles de conseiller le tuteur sur le choix d'indicateurs « cohérents » et « utiles » pour prendre des décisions de régulation.

Validation et Affinement de l'utilité des indicateurs du Modèle CAS

Au-delà de l'identification de ces bonnes pratiques, les traces d'utilisation d'EM-AGIIR devraient nous permettre de confirmer ou d'identifier l'utilité de chaque type d'indicateur du modèle CAS. A la question « quels types d'indicateurs permettent de jouer quel rôle de régulation ? », l'enquête décrite dans le chapitre 3 ne répond que partiellement. En effet, nous n'avons pas de conclusion par rapport à l'utilité des indicateurs d'activité.

L'analyse des traces d'utilisation d'EM-AGIIR par les tuteurs, pourrait non seulement valider ou infirmer notre hypothèse de base, mais pourrait également affiner les résultats que nous avons déjà.

Selon les situations d'apprentissage (mode d'apprentissage (individuel, collectif ou hybride), le type de tâche (argumentation, questionnaire, modélisation, micro-monde, autres)), on pourrait découvrir une différence sur l'utilité des indicateurs du modèle CAS pour la régulation des activités d'apprentissage. Ces résultats pourraient être du genre : « les indicateurs d'activité sont plus utilisés pour jouer un rôle cognitif lorsque l'activité se fait dans un micro-monde ».

Utilisation du Modèle CAS pour la définition d'un scénario d'observation

Dans leurs travaux, Randriamalaka et al. (2008) identifie le rôle du concepteur pédagogique qui définit le scénario d'observation lié au scénario pédagogique. Dans un contexte d'apprentissage en ligne, il est important d'aider le concepteur à définir et choisir les indicateurs qui composent le scénario d'observation. Le Modèle CAS peut ici être utile au concepteur pour qu'il définisse des indicateurs couvrant les différents types de la taxonomie. Cette implémentation du modèle CAS pourrait garantir aux tuteurs des informations lui permettant d'agir à tous les niveaux de leur activité de régulation (cognitif, pédagogique, technique, social).

Le mot de la fin

Les résultats de cette thèse constituent un apport pour cette problématique, commune à la recherche en EIAH, qu'est l'efficacité de l'apprentissage à travers les environnements numériques. L'étude et l'instrumentation du tutorat sont essentielles pour ce type d'apprentissage. La thèse apporte sa contribution à cet édifice en modélisant et en instrumentant la supervision, qui est une composante majeure du tutorat, dont la maîtrise garantit l'efficacité de ce type d'enseignement.

¹⁷ <http://praxis.inrp.fr/praxis/>

ANNEXES

Annexe 1 : Classification des indicateurs de notre état de l'art (cf. Chapitre 2) selon leurs types et les traces qu'ils utilisent

| Environnement, modèle ou architecture de supervision | Indicateurs | Type d'indicateur | Traces utilisées |
|---|--|--|---|
| TACSI | <ul style="list-style-type: none"> ○ les contributions individuelles aux productions collectives ○ les contributions individuelles aux échanges ○ le profil de comportement social de l'apprenant | <p>Cognitif</p> <p>Cognitif</p> <p>Social</p> | <p>Les Productions dans les activités collectives</p> <p>Les productions dans le forum (contenu)</p> <p>Les interventions et le choix des types d'actes de langage de l'apprenant (correspondant à ses interventions) dans le forum</p> |
| Sémantique du parcours de l'apprenant (Bousbia et labat 2007) | <ul style="list-style-type: none"> ○ (l'avis des apprenants sur) son statut sociométrique ○ Temps passé sur une page du contenu ○ Taux d'hyperliens ouvert dans la page ○ Intérêt de la page ○ (...) | <p>Cognitif (affectif selon Dimitracopoulou et Bruillard 2006)</p> <p>Activité</p> <p>Activité</p> <p>Activité</p> | <p>Réponses au questionnaire</p> <p>Les dates d'accès à la page</p> <p>Les accès aux liens dans la page</p> <p>Les accès à la page et à son contenu</p> |
| Tableau de bord de l'outil Croisières | <ul style="list-style-type: none"> ○ alertes sur les événements récents (messages, points de blocage, productions) ○ le taux de fréquentation des modules ○ taux de participation aux activités des modules ○ taux de réussite | <p>Activité</p> <p>Activité</p> <p>Activité</p> <p>Cognitif</p> | <p>Manipulation des OP</p> <p>Accès aux modules</p> <p>Manipulation d'OP (activités)</p> <p>Productions dans les</p> |

| | | | |
|---|--|---|--|
| <p>Reflét</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ taux de progression. | <p>Activité</p> | <p>modules Accès et clics sur les boutons de validation</p> |
| <p>TADA-Ed</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ le pourcentage de réalisation d'une activité ○ le taux de Complétion des activités ○ les erreurs les plus fréquentes ○ les exercices validés par tous ○ les apprenants qui n'ont réussi à faire aucun des exercices entamés ○ les groupes d'apprenants par capacité ○ les apprenants qui ont réussi ou échoué selon leur méthodologie d'apprentissage ○ les erreurs qui s'associent souvent | <p>Activité Cognitif Cognitif Cognitif Cognitif</p> | <p>Accès et clics sur les boutons de validation Les productions des apprenants Les productions des apprenants Idem Idem (ou/et les indicateurs de plus bas niveau déjà calculés) Idem (ou/et les indicateurs de plus bas niveau déjà calculés) les erreurs les plus fréquentes</p> |
| <p>Architecture ouverte de supervision hiérarchique et distribuée</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ les objets pédagogiques que les utilisateurs ont eux-mêmes exploités. | <p>Activité</p> | <p>Les accès aux objets pédagogiques</p> |
| <p>PepiStéréo</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ les taux de réussite ○ la liste des erreurs faites par l'apprenant. ○ les sous-groupes d'élèves ayant des leviers et des fragilités similaires. | <p>Cognitif Cognitif Cognitif</p> | <p>Les productions des élèves aux exercices d'algèbre Les productions des élèves aux exercices d'algèbre La liste des erreurs et les taux de réussite</p> |
| <p>DIANE</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ Les erreurs | <p>Cognitif</p> | <p>Les Productions des apprenants dans les</p> |

| | | | |
|---|---|----------|--|
| Assistent | ○ Liste des exercices que les élèves trouvent difficiles | Cognitif | exercices Productions des élèves |
| | ○ Liste des exercices que les élèves ne trouvent pas | Cognitif | Productions des élèves |
| | ○ Liste des élèves qui trouvent le plus d'exercices | Cognitif | Productions des élèves |
| | ○ Liste des élèves qui passent le plus de temps | Activité | Accès aux exercices |
| | ○ Liste des élèves qui demandent le plus d'aide | Activité | Accès aux aides |
| | ○ Les compétences les plus acquises | Cognitif | Productions des élèves |
| | ○ Les réponses des apprenants | Cognitif | Productions des élèves |
| Anaïs | ○ les règles et théorèmes utilisés par l'apprenant | Cognitif | Les productions des apprenants dans les exercices d'algèbre |
| | ○ Etat des apprenants | Activité | Les Manipulations d'OP |
| Système de visualisation d'une classe virtuelle (Laure & al 2007) | ○ Parcours effectués | Activité | Les Manipulations d'OP |
| | ○ Activités réalisés ou en cours | Activité | Les clics sur les boutons de validation des activités |
| DynMap | ○ Parcours de l'apprenant | Activité | Accès aux contenus d'apprentissage |
| | ○ Modèle de l'apprenant | Cognitif | Production |
| MOODOG | ○ Liste d'apprenants inscrits à un cours | Activité | Inscription (sans doute validation avec un bouton « inscription) |
| | ○ Cours le plus populaire | Activité | Accès au cours |
| | ○ Nombre de fois que chaque apprenant a accédé à un cours | Activité | Accès au cours |
| | ○ le temps qu'un apprenant a mis sur un CMS | Activité | Accès au cours |
| | ○ le nombre de ressources auxquelles un | Activité | Accès au cours |

| | | | |
|-----------|--|---|---|
| FORMID | <p>apprenant n'a pas accédé</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ le nombre de discussions qu'un apprenant a initié ○ sa participation ○ la progression dans un exercice ○ la difficulté d'un exercice pour un groupe ○ la production d'un apprenant à une étape | <p>Activité</p> <p>Social</p> <p>Activité</p> <p>Cognitif</p> <p>Cognitif</p> | <p>Création d'une nouvelle discussion</p> <p>Interventions à une discussion</p> <p>Accès et validation des étapes de l'exercice</p> <p>Les productions aux étapes de l'exercice</p> <p>Production</p> |
| JCacheSim | <ul style="list-style-type: none"> ○ temps passés par l'apprenant à chaque étape de la simulation | <p>Activité</p> | <p>Dates d'accès aux différentes étapes de la simulation</p> |
| Coursevis | <ul style="list-style-type: none"> ○ communications entre apprenants. pour chaque message l'expéditeur, la date et l'objet, et pour chaque apprenant le nombre de messages envoyés ○ Performances dans le cours et pour des concepts spécifiques. les difficultés avec un concept et la comparaison entre les progrès d'un apprenant et ceux de la classe. ○ Aspects comportementaux : Activité des apprenants. Il se base sur les accès aux pages par objet, les accès totaux au cours, la progression dans le planning du cours, les messages, la | <p>Social</p> <p>Cognitif</p> | <p>Interventions</p> <p>Productions</p> <p>Manipulations d'OP</p> |

| | | | |
|---|--|---|---|
| | <p>soumission des quizz et devoirs.</p> | | |
| <p>Outil d'interrogation des traces du Reading Tutor</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ les questions auxquelles les apprenants ont mis le plus de temps pour répondre ○ les moments auxquels les apprenants ont été bloqués pendant une période suffisante pour que le tuteur intervienne | <p>Activité</p> <p>Activité</p> | <p>Date de lecture d'un mot par le Reading Tutor et Date où l'apprenant a répété le mot</p> <p>Date de lecture d'un mot par le Reading Tutor et Date où l'apprenant a répété le mot</p> |
| <p>SIGFAD</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ l'état du groupe : personnes présentes, absentes, dormantes ○ l'état du groupe en fonction du pourcentage de personnes actives ; ○ la productivité d'un utilisateur donné ; ○ le niveau de réalisation d'une activité donnée. | <p>Social</p> <p>Social</p> <p>Social</p> <p>Social</p> | <p>les interventions</p> <p>les interventions</p> <p>les interventions</p> <p>les interventions</p> |
| <p>CAF</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ le niveau de collaboration | <p>Social</p> | <p>Interventions</p> |
| <p>Outil d'extraction de patron</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ Séquences intéressantes | <p>Activité ou Social (dépend des types d'événements)</p> | <p>Evénements</p> |
| <p>Classificateur automatique de dialogues d'OXenTCê-Chat</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ Informations générales sur la conversation : durée, nombre de participants, nombre total de contributions, ○ les caractéristiques de collaboration utilisées | <p>Social</p> <p>Cognitif</p> | <p>Interventions</p> <p>Les messages</p> |

Annexes

| | | | |
|--|---|----------|--------------|
| | ○ rapport Standard qui dit si le sujet proposé dans le chat a fait l'objet d'une discussion ou pas. | Cognitif | Les messages |
|--|---|----------|--------------|

Annexe 2 : le Questionnaire

Mise en situation

Vous êtes tuteur en ligne. Vous supervisez l'apprentissage d'élèves à travers le scénario AppElec du projet MATES. Pendant cette supervision, vous jouez auprès des élèves différents rôles pour réguler l'apprentissage.

Nous avons la possibilité de vous donner une perception de l'activité d'apprentissage à partir de diverses informations déduites des traces.

L'objectif de cette interview est de connaître la liste des informations concernant l'apprentissage des élèves dont vous avez besoin pour jouer chacun de ces rôles.

Consignes

Une liste d'information exhaustive vous est proposée à chaque question. Cette liste est minimale par rapport à la quantité d'information qu'il est possible de calculer sur les traces d'apprentissage. Vous pouvez les utiliser pour répondre aux différentes questions posées. Vous pouvez également en imaginer d'autres.

Question 1 :

Les élèves ont répondu au premier QCM qui pose la question : « pourquoi la lampe L1 brille plus que la lampe L2 ». Le système a formé plusieurs groupes d'élèves. Ils sont conduits sur le chat pour discuter de leurs réponses. Vous avez la possibilité de participer au débat d'un des groupes.

En tant que tuteur en ligne, vous devez maintenir l'unité du groupe, aider les apprenants à travailler ensemble, à collaborer. De quelles informations pensez-vous avoir besoin pour jouer ce rôle ?

-

- Nombre de messages envoyés par apprenant dans chaque groupe - 1
- Nombre de messages par apprenant en adéquation avec le sujet de discussion -2
- Liste des apprenants qui servent d'intermédiaires entre les autres apprenants du groupe lors de la discussion-3
- Accord (ou pas) des apprenants d'un groupe après la discussion-4
- Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat-5
- Liste des apprenants ayant pu influencer un ou plusieurs membres de son groupe pendant la discussion-6
- Nombre d'accès au chat pour débiter une nouvelle discussion dans la phase 1-7
- Liste des apprenants ayant appuyé plusieurs fois (4 ou plus) sur le bouton de validation de la Question1-8
- Autres :

Question 1 – bis :

Supposons que vous ne pouvez pas accéder au chat pendant la discussion. Le système peut néanmoins calculer et vous fournir toutes les informations possibles.

Lesquelles voudriez-vous avoir pour maintenir l'unité du groupe et pousser les apprenants à travailler ensemble?

- Nombre de messages envoyés par apprenant dans chaque groupe
- Nombre de messages par apprenant en adéquation avec le sujet de discussion
- Liste des apprenants qui servent d'intermédiaires entre les autres apprenants du groupe lors de la discussion
- Accord (ou pas) des apprenants d'un groupe après la discussion
- Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat
- Liste des apprenants ayant pu influencer un ou plusieurs membres de son groupe pendant la discussion
- Nombre d'accès au chat pour débiter une nouvelle discussion dans la phase 1
- Liste des apprenants ayant appuyé plusieurs fois (4 ou plus) sur le bouton de validation de la Question1
- Autres :

Question 2 :

Les élèves ont fini de discuter dans le chat et répondent à nouveau à la question : « Pourquoi la lampe L1 brille plus que la lampe L2 ».

Imaginons que vous avez la possibilité de proposer à certains élèves de passer directement à une autre phase du scénario, de lire un cours sur la loi d'ohm (disponible sur la plateforme), ou autres.

En résumé, vous auriez les moyens d'organiser l'apprentissage tout au long de l'exécution du scénario. De quelles informations pensez-vous avoir besoin pour faire des propositions adaptées à chaque apprenant ?

- Nombre de messages envoyés par apprenant dans chaque groupe
- Nombre de messages par apprenant en adéquation avec le sujet de discussion
- Liste des apprenants qui servent d'intermédiaires entre les autres apprenants du groupe lors de la discussion
- Accord (ou pas) des apprenants d'un groupe après la discussion
- Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat
- Liste des apprenants ayant pu influencer un ou plusieurs membres de son groupe pendant la discussion
- Nombre d'accès au chat pour débiter une nouvelle discussion dans la phase 1
- Liste des apprenants ayant appuyé plusieurs fois (4 ou plus) sur le bouton de validation de la Question1
-

Autres :

Question 3 :

Tout au long du scénario, vous devez aider l'élève à comprendre les connaissances traitées dans l'apprentissage.

Sur quelles informations pouvez-vous vous basez pour jouer ce rôle ?

- Nombre de messages envoyés par apprenant dans chaque groupe
- Nombre de messages par apprenant en adéquation avec le sujet de discussion
- Liste des apprenants qui servent d'intermédiaires entre les autres apprenants du groupe lors de la discussion
- Accord (ou pas) des apprenants d'un groupe après la discussion
- Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat
- Liste des apprenants ayant pu influencer un ou plusieurs membres de son groupe pendant la discussion
- Nombre d'accès au chat pour débiter une nouvelle discussion dans la phase 1
- Liste des apprenants ayant appuyé plusieurs fois (4 ou plus) sur le bouton de validation de la Question1
- Autres :

Question 4 :

Les apprenants utilisent sur la plateforme LearningLab divers outils informatiques tels que le chat, TPelec, Mobwrite pour faire les synthèses...

Ils ne sont pas familiers avec ces outils et peuvent avoir des difficultés pour les utiliser.

Un de vos rôles est de les aider à résoudre des problèmes d'utilisation des moyens et outils informatiques.

Quelles informations seront utiles pendant toute l'exécution du scénario, pour que vous puissiez jouer ce rôle ?

- Nombre de messages envoyés par apprenant dans chaque groupe
- Nombre de messages par apprenant en adéquation avec le sujet de discussion
- Liste des apprenants qui servent d'intermédiaires entre les autres apprenants du groupe lors de la discussion
- Accord (ou pas) des apprenants d'un groupe après la discussion
- Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat
- Liste des apprenants ayant pu influencer un ou plusieurs membres de son groupe pendant la discussion
- Nombre d'accès au chat pour débiter une nouvelle discussion dans la phase 1
- Liste des apprenants ayant appuyé plusieurs fois (4 ou plus) sur le bouton de validation de la Question1
- Autres :

Question 5 :

Vous devez tout au long du scénario maintenir la motivation des élèves pour qu'ils persévèrent dans l'apprentissage qui leur est proposé, qu'ils ne se détournent pas de celui-ci pour bavarder ou naviguer sur internet.

Quelles informations pourraient vous y aider ?

- Nombre de messages envoyés par apprenant dans chaque groupe
- Nombre de messages par apprenant en adéquation avec le sujet de discussion
- Liste des apprenants qui servent d'intermédiaires entre les autres apprenants du groupe lors de la discussion
- Accord (ou pas) des apprenants d'un groupe après la discussion
- Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat
- Liste des apprenants ayant pu influencer un ou plusieurs membres de son groupe pendant la discussion
- Nombre d'accès au chat pour débiter une nouvelle discussion dans la phase 1
- Liste des apprenants ayant appuyé plusieurs fois (4 ou plus) sur le bouton de validation de la Question 1
- Autres :

Commentaires sur l'ensemble du questionnaire:

Annexe 3 : Patrons d'analyse de traces

(i) Exemple de patron d'analyse des usages mis en place dans le cadre du projet DPULS

| |
|----------------|
| GENERAL |
|----------------|

Name: LA4.2 Relations between errors, success or usage

Abstract:

Find relations between errors, success or usage to get an overview of a group of learners' activity on a set of exercises.

Category(ies):

(1) Assessment

Context

Type(s) of system:

(1) Individual Learning System

Type(s) of situation:

(1) Individual Learning

Actor(s):

(1) Student

Description:

Is part of LA4 'Overview on a group of learners' activity on a set of exercises'. You have an analysis of each learner's answer to each exercise of some set. You want to get an overview under the form of relations between exercises failed or succeeded together, mistakes made together and so on.

Context

Type(s) of system:

(1) Individual Diagnosis System

Type(s) of situation:

(1) Problem Solving Activity

Actor(s):

(1) Student

Description:

Is part of LA4 'Overview on a group of learners' activity on a set of exercises'. You have an analysis of each learner's answer to each exercise of some set. You want to get an overview under the form of relations between exercises failed or succeeded together, mistakes made together and so on.

| |
|----------------|
| PROBLEM |
|----------------|

Statement:

How to get an overview of a group of learners' work on a set of exercises under the form of relations between success, errors or usage?

Tracking focus(es):

(1) Learner's Behaviour/Performance

Analysis:

Strategic decision-making may require a synthetic view of learners' work on a whole activity. It can help teachers to reflect about the quality and adequacy of exercises and course material if the view shows mistakes often made together for example. If teachers or instructional designers do not have such a view, they may lack information that would help them improve their teaching or their design.

SET OF SOLUTIONS

Solution:

Solution Name:

LA4.2 Relations between errors, success or usage - p1
Printed : Jul 17, 2008

Objective:

Learner's assessment

Requisite

Indicator(s):

(1) Inherited from LA4 'Overview on a group of learners? activity on a set of exercises'.

Method(s):

(1) Automatic. Semi-automatic.

Solution description:

For each learner you have some analysis provided by the system on each answer submitted for each exercise. Then you can calculate simple statistics and compare by yourself exercises that most learners get wrong or right and ponder whether there is some links between the results. Another way is to use the association rule algorithm from the Data Mining field to discover associations like 'learners who get exercise A right get also exercise B right', or 'learners who make mistake C make also mistake D'.

Discussion:

Learning system example:

Queries on the Data Base of learners' answers allows to know the total number of mistakes made for each exercise, as well as the number of learners who succeeded on each exercise. This makes it possible to infer which exercises learners find difficult. With the Logic-ITA, an association rule algorithm has been used to detect associations such as 'if learners make mistake A, then they also make mistake B'.

SET OF RELATED PATTERNS

Related Pattern

Related Pattern Name: LA4 Overview on a group of learners? activity on a set of exercises

Related Pattern Type:

Internal

Source:

Relation Ship:

Part of

Related Pattern

Related Pattern Name: LA1 Multidimensional Analysis of a Learner?s Solution to a single Exercise

Related Pattern Type:

Internal

Source:

Relation Ship:

Can be used

PATTERN IDENTIFICATION

Author(s):

- (1) E. Delozanne
- (2) F. Gibert-Darras
- (3) J.M. Labat
- (4) F. Le Calvez
- (5) A. Merceron
- (6) F. Vandebrouck

LA4.2 Relations between errors, success or usage - p2
Printed : Jul 17, 2008

Date:

October 2005

Set Of Versions**Version****Number:**

1.0

Changes:**Bibliographic references:**

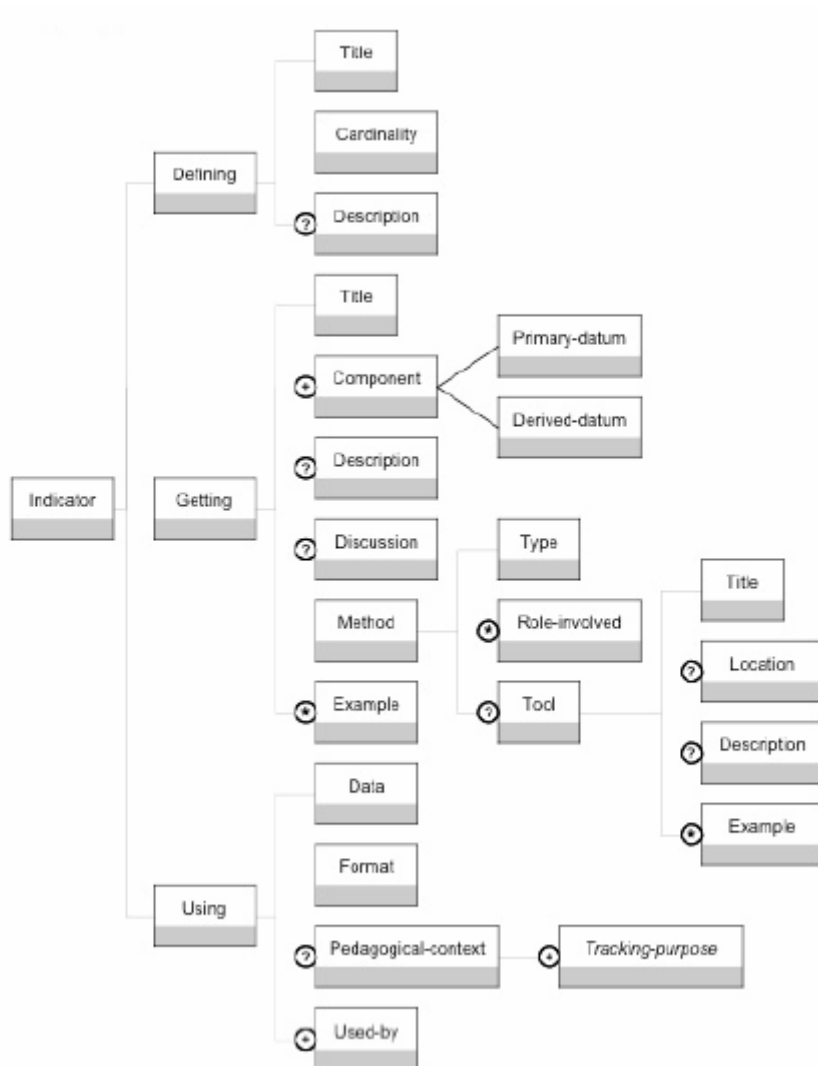
Delozanne E., Grugeon B., Pr?vit D., Jacoboni P. (2003). Supporting teachers when diagnosing their learners in algebra. Proceedings of Artificial Intelligence in Education, Sydney, Australia, IOS Press, Amsterdam, 461-470.

Duval P., Merceron A., Scholl M. and Wargon L. Empowering Learning Objects: an experiment with the Ganesha platform, ED-MEDIA 2005, Montreal, Quebec, June 27-July1, 2005.

Le Calvez F., Giroire H., Duma J., Tisseau G., Urtasun M. (2003), Combien? a Software to Teach Learners How to Solve Combinatorics Exercises. Proceedings of Artificial Intelligence in Education, Sydney, Australia, IOS Press, Amsterdam, 447-453.

Merceron, K. Yacef : Mining Learner Data Captured from a Web-based Tutoring Tool: Initial Exploration and Results, Journal of Interactive Learning Research, Special Issue on Computational Intelligence in Web-Based Education, 15(4), pp.319-346, 2004

(ii) Mod?le de l'information d'un indicateur propos? avec le langage UTL2(Choquet et Iksal 2007)



Exemple d'implémentation de ce modèle de l'information :

| | | | | | |
|-------|---------------------|---|---|---|----------|
| D | Title | Redim-I-CaracSeqRes | | | |
| | Cardinality | n | | | |
| | Description | Evaluation de la pertinence d'une séquence d'utilisation de ressources par étudiant | | | |
| G | Title | Comparaison de durées de séquences et de durées préconisées | | | |
| | Component | Primary-datum | Redim-AD-TypTimeVideo | | |
| | | Primary-datum | Redim-AD-TypTimeGaming | | |
| | | Derived-datum | Redim-ID-SeqRes | | |
| | Method | Type | automatic | | |
| | | Tool | Title | Calculation_Relevance_Resources_Sequence | |
| | | | Location | Redim.jar | |
| Desc. | | | La séquence de ressources réalisée par un apprenant est évaluée comme « non significative » si la durée de chaque ressource est inférieure à une fraction (10% par exemple) de la durée préconisée. | | |
| U | Data | | | | |
| | Format | <pre> <indicator type= « Redim-I-CaracSeqRes »> <student name= « string » evaluation= « string »> <session date= « log »> <resource> string </resource> <duration> long </duration> </session> </student> </indicator> </pre> | | | |
| | Pedagogical-context | Tracking-purpose | Traceable-concept | Concept | Resource |
| | | | Type | Reengineering | |
| | | | Recipient-role | Designer | |
| | | | Description | Détection des périodes de papillonnage dans l'utilisation des ressources pour mettre en évidence une utilisation normale ou une découverte du système | |

Annexe 4 : Programme Agent Java (PAJ) et un exemple d'utilisation

(i) PAJ pour les micro-indicateurs

```
package supervisionapprentissage;

/**
 * <p>Titre : Supervision de l'apprentissage</p>
 *
 * <p>Description : maquette pour la supervision de l'apprentissage</p>
 *
 * <p>Copyright : Copyright (c) 2006</p>
 *
 * <p>Société : CLIPS-IMAG</p>
 *
 * @author Fatoumata Diagne
 * @version 1.0
 */
import jade.core.*;
import jade.domain.*;
import jade.domain.FIPAAgentManagement.*;
import jade.core.behaviours.OneShotBehaviour;
import jade.lang.acl.ACLMessage;
import jade.wrapper.AgentContainer;
import org.w3c.dom.Document;
// Ajouter vos imports

public class PIR extends Agent {
    private AID agentBD;
    private AID agentRecupInfo;
    public jade.core.Runtime rt;
    public AgentContainer cont;
    DFAgentDescription dfd = new DFAgentDescription();
    ServiceDescription sd = new ServiceDescription();
    // Un indicateur peut s'exécuter en Mode simple ou en Opérande.
    //Lorsqu'il est en opérande les colonnes voulues ne sont pas nulles
    public String ModeExecution="Simple";
    public String ColonnesVoulues=null;
    public AID IndicateurDemandeur=null;

    public String nom="A compléter";
    public String type;
    public Object[] largument;
    Document document=null;
    String[][] Tab;
    public String[] NomsColonnes={"A compléter"};
}
```

```
// déclarations rajoutées (A compléter)

public void setup(){

largument= this.getArguments();//vérifier que ça sert vraiment
if (largument!=null) {this.ModeExecution=largument[2].toString();
this.ColonnesVoulues=largument[1].toString();
IndicateurDemandeur= new AID(largument[0].toString(),true);
}
addBehaviour(new InscriptionBehaviour(this));
addBehaviour(new RecupTracesBehaviour(this));
addBehaviour(new AnalyseTracesBehaviour());
addBehaviour(new EnvoiResultatBehaviour(this));

}
/**
 * Construire et afficher l'application.
 */
public jade.core.Runtime Runtime()
{ return rt;
}

// permet de connaitre le container des agents

public AgentContainer Container(){
return cont;
}

private void jbInit() throws Exception {
}

class InscriptionBehaviour extends OneShotBehaviour{
Agent lagent;
InscriptionBehaviour(Agent Indicateur){
this.lagent=Indicateur;
}

public void action() {
sd.setType("Indicateur");
sd.setName("difficulte");
sd.setOwnership("supervision");
//
dfd.addServices(sd);
dfd.setName(getAID());
try {
DFService.register(this.lagent,dfd);
}
}
```



```
        catch (FIPAException e) {
            System.err.println("DEBUG : impossible d'enregistrer "+getLocalName()+". Cause
: "+e.getMessage());
            doDelete();
        }
    }
}
// L'Indicateur cherche l'agent BD et lui demande ses traces
class RecupTracesBehaviour extends OneShotBehaviour{
    Agent lagent;
    RecupTracesBehaviour(Agent Indicateur){
        this.lagent=Indicateur;
    }

    public void action() {
        // (1) recherche de l'agent BD
        agentBD = new AID();
        dfd = new DFAgentDescription();
        sd = new ServiceDescription();
        sd.setType("AgentSysteme");
        sd.setName("AgentBDxml");
        dfd.addServices(sd);

        try {
            while (true) {
                SearchConstraints c = new SearchConstraints();
                c.setMaxDepth(new Long(3));
                DFAgentDescription[] result = DFService.search(lagent,dfd,c);
                if ((result != null) && (result.length > 0)) {
                    dfd = result[0];
                    agentBD = dfd.getName();
                    break;
                }
                Thread.sleep(1000);
            }
        } catch (Exception fe) {
            fe.printStackTrace();
            System.err.println("DEBUG : "+getLocalName()+" impossible de trouver l'agent
IHM. Cause : " + fe.getMessage());
            doDelete();
        }
    }
    if (agentBD!=null){
        //On a trouvé l'agent BD, on lui demande les traces
        ACLMessage msg= new ACLMessage(ACLMessage.INFORM);
        InfodIndicateur infos = new InfodIndicateur(nom, myAgent.getAID());
        msg.addReceiver(agentBD);
        try{    msg.setContentObject(infos);} catch (java.io.IOException s){}
        send(msg);
    }
    //On attend de recevoir une réponse
```

```
//MonDocument doc= (MonDocument) myAgent.getO2AObject();
ACLMessage msg_retour= blockingReceive();
try{
    if (msg_retour!=null){document= (MonDocument)
msg_retour.getContentObject().leDocument();}}
catch(jade.lang.acl.UnreadableException u){System.out.println(u);}

}}
//

}
class AnalyseTracesBehaviour extends OneShotBehaviour{
public void action() {
    //A compléter
    // Mettre le résultat dans Tab
    // Tab=résultat de l'analyse;

}
}

class EnvoiResultatBehaviour extends OneShotBehaviour{
    Agent lagent;
    EnvoiResultatBehaviour(Agent Indicateur){
        this.lagent=Indicateur;
    }
    public void action() {
        // (1) recherche de l'agent IHM
        agentRecupInfo = new AID();
        dfd = new DFAgentDescription();
        sd = new ServiceDescription();
        sd.setType("AgentSysteme");
        if (IndicateurDemandeur==null){sd.setName("AgentIHM");}else
        {sd.setName("AgentAgregateurInformation");}
        dfd.addServices(sd);
        try {
            while (true) {
                SearchConstraints c = new SearchConstraints();
                c.setMaxDepth(new Long(3));
                DFAgentDescription[] result = DFService.search(lagent,dfd,c);
                if ((result != null) && (result.length > 0)) {
                    dfd = result[0];
                    agentRecupInfo = dfd.getName();
                    break;
                }
                Thread.sleep(1000);
            }
        }
        catch (Exception fe) {
            fe.printStackTrace();
            System.err.println("DEBUG : "+getLocalName()+" impossible de trouver
l'agent IHM. Cause : " + fe.getMessage());
```

```
        doDelete();
    } System.out.println(agentRecupInfo);

// (2) Envoie du message contenant le resultat de l'analyse à l'agent IHM pour une
// visualisation
    if (agentRecupInfo!=null){
        ACLMessage msg= new ACLMessage(ACLMessage.INFORM);
        msg.addReceiver(agentRecupInfo);
        ResutatAnalyse leresultat= new ResutatAnalyse(nom,
NomsColonnes,Tab, null, null);
        //MonDocument doc = new MonDocument(document);
        try{ msg.setContentObject(leresultat);} catch (java.io.IOException s){}
        send(msg);}
    }

}

}
```

(ii) PAJ pour les macro-indicateurs

```
package supervisionapprentissage;

/**
 * <p>Titre : Supervision de l'apprentissage</p>
 *
 * <p>Description : maquette pour la supervision de l'apprentissage</p>
 *
 * <p>Copyright : Copyright (c) 2006</p>
 *
 * <p>Société : CLIPS-IMAG</p>
 *
 * @author Fatoumata Diagne
 * @version 1.0
 */

import jade.core.*;
import jade.domain.*;
import jade.domain.FIPAAgentManagement.*;
import jade.core.behaviours.OneShotBehaviour;
import jade.lang.acl.ACLMessage;
import jade.wrapper.AgentContainer;
import org.w3c.dom.Document;
// (1) Ajouter vos imports
```

```
public class PmIR extends Agent {
    public PmIR() {
        try {
            jbInit();
        }
        catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
    }
}

private AID agentBD;
private AID agentRecupInfo;
public jade.core.Runtime rt;
public AgentContainer cont;
DFAgentDescription dfd = new DFAgentDescription();
ServiceDescription sd = new ServiceDescription();
public String type;
public Object[] largument;
Document document=null;
String[][] Tab;

// Un indicateur peut s'exécuter en Mode simple ou en Opérande.
//Lorsqu'il est en opérande les colonnes voulues ne sont pas nulles
public String ModeExecution="Simple";
public String ColonnesVoulues=null;
public AID IndicateurDemandeur=null;
ResutatAnalyse[] TableauVoulus;

// (2) Ajouter vos Variables globales

// (3) Compléter ces deux variables
public String nom="A compléter";// le nom de l'indicateur
public String[] NomsColonnes={"A compléter"};// correspond aux informations fournies
par l'indicateur

public void setup(){

largument= this.getArguments();
if (largument!=null) {this.ModeExecution=largument[2].toString();
this.ColonnesVoulues=largument[1].toString();
IndicateurDemandeur= new AID(largument[0].toString(),true);
}

addBehaviour(new InscriptionBehaviour(this));
addBehaviour(new RecupTracesBehaviour(this));
```

```
addBehaviour(new AnalyseTracesBehaviour());
addBehaviour(new EnvoiResultatBehaviour(this));

    }
    /**
     * Construire et afficher l'application.
     */
    public jade.core.Runtime Runtime()
    { return rt;
    }

    // permet de connaitre le container des agents

    public AgentContainer Container(){
        return cont;
    }

private void jbInit() throws Exception {
}

class InscriptionBehaviour extends OneShotBehaviour{
    Agent lagent;
    InscriptionBehaviour(Agent Indicateur){
        this.lagent=Indicateur;
    }

    public void action() {
        sd.setType("Indicateur");
        sd.setName("A compléter");// (4)
        sd.setOwnership("supervision");
        //
        dfd.addServices(sd);
        dfd.setName(getAID());
        try {
            DFService.register(this.lagent,dfd);
        }
        catch (FIPAException e) {
            System.err.println("DEBUG : impossible d'enregistrer "+getLocalName()+". Cause
: "+e.getMessage());
            doDelete();
        }
    }
}

// L'Indicateur cherche l'agent BD et lui demande ses traces
class RecupTracesBehaviour extends OneShotBehaviour{
    Agent lagent;
    RecupTracesBehaviour(Agent Indicateur){
        this.lagent=Indicateur;
    }
}
```

```
}

public void action() {
    // recherche de l'agent BD
    agentBD = new AID();
    dfd = new DFAgentDescription();
    sd = new ServiceDescription();
    sd.setType("AgentSysteme");
    sd.setName("AgentBDxml");
    dfd.addServices(sd);

    try {
        while (true) {
            SearchConstraints c = new SearchConstraints();
            c.setMaxDepth(new Long(3));
            DFAgentDescription[] result = DFService.search(lagent,dfd,c);
            if ((result != null) && (result.length > 0)) {
                dfd = result[0];
                agentBD = dfd.getName();
                break;
            }
            Thread.sleep(1000);
        }
        catch (Exception fe) {
            fe.printStackTrace();
            System.err.println("DEBUG : "+getLocalName()+" impossible de trouver l'agent
IHM. Cause : " + fe.getMessage());
            doDelete();
        }
    }
    if (agentBD!=null){
        //On a trouvé l'agent BD, on lui demande les traces
        ACLMessage msg= new ACLMessage(ACLMessage.INFORM);
        InfodIndicateur infos = new InfodIndicateur(nom, myAgent.getAID());
        msg.addReceiver(agentBD);
        try{ msg.setContentObject(infos);} catch (java.io.IOException s){}
        send(msg);
        //On attend de recevoir une réponse
        //MonDocument doc= (MonDocument) myAgent.getO2AObject();
        ACLMessage msg_retour= blockingReceive();
        try{
            if (msg_retour!=null){document= (MonDocument)
msg_retour.getContentObject().leDocument();}
        catch(jade.lang.acl.UnreadableException u){System.out.println(u);}

        //Récupération des tableaux de valeurs des indicateurs utilisés
        ACLMessage msg2_retour= blockingReceive();
        try{
            if (msg2_retour!=null)
                {TableauVoulus= (ResutatAnalyse[]) msg_retour.getContentObject();}
            catch(jade.lang.acl.UnreadableException v){System.out.println(v);}
        }
    }
}
```

```
    }
  }

}

class AnalyseTracesBehaviour extends OneShotBehaviour{
  public void action() {
    //(5) Informations utilisées par votre indicateur
    //1- TableauUtil_1=TableauVoulus[0].resultat
    //2- ...
    //3-...

    // (6) Mettre ici l'algorithme de la méthode principale

    // (7) Mettre le résultat final dans Tab
    // Tab=résultat de l'analyse;

  }
}

class EnvoiResultatBehaviour extends OneShotBehaviour{
  Agent lagent;
  EnvoiResultatBehaviour(Agent Indicateur){
    this.lagent=Indicateur;
  }
  public void action() {
    // (1) recherche de l'agent IHM
    agentRecupInfo = new AID();
    dfd = new DFAgentDescription();
    sd = new ServiceDescription();
    sd.setType("AgentSysteme");
    if (IndicateurDemandeur==null){sd.setName("AgentIHM");} else
    {sd.setName("AgentAgregateurInformation");}
    dfd.addServices(sd);
    try {
      while (true) {
        SearchConstraints c = new SearchConstraints();
        c.setMaxDepth(new Long(3));
        DFAgentDescription[] result = DFService.search(lagent,dfd,c);
        if ((result != null) && (result.length > 0)) {
          dfd = result[0];
          agentRecupInfo = dfd.getName();
          break;
        }
        Thread.sleep(1000);
      }
    }
    catch (Exception fe) {
      fe.printStackTrace();
    }
  }
}
```

```
        System.err.println("DEBUG : "+getLocalName()+" impossible de trouver l'agent
IHM. Cause : " + fe.getMessage());
        doDelete();
    } System.out.println(agentRecupInfo);

// (2) Envoie du message contenant le resultat de l'analyse à l'agent IHM pour une
visualisation
    if (agentRecupInfo!=null){
        ACLMessage msg= new ACLMessage(ACLMessage.INFORM);
        msg.addReceiver(agentRecupInfo);
        ResutatAnalyse leresultat= new ResutatAnalyse(nom,
NomsColonnes,Tab, IndicateurDemandeur, ColonnesVoulues.split(","));
        //MonDocument doc = new MonDocument(document);
        try{ msg.setContentObject(leresultat);} catch (java.io.IOException s){}
        send(msg);}
    }

}

}
```

(iii) Exemple d'utilisation du PAJ pour les micro-indicateurs.

L'agent indicateur ImpactDiscussionP1.java a été créé en complétant le PAJ pour les micro-indicateurs avec le programme proposé dans le patron « Changement de réponse (ou pas) de chaque apprenant après avoir discuté sur le chat ». Les parties rajoutées sont mis en évidence (en marron)

```
package supervisionapprentissage;

import jade.core.*;
import jade.domain.*;
import jade.domain.FIPAAgentManagement.*;
import jade.core.behaviours.OneShotBehaviour;
import jade.lang.acl.ACLMessage;
import jade.wrapper.AgentContainer;
import org.w3c.dom.Document;
import java.io.File;
import java.util.List;
import java.util.Iterator;
import org.jdom.input.SAXBuilder;
import org.jdom.Element;
import org.jdom.input.DOMBuilder;
// Ajouter vos imports

public class ImpactDiscussionP1 extends Agent {
    private AID agentBD;
```



```
private AID agentIHM;
public jade.core.Runtime rt;
public AgentContainer cont;
DFAgentDescription dfd = new DFAgentDescription();
ServiceDescription sd = new ServiceDescription();

public String nom="Changement (ou pas) de réponse après la discussion";
//Impact de la discussion Phase1
public String type;
public Object[] largument;
Document document=null;
String[][] Tab;
public String[] NomsColonnes={"Identifiant", "Première réponse", "Changement
réponse"};
// déclarations rajoutées
// la base de connaissances correspondant aux réponses A, B ou C
public String BasedeConnaissances[]={"Good Answer:The voltage accross L1 is higher
than the voltage accross L2","Bad answer: Current accross L1 is higher than accross
L2" , "Good answer:L1 is powerfull then L2"};

// la base de connaissance après discussion
public String BCapresDiscussion[][]= {"the learner doesn't change his position, he has
the same good answer", "he changes his position and adopts a false answer","his
argumentation has changed but the answer is right" },
{"he changes his position and adopts a good answer", "he doesn't change his choice",
"he changes his position and adopts a good answer"},
{"his argument has changed but the answer is also wright", "he changes his position
and adopts a false answer","his argument has changed but the answer is also wright"};

static org.jdom.Document document1;
static Element racine= null;
String[][] t= new String[150][100];

public void setup(){
largument= this.getArguments();
rt = jade.core.Runtime.instance();
cont = rt.createAgentContainer(new ProfileImpl(true));

addBehaviour(new InscriptionBehaviour(this));
addBehaviour(new RecupTracesBehaviour(this));
addBehaviour(new AnalyseTracesBehaviour());
addBehaviour(new EnvoiResultatBehaviour(this));

}
/**
 * Construire et afficher l'application.
 */
public jade.core.Runtime Runtime()
{ return rt;
```

```
    }

    // permet de connaitre le container des agents

    public AgentContainer Container(){
        return cont;
    }

private void jbInit() throws Exception {
}

class InscriptionBehaviour extends OneShotBehaviour{
    Agent lagent;
    InscriptionBehaviour(Agent Indicateur){
        this.lagent=Indicateur;
    }

    public void action() {
        sd.setType("Indicateur");
        sd.setName("difficulte");
        sd.setOwnership("supervision");
        //
        dfd.addServices(sd);
        dfd.setName(getAID());
        try {
            DFService.register(this.lagent,dfd);
        }
        catch (FIPAException e) {
            System.err.println("DEBUG : impossible d'enregistrer "+getLocalName()+". Cause :
"+e.getMessage());
            doDelete();
        }
    }
}

// L'Indicateur cherche l'agent BD et lui demande ses traces
class RecupTracesBehaviour extends OneShotBehaviour{
    Agent lagent;
    RecupTracesBehaviour(Agent Indicateur){
        this.lagent=Indicateur;
    }

    public void action() {
        // (1) recherche de l'agent BD
        agentBD = new AID();
        dfd = new DFAgentDescription();
        sd = new ServiceDescription();
        sd.setType("AgentSysteme");
        sd.setName("AgentBDxml");
    }
}
```

```
dfd.addServices(sd);

try {
    while (true) {
        SearchConstraints c = new SearchConstraints();
        c.setMaxDepth(new Long(3));
        DFAgentDescription[] result = DFService.search(lagent,dfd,c);
        if ((result != null) && (result.length > 0)) {
            dfd = result[0];
            agentBD = dfd.getName();
            break;
        }
        Thread.sleep(1000);
    }
} catch (Exception fe) {
    fe.printStackTrace();
    System.err.println("DEBUG : "+getLocalName()+" impossible de trouver l'agent
IHM. Cause : " + fe.getMessage());
    doDelete();
}
}
if (agentBD!=null){
    ///On a trouvé l'agent BD, on lui demande les traces
    ACLMessage msg= new ACLMessage(ACLMessage.INFORM);
    InfodIndicateur infos = new InfodIndicateur(nom, myAgent.getAID());
    msg.addReceiver(agentBD);
    try{    msg.setContentObject(infos);} catch (java.io.IOException s){}
    send(msg);
//On attend de recevoir une réponse
    //MonDocument doc= (MonDocument) myAgent.getO2AObject();
    ACLMessage msg_retour= blockingReceive();
    try{
        if (msg_retour!=null){document= (MonDocument)
msg_retour.getContentObject().leDocument();
        System.out.println("Impact de la discussion: message reçu");}}
    catch(jade.lang.acl.UnreadableException u){System.out.println(u);}

    }}
//
}

class AnalyseTracesBehaviour extends OneShotBehaviour{
public void action() {
    //A compléter
    int j=0;
    String premieravis="";
    String question="";

    String dernieravis="";
    String diagnostic="";

    DOMBuilder builder= new DOMBuilder();
```

```
// SAXBuilder sxb = new SAXBuilder();
try
{
    //On crée un nouveau document JDOM avec en argument le fichier XML
    //Le parsing est terminé ;)
    document1 = builder.build(document);

    //On initialise un nouvel élément racine avec l'élément racine du document.
    racine = document1.getRootElement();

}
catch(Exception e){}
try
{

    //On crée une List contenant tous les noeuds "test" de l'Element racine
    List listApprenants = racine.getChildren("test");

    //On crée un Iterator sur notre liste
    Iterator i = listApprenants.iterator();
    Element courant = (Element)i.next();
    while(i.hasNext())
    {

        //On recrée l'Element courant à chaque tour de boucle afin de
        //pouvoir utiliser les méthodes propres aux Element comme :
        //selectionner un noeud fils, modifier du texte, etc...

        System.out.println(courant.getChildText("username")+ " 1");
        t[j][0]= courant.getChildText("username");
        if (courant.getChildText("question").compareTo("Question1")==0){
            premieravis=courant.getChildText("answer");
            if (premieravis.compareTo("ChoiceA")==0){t[j][1]=BasedeConnaissances[0];}
            if (premieravis.compareTo("ChoiceB")==0){t[j][1]=BasedeConnaissances[1];}
            if (premieravis.compareTo("ChoiceC")==0){t[j][1]=BasedeConnaissances[2];}
            //courant = (Element)i.next();
        }

        System.out.println(courant.getChildText("username")+ " 2");

        while(i.hasNext() && (courant.getChildText("username").compareTo(t[j][0]))==0){
            courant = (Element)i.next();
            System.out.println(courant.getChildText("username")+" 3" );

            if (courant.getChildText("question").compareTo("Retour_Q1")==0) {
                dernieravis = courant.getChildText("answer");
                // System.out.println("test5");
            }

        }
    }
}
```

```

    }
    System.out.println(courant.getChildText("username")+" 4" );
    // on met en place le diagnostic
    if      (premieravis.compareTo("ChoiceA")==0)      &&
dernieravis.compareTo("ChoiceA")==0) {diagnostic=BCapresDiscussion[0][0];}
    if      (premieravis.compareTo("ChoiceA")==0)      &&
dernieravis.compareTo("ChoiceB")==0) {diagnostic=BCapresDiscussion[0][1];}
    if      (premieravis.compareTo("ChoiceA")==0)      &&
dernieravis.compareTo("ChoiceC")==0) {diagnostic=BCapresDiscussion[0][2];}
    if      (premieravis.compareTo("ChoiceB")==0)      &&
dernieravis.compareTo("ChoiceA")==0) {diagnostic=BCapresDiscussion[1][0];}
    if      (premieravis.compareTo("ChoiceB")==0)      &&
dernieravis.compareTo("ChoiceB")==0) {diagnostic=BCapresDiscussion[1][1];}
    if      (premieravis.compareTo("ChoiceB")==0)      &&
dernieravis.compareTo("ChoiceC")==0) {diagnostic=BCapresDiscussion[1][2];}
    if      (premieravis.compareTo("ChoiceC")==0)      &&
dernieravis.compareTo("ChoiceA")==0) {diagnostic=BCapresDiscussion[2][0];}
    if      (premieravis.compareTo("ChoiceC")==0)      &&
dernieravis.compareTo("ChoiceB")==0) {diagnostic=BCapresDiscussion[2][1];}
    if      (premieravis.compareTo("ChoiceC")==0)      &&
dernieravis.compareTo("ChoiceC")==0) {diagnostic=BCapresDiscussion[2][2];}

    // on range le diagnostic dans le résultat
    t[j][2]=diagnostic;
    j++;

}
}
catch(Exception f){}

// Mettre le résultat dans Tab
Tab=t;

}
}

class EnvoiResultatBehaviour extends OneShotBehaviour{
    Agent lagent;
    EnvoiResultatBehaviour(Agent Indicateur){
    this.lagent=Indicateur;
    }
    public void action() {
        // (1) recherche de l'agent IHM
        agentIHM = new AID();
        dfd = new DFAgentDescription();
        sd = new ServiceDescription();
    }
}

```

```
sd.setType("AgentSysteme");
sd.setName("AgentIHM");
dfd.addServices(sd);
try {
    while (true) {
        SearchConstraints c = new SearchConstraints();
        c.setMaxDepth(new Long(3));
        DFAgentDescription[] result = DFService.search(lagent,dfd,c);
        if ((result != null) && (result.length > 0)) {
            dfd = result[0];
            agentIHM = dfd.getName();
            break;
        }
        Thread.sleep(1000);
    }
} catch (Exception fe) {
    fe.printStackTrace();
    System.err.println("DEBUG : "+getLocalName()+" impossible de trouver l'agent
IHM. Cause : " + fe.getMessage());
    doDelete();
} System.out.println(agentIHM);

// (2) Envoie du message contenant le resultat de l'analyse à l'agent IHM pour une
visualisation
if (agentIHM!=null){
    ACLMessage msg= new ACLMessage(ACLMessage.INFORM);
    msg.addReceiver(agentIHM);
    ResutatAnalyse leresultat= new ResutatAnalyse(nom,
NomsColonnes,Tab, null, null);
    //MonDocument doc = new MonDocument(document);
    try{ msg.setContentObject(leresultat);} catch (java.io.IOException s){}
    send(msg);}
}
}
```

Annexe 5 : Algorithme d'extraction des traces possibles et de leurs types à partir d'un schéma xsd

Déclarations

F : fichier// contenant le schéma xsd
 Courant : chaîne de caractère ; // la ligne courante lu
 TableauMot : tableau de chaîne de caractères ; Mot : chaîne de caractère ;
 TableauRésultat : tableau de tableau de chaînes de caractères ; // Contient le résultat de l'algorithme, c'est-à-dire les traces possibles et leurs types. Initialiser à [100] [2] ;
 Trace : chaîne de caractère ; Type_trace : chaîne de caractère ;
 Compteur : entier=0 ; CompteurType : entier=0 ; CompteurResultat :entier=0 ;
 TableauType : tableau de tableau de chaîne de caractères ;// Contient les types simples créé par le concepteur du schéma xsd. Initialiser à [100] [2] ;
 Bloc : Tableau de chaîne de caractère// contient la définition d'un type complexe ou simple

Début algorithme

```
Trace= chaîne vide ; Type_Trace= chaîne vide ;
Tant que non fin(fichier) faire
  Courant = Lire_Ligne (F) ;
  TableauMot= Courant.décomposer(« ») ; // Méthode split
  Mot=TableauMot[0] ;
  Selon Mot :
    « <xml ? » : Avancer(F) ;// On avance à la prochaine ligne
    « <xs :schema » : Avancer (F) ;
    « </xs :schema » : return TableauRésultat ;
    « <xs :element » : Trace=Trace + « / »+ laTrace(TableauMot) ;
                          Type_Trace=TrouverTypeTrace(TableauMot) ;// Retrouver
le type de l'élément
    Si (Type_Trace != chaîne vide) alors
      TableauRésultat [Compteur][0]=Trace ;
      TableauRésultat[Compteur][1]= Type_Trace ;
      Compteur++ ;
    Sinon
      // types simple ou complexe définis localement
      Avancer (F) ; Courant = Lire_Ligne (F) ;
      TableauMot= Courant.décomposer(« ») ;
      Mot=TableauMot[0] ;

      Si (Mot = « xs:complexType »)
        Alors LireBloc (« xs :complexType ») ;
        TraitementTypeComplexe(Trace, TableauMot, Bloc) ;
        fin si

      Si (Mot = « xs:simpleType »)
        alors lireBloc(« xs:simpleType ») ;
        TraitementTypeSimple (Trace, TableauMot, Bloc) ;
        fin si

fin si
```

```
// types simples ou complexes globaux à référencer
« <xs:simpleType » : lireBloc(« xs:simpleType ») ;
                        TraitementTypeSimple (« », TableauMot, Bloc) ;
« <xs:complexType » : lireBloc(« xs:complexType ») ;
                        TraitementTypeComplexe (« », TableauMot, Bloc) ;
```

```
Autre : Avancer(F) ;
```

Fin selon

```
Avancer(F) ;
```

Fin tant que

Fin algorithme

Fonction TrouverTypeTrace(*TableauMot* : tableau de chaîne de caractère)

```
type : chaîne de caractère ;
```

```
i : entier ;
```

Début algo

```
i=1 ; type = chaîne vide ;
```

```
Tant que i<Longueur(TableauMot) et QatrePremieresLettres(TableauMot[i]) != «type»faire
    i++ ;
```

fin tant que

```
Si i< Longueur(TableauMot) alors type = PrendreleType(TableauMot[i]) fin si
```

```
Return type
```

Fin algo

Procédure LireBloc (*balise* : chaîne de caractère)

```
Ligne : chaîne de caractère ; j :entier ;
```

Début algo

```
Initialiser(Bloc)
```

```
j=0 ;
```

```
Tant que PremierMot(ligne) !=(« </ » + balise+ « > ») faire
```

```
    Ligne=Lire_Ligne(F) ;// Après lecture, le curseur se situe au début de la ligne suivante
```

```
    Bloc[j]=ligne ;
```

```
Fin tant que
```

Fin algo

Fonction laTrace(*tableauMot* : un tableau de chaîne de caractère)

```
// Cette fonction parcourt le tableau et récupère le nom de la trace référencé (ref=latrace) ou nommé (name=latrace).
```

Procédure TraitementTypeSimple (*Trace*, *TableauMot*, *Bloc*)

```
i,j :entier
```

```
Nomtype : chaîne de caractère; Untype :chaîne de caractère
```

```
Ligne : chaîne de caractère ;
```

DébutAlgo

```
i=0 ; j=0 ; Nomtype = chaîne vide ;
```

```
tant que i<Longueur(TableauMot) et QatrePremieresLettres(TableauMot[i]) != « name »
```

faire

```
    i++ ;
```

fin tant que


```
si i< Longueur(TableauMot)
alors // Déclaration globale de type
    Nomtype = PrendreType(TableauMot[i])
Fin si

Tant que j<Longueur(Bloc) faire
    Ligne= Bloc[j] ;
    // Traitement de la restriction
    Selon premierMot(ligne)
        « <xs :restriction » : Untype=récupNomduType(ligne)+ « » ;// on récupère le nom du
type sur la même ligne, précédé par « base= »
        « <xs :minInclusive » : Untype=Untype+ « >= » + Valeur(ligne) ; // on récupère la
valeur maximum sur la même ligne, précédé par « value= »

        « <xs :maxInclusive » : Untype=Untype+ « <= »+ Valeur (ligne) ;
        « <xs :minExclusive » : Untype=Untype+ « > » + Valeur (ligne) ;
        « <xs :maxExclusive » : Untype=Untype+ « < »+ Valeur (ligne) ;
        « <xs :length » : Untype=Untype+ « de longueur »+ Valeur (ligne) ; // on récupère la
longueur sur la même ligne, précédé par « value= »

        « <xs :minLength » : Untype=Untype+ « de longueur > à »+ Valeur(ligne) ;
        « <xs :maxLength » : Untype=Untype+ « de longueur < à »+ Valeur (ligne) ;
        « <xs :pattern » : Untype=Untype+ « dont le motif est »+ Valeur(ligne) ;
        « <xs :whiteSpace » : Untype=Untype+ Valeur(ligne) + « les séparateurs » ;
        « <xs :totalDigits » : Untype=Untype+ « avec un nombre de chiffre de »+
Valeur(ligne) ;
        « <xs :fractionDigits » : Untype=Untype+ « avec un nombre de chiffre après la virgule
de »+ Valeur(ligne) ;
        « <xs :énumération » : Untype=Untype+ « de valeur [ »+ Valeur(ligne) ;
            Tant que PremierMot(Bloc[j])= « <xs :énumération » faire
                Untype=Untype+ « , »+ Valeur(ligne) ; j++ ;
            Fin tant que
            Un type=Untype+ « ] » ;

        « <xs :list » : Untype=Untype + « une liste de »+ LeType(ligne) ; // on récupère le
type sur la même ligne, précédé par « itemType= »
        Autre :
            Fin selon
            //L'union n'a pas été traité dans cette algo

        j++ ;
Fin tant que
//Rangement d'un nouveau type dans le tableau des types
Si Nomtype !=chaîne vide alors TableauType[CompteurType][0]=Nomtype ;
    TableauType[CompteurType][1]=Untype ; CompteurType++ ;
Fin si

//Rangement de la trace et du type associé
TableauRésultat [Compteur][0]=Trace ; Trace= « » ;
Tableau Résultat[Compteur][1]= Untype ; UnType= « » ;
```

Compteur++ ;

Fin algo

// Un élément de type complexe peut avoir un contenu simple, dans ce cas une liste d'attributs est ajoutée à un type simple pour définir un nouveau type. Il peut également avoir un ensemble de sous-éléments qui peuvent être définis localement ou référencés, dont le type peut être simple, défini localement ou référencé.

Procédure TraitementTypeComplexe (Trace, TableauMot, Bloc)

i,j,u :entier ; TabTracesInter : tableau de chaînes de caractère ;

Nomtype : chaîne de caractère; Untype : chaîne de caractère

Ligne, Inter, chemin : chaîne de caractère ;

Début algorithme

i=0 ;j=0 ; u=0 ;

Ligne= Bloc[i] ; Untype, chemin=Chaîne vide; Inter=Chaîne vide ;

tant que u<Longueur(TableauMot) et QatrePremieresLettres(TableauMot[u]) != « name »

faire

u++ ;

fin tant que

si i< Longueur(TableauMot)

alors // Déclaration globale de type

Nomtype = PrendreType(TableauMot[u])

Fin si

i++;

Selon ligne:

« <xs :simpleContent> » : // Traitement contenu simple

Ligne=Bloc[i]

Si PremierMot(ligne)= « <xs :extension> » **alors**

Untype=laBase(ligne);// récupère la valeur de « base »

Tant que (PremierMot(ligne) != «</ xs :extension> »)faire

ligne=Bloc[i++] ;

Inter= DeuxièmeMot(ligne) ;

Si prefixe(Inter)=« ref » **alors** Untype+= « est étendu

à »+ Ref(Inter) **fin si**

Si prefixe(Inter)= « name » **alors** Untype+= « est étendu

à »+ LeType(Inter) **fin si** // dérivation par extension

Fin tant que

Sinon

// Dérivation par restriction

// Nous ne traitons pas ce cas

Fin si

//Rangement de la trace et du type associé

TableauRésultat [Compteur][0]=Trace ;

Tableau Résultat [Compteur][1]= Untype ;

Compteur++ ;

// Rangement du nouveau type déclaré globalement s'il E

```
Si Nomtype !=chaîne vide alors
TableauType[CompteurType][0]=Nomtype ;
TableauType[CompteurType][1]=Untype ; CompteurType++
Fin si
```

```
« <xs :sequence> » ou « <xs :group> » ou « <xs :all> » ou « <xs :choice> » :
// Traitement contenu complexe
```

```
  Tant que ( PremierMot(ligne) != «</ xs :sequence> »)faire
    ligne=Bloc[i++] ;
```

```
  Si Préfixe(DeuxièmeMot(ligne= « name »)) alors
    Chemin=Trace+ « / »+ ValeurName(ligne) ;
    Untype= leType(ligne) ;
    TableauRésultat [Compteur][0]=Trace ;
    Tableau Résultat [Compteur][1]= Untype ;
    Compteur++ ;
```

```
  Fin si
```

```
  Si Préfixe(DeuxièmeMot(ligne= « ref »)) alors
    Chemin=Trace+ « / »+ Ref(ligne) ;
    Untype=TrouverType(Ref(ligne), TableauType) ;
    TableauRésultat [Compteur][0]=Trace ;
    Tableau Résultat [Compteur][1]= Untype ;
    Compteur++ ;
```

```
  Fin si
```

```
  Fin tant que
```

```
  Fin selon
```

```
Fin algo
```

Annexe 6 : Programme correspondant à l'algorithme de Centralité d'intermédiaire de Brandes (2001)

```

import java.util.*;
import java.util.LinkedList;

public class CentraliteIntermediarite {
    static int[] Centralite= new int[5];// la centralité de chaque membre du groupe
    int [] sigma= new int[5];
    int [] teta= new int[5];
    int [] d= new int[5];
    LinkedList[] P= new LinkedList[5];//
    public CentraliteIntermediarite (int[] [] Matrice, String[] V) {
        String s,v,w; int compteurmembre=0;

        while ((s=V[compteurmembre])!=null && compteurmembre<V.length){

LinkedList S= new LinkedList();

        initialiser(sigma,0); sigma[compteurmembre]=1;
        initialiser(d,-1);d[compteurmembre]=0;
        LinkedList Q= new LinkedList();
        for (int j=0;j<5;j++){P[j]= new LinkedList();}
        Q.addLast(s);

        while (!Q.isEmpty() && (v= (String)Q.getFirst())!=null){
            // System.out.println(" while1 ");
            S.addFirst(v);int placev=PlaceIntervenant(v, V);
            String[] tabvoisin= voisins(v);int j=0;
            while ((w=tabvoisin[j])!=null && j<tabvoisin.length){

                int placew=PlaceIntervenant(w, V);
                if (d[placew]<0){Q.addLast(w); d[placew]=d[placev]+1;}
                if (d[placew]==d[placev]+1){sigma[placew]=sigma[placew]+sigma[placev];
                    P[placew].addLast(v);}
                j++;
            }
            Q.removeFirst();
        }

        //System.out.println("fin des 2 while ");
        initialiser(teta,0);
        while (!S.isEmpty() && (w=(String)S.getFirst())!=null){
            //System.out.println("while3 ");
            int placew=PlaceIntervenant(w, V);
            while(!P[placew].isEmpty() && (v=(String)P[placew].getFirst())!=null){
                //System.out.println("while4 ");
                int placev=PlaceIntervenant(v, V);

```

```

    teta[placev]=teta[placev]+(sigma[placev]/sigma[placew])*(1+teta[placew]);

if(w.compareTo(s)!=0){Centralite[placew]=Centralite[placew]+teta[placew];System.out.print
ln("placew:"+ placew+", teta:"+teta[placew]+", centralite:"+Centralite[placew]);}
    P[placew].removeFirst();
    }
    S.removeFirst();
    }
    int i=0; while(i<5){ System.out.println("i:"+i+", d:"+d[i]+ ", sigma:"+sigma[i]+",
teta:"+teta[i]+", Centralité:"+Centralite[i]);i++;}
    compteurmembre++;
    }
    }
void initialiser(int[] tab, int t){
    int i=0;
    while (i<tab.length){
        tab[i]=t;i++;
    }
}

//Cherche les voisins de Membre dans la matrice
String[] voisins(String Membre){
    String[] tab= new String[5];
    int placeMembre=PlaceIntervenant(Membre, V);
    //Lesvoisins d'un Membre sont tout ceux qui ont pris la parole après son intervention (graphe
orienté)

    int j=0,i=0;
    for (j=0;j<Matrice.length;j++){
        if (Matrice[j][placeMembre]!=0){tab[i]=V[j];i++;}
    }
    // i=0; while(tab[i]!=null){ System.out.print("Dans voisins, le voisin "+tab[i]+ ", "); i++;
System.out.println();}

    return tab;
    }

int PlaceIntervenant(String nom, String[] col){
    int i=0;
    while(col[i].compareTo(nom)!=0){i++;}
    return i;
}
}
}

```

Bibliographie

- Adam J-M, Michelet S. Martel C., David J-P, Guéraud V. Une infrastructure logicielle pour instrumenter l'expérimentation des EIAH. *Actes de la conférence EIAH*, 2007
- Alexander C., Ishikawa S., Silverstein M., Jacobson M., Fiksdahl-King I., Angel S. A Pattern Language. Oxford University Press. 1977.
- Baker M.J., Quignard M., Lund K., Sejourne A. Computer-Supported Collaborative Learning in the Space of Debate. CSCL 2003.
- Barros B., Verdejo F. M. Analyzing student interaction processes in order to improve collaboration. The DEGREE approach. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 11, p.221-241, 2000
- Barros B., Verdejo M.F., Read T., Mizoguchi R., Applications of a collaborative learning ontology, MICAI'2002 Advances in Artificial Intelligence, p. 301-310, 2002
- Benzaken Cl. Systèmes Formels, Introduction à la logique et à la théorie des langages, *Editions Massons*. 1991.
- Berge Z.L. Facilitating Computer Conferencing: Recommendations From the Field. *Educational Technology*. 35(1) 22-30, 1995
- Bousbia N., Labat J-M. Perception de l'activité de l'apprenant dans un environnement de formation. *Actes de la conférence Environnement Informatique d'Apprentissage Humain*, 2007.
- Boutet M., Rousseau N. Les Enjeux de la Supervision pédagogique des Stages. *Presses de l'université du Québec*. 2002
- Branovic I., Giorgi R., Prete A. Web-based training on computer architecture: The case of JCachesim. *Proceedings of the Workshop on Computer Architecture Education*, 2002, pp. 56-60.
- Brandes U. A faster algorithm for betweenness centrality. *Journal of Mathematical Sociology*, Vol. 25, pp163-177, 2001.
- Bratitsis T., Dimitracopoulou A. Data recording and Usage Interaction Analysis in Asynchronous Discussions : The DIAS System. Proceedings of the international conference *AIED* 2005
- Chaachoua H., Croset M-C, Bouhineau D., Bittar M., Nicaud J-F. Description et exploitations des traces du logiciel d'algèbre Apluxix. *Revue STICEF*, 2007, Vol. 14
- Champin P-A, Prié Y., Mille A. MUSETTE : a Framework for knowledge Capture from Experience. *Actes de la conférence EGC*. 2004
- Chernoff H. The Use of faces to represent points in k-Dimensional Space graphically. *Journal Amer*, 1973, Vol.68, pp361 à 368.

Bibliographie

- Choquet C, Iksal S. Modélisation et construction de traces d'utilisation d'une activité d'apprentissage : une approche langage pour la réingénierie d'un EIAH. *Revue Sticef*, Vol 14, 2007.
- Ciocoiu C., Ploix S., Michau F. Environnement d'apprentissage coopératif pour élèves ingénieurs. *Colloque Questions de Pédagogie dans l'enseignement supérieur*, 2001
- Corbett, A. T. & Anderson, J. R. Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge. *User Modelling and User-Adapted Interaction*, 1995, Vol.4, p.253-278.
- Coulange B. Réutilisation du logiciel. *Editions Masson*, 1996
- Coutaz J. Interface homme-ordinateur, Conception et réalisation. *Editions Dunod informatique*, 1990
- Croteau E., Heffernan N., Koedinger K. Why are Algebra word problems difficult ? Tutorial Log Files and the Power Law of Learning to Select the Best Fitting Cognitive Model. *Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, 2004
- Crozet M-C. Prise en compte du contexte Algébrique dans la modélisation des connaissances d'un élève. Le cas de la factorisation. *Actes de la conférence Environnement Informatique d'Apprentissage Humain*, 2005.
- Daele A. & Docq F le tuteur en Ligne, Quelles conditions d'efficacité dans un dispositif d'apprentissage collaboratif à distance. *AIPU*, 2002.
- David J-P. Modélisation et production d'objets pédagogiques. Une approche par objet pédagogique. *Revue Sciences et Techniques Educatives (Hors Série)*, 2003
- David J-P., Lejeune A., Luengo V., Pernin J-P., Diagne F., Adam J-M, Choquet C. State of art of tracking and analysing usage. *Délivrable DPULS du réseau européen Kaleidoscope*, 2005.
- David J-P, Adam J-M, Lejeune A., Schoonenboom J., Sligte H., Desoubeau A., Martel C., Michelet S., Vezian N., Diagne F.,: Methodology And Tools for Experimentation Scenario, *délivrable MATES du réseau Kaleidoscope*, 2007
- Degenne A., Forsé M. Les réseaux sociaux. Editions Colin, coll. "U", 1994, 263 pages
- Deschênes, A-J, Paquette D. Cahier d'étude. Programme de formation continue des enseignants (première année). Centre Romand d'Enseignement à Distance et Télé-Université. 1996
- Després C. Modélisation et conception d'un environnement de suivi pédagogique synchrone d'activités d'apprentissage à distance, 286p. Thèse : Informatique : Maine : 2001.
- Després D., Coffinet T. Reflet, un miroir sur la formation. *Actes de la conférence Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation*, 2004.
- Dessus P., Allègre E., & Maurice J.-J. L'enseignement en tant que supervision d'un environnement dynamique. *L'Année de la Recherche en Sciences de l'Éducation*. 2006

Bibliographie

- De Vries E. Les logiciels d'apprentissage : panoplie ou éventail?. *Revue Française de Pédagogie*, 137, p.105-116, 2001.
- Diagne F. Exploitation du carnet de bord de l'apprenant. Mémoire de Master 2R MATIS (Management et Technologie des Systèmes d'Information), 2004
- Diagne F. David J-P. Informatique décisionnelle et Suivi d'apprentissage. Conférence EIAH, 2005.
- Dimitracopoulou A. Martinez Mones A, Dimitriadis Y., Morch A, Ludvigsen S., Harrer A., Hoppe U., Barros B., Verdejo F., Hulshof C., de Jong T., Fessakis G., Petrou A., Lund K., Baker M., Jermann P., Dillenbourg P., Kollias V., Vosniadou S. State of the Art on Interaction Analysis: « Interaction Analysis Indicators ». *Délivrable 26.1 du projet ICALT du réseau européen Kaleidoscope*, 2004
- Dimitracopoulou A. Kollias V., Harrer A., Martinez A., Petrou A., Dimitriadis Y. Antonio J., Bollen L., Wichmann A. State of the Art on Interaction Analysis. *Délivrable 31.1 du projet IA Interaction Analysis' supporting Teachers & Students' Self-regulation*. 2005
- Dimitracopoulou A., Bruillard E. Enrichir les interfaces de forums par la visualisation d'analyses automatiques des interactions. *Revue STICEF*, Vol. 13, 2006.
- Egyed-Zsigmond E., Prie Y., Mille A., Pinon J-M. Trèfle : un modèle de traces d'utilisation. *Ingénierie des Connaissances*, 2002.
- El-Kechai N., Després C. Proposing the underlying causes that lead to the trainee's erroneous actions to the trainer. *Proceedings of the conference European Conference on Technology Enhanced Learning*, 2007.
- Emin V. A goal-oriented authoring approach to design, share and reuse learning scenarios. *Proceedings of the PHD workshop in European Conference on Technology Enhanced Learning*, 2008.
- Feenberg, A. *Mindweave: communication, computers and distance education*. Oxford, The Pergamon press, pp. 22-39, 1989.
- Ferraris C., Martel C., Vignollet L. LDL for collaborative Activities. Dans *Handbook of Visual Languages in Instructional Design : Theories and Practices*, 2007
- Fesakis G., Petrou A., Dimitrocoupolou A.: Collaboration Activity Function: An interaction analysis tool for Computer Supported Collaborative Learning activities. *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 2004.
- Fougères A-J., Ospina V.E. Médiation et connaissances coopératives dans un EIAH. *Atelier EIAH de la conférence Extraction et Gestion des Connaissances*, 2006.
- France L., Heraud J-M., Marty J-C, Carron T., Visualisation et régulation de l'activité des apprenants dans un EIAH tracé. *Actes de la conférence Environnement Informatique d'Apprentissage Humain*, 2007.
- Freeman L. Centrality in Social networks, Conceptual clarification. *Social Networks*, Vol.1, pp. 215-239, 1979

Bibliographie

- Fuchs B. Représentation des Connaissances pour le raisonnement à partir de Cas : LE SYSTEME ROCADE, 196 pp. Thèse : Informatique : Saint-Etienne : 1997
- Garrot E. Assistance au tuteur. Prototype d'un système pour l'adaptation de situations d'apprentissage aux apprenants. *Revue Technique et Science Informatiques*, Hermès-Lavoisier, Paris, Vol. 26, n° 6, p. 723-750, 2007
- Gerosa, M. A. , Gomes Pimentel, M., Fuks, H., & Lucena, C. Analyzing Discourse Structure to Coordinate Educational Forums. *Proceedings of the 7th International Conference on ITS*, p. 262-272, 2004.
- Guéraud V., Adam J-M., Pernin J-P., David J-P.: Exploitation d'OPIs à distance: FORMID. *Revue STICEF*, 2004.
- Gounon P., Leroux P., Dubourg X. Proposition d'un modèle de tutorat pour la conception de dispositifs d'accompagnement en formation en Ligne. *Revue Internationale des Technologies en Pédagogie Universitaire*, Vol. 1 n°3, p. 14-33, 2004
- Gamma E., Helm R., Johnson R., Vlissides J. Design Patterns Catalogue de modèles de conception réutilisables (Traduction de Jean-Marie Lasvergères). *Editions Vuibert Paris*, 1999.
- Gabner K., Jansen M., Harrer A., Herrman K., Hoppe U. (2003), Analysis methods for collaborative models and activities, *CSCL 2003*.
- Grabisch M., Perny P. Agrégation Multicritère. Dans le livre Bouchon-Meunier B. Marsala C. Utilisation de la logique floue. *Editions Hermes*. 2002
- Graesser, A.C., Chipman, P., Haynes, B.C., & Olney, A. AutoTutor: An intelligent tutoring system with mixed-initiative dialogue. *IEEE Transactions on Education*. Vol 48, pp 612-618, 2005.
- Hakem K., Sander E., Labat J-M., Richard J-F., DIANE, a diagnosis system for arithmetical problem solving, *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence in Education*, 2005.
- Harrer A., Vetter M., Thür S., Brauckmann J., Discovery of Patterns in Learner Actions, *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence in Education*, 2005.
- Heraud J-M., France L., Mille A. Pixed: An ITS that guides students with help of learners'interaction logs. *Proceedings of the international conference of Intelligent Tutoring Systems*. 2004
- Ibn Elazzouzi M. Conception d'un scénario d'observation pour une expérimentation pédagogique : visualisation d'indicateurs de supervision d'apprentissage. Rapport de Stage, pour l'obtention de la Licence MIAGE, 2007
- Iksal S., Choquet C.: An Open Architecture for Usage Analysis in an E-Learning Context. *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 2005.

Bibliographie

- Jermann P. Computer Support for Interaction Regulation in Collaborative Problem Solving, Thèse: Informatique:Genève: 2004.
- Kellert P., Toumani F. Les Web Services sémantiques. *Revue Information Interaction Intelligence (I3) sur le Web sémantique*, hors-serie, 2004
- Laperrousaz C. Le suivi individuel d'apprenants engagés dans une activité collective à distance. TACSI : un environnement informatique support aux activités du tuteur, 297p. Thèse : Informatique : Mans : 2006.
- Lazega E. Réseaux sociaux et Structures relationnelles. Collection Que sais-je ?. *Edité par Presses Universitaires de France* (1ère édition), 1998
- Leduc, A. La direction des mémoires et des thèses. *Editions Brossard*. pp. 95, 1990
- Legendre R. Dictionnaire actuel de l'éducation. *Editions Guérin*. 1996
- Lejeune A. & Pernin J-P. A taxonomy for scenario-based ingeneering. *Proceedings of the conference Cognition and Exploratory Learning in Digital Age CELDA*, 2004
- Leriche S. Architectures à composants et agents pour la conception d'applications réparties adaptables, 155p. Thèse : Informatique : Toulouse : 2006.
- Lewis R. Trabajo y aprendizaje en comunidades distribuídas. *Nuevas Tecnologias para el Aprendizaje. Ediciones Pirámide*. 1997
- Loghin G-C. Carron T., Marty J-C. Apporter de la flexibilité dans l'observation d'une activité pédagogique. *Actes de la conférence EIAH*, 2007
- Marty J., Heraud J., Carron T., France L. Matching the performed activity on an educational platform with a recommended pedagogical scenario: A multi-source approach.: *Journal of Interactive Learning Research*. 2007
- May M. Une approche pour tracer les communications médiatisées en situation d'apprentissage. *Actes des rencontres Jeunes Chercheurs EIAH*, 2008.
- Mazza R., Dimitrova V. Visualising Student Tracking Data to Support Instructors in Web-based Distance Education. *Proceedings of the 13th international World Wide Web on Alternate track*, 2004.
- Mazzoni, E. Du simple tracement des interactions à l'évaluation des rôles et des fonctions des membres d'une communauté en réseau: une proposition dérivée de l'Analyse des Réseaux Sociaux. *Communications au Colloque TICE Méditerranée*. 2006
- Mbala A., Reffay C., Chanier T. SIGFAD : un système Multi-Agent pour soutenir les utilisateurs en Formation à Distance. *Actes de la conférence Environnement Informatique d'Apprentissage Humain*, 2003.
- Marchand L. L'apprentissage en ligne au Canada : frein ou innovation pédagogique. *Revue des sciences de l'éducation*. Vol. 27, n° 2, p. 403-419, 2001.

Bibliographie

- Martinez A., Dimitriadis Y., De la Fuente P., Contributions to analysis of interactions for formative evaluation in CSCL, Chapter in book "Computers and education. Towards a lifelong learning society (editors: M. Llamas, M.J. Fernandez, L.E. Anido), Kluwer Academic, p.227-238, 2003.
- Merceron M. & Yacef K. Train, store, analyse for more adaptative teaching. *Actes de la conférence Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education*, 2004.
- Michelet S. , Adam J-M., Luengo V. Adaptive learning scenarios for detection of misconceptions about electricity and remediation. *Proceedings of the conference Interactive Computer Aided Learning*, 2006, p. 27-29.
- Michozuki, Kato, H., Hisamatsu, S., Yaegashi, K., Fujitani, S., Nagata, T., Nakahara, J., Nishimori, T., Suzuki, M. Promotion of Self-Assessment for Learners in Online Discussion Using the Visualization Software. *Proceedings of CSCL*, p.440-449, 2005.
- Millot, P. Supervision des procédés automatisés et ergonomie. Editions Hermès, 1988
- Mille A. From case-based reasoning to traces-based reasoning. *Annual Reviews in Control*. Editions ELSEVIER, Vol 30(2), 2006, p. 223-232.
- Mondada L. Formes de séquentialité dans les courriels et les forums de discussion. *Alsic*, Vol2, numéro1, p3-25, Juin 1999.
- Morch A., Dologen J., Omdahl K. Integrating Agents with an Open Source Learning Environment. *Proceedings of International Conference on Computers in Education* 2003.
- Mostow J., Beck J., Cuneo A., Gouvea E., and Heiner C., A Generic Tool to Browse Tutor-Student Interactions: Time Will Tell! *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence in Education*, 2005.
- Mufti Alchawafa D., Luengo V. A decision-making process to produce adaptive feedback in learning environments for professional domains. *Proceedings of the IEEE International Conference on Human System Learning*, 2008
- Nicaud J-F., Bouhineau D., Chaachoua H. Mixing microworld and CAS features in building computer systems that help students learn algebra. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, Vol. 9-2, p 169-211, 2004.
- Paquette G. L'Ingénierie pédagogique, pour construire l'apprentissage en réseau. *Edition Presses de l'université du Québec*, 2002.
- Personne M. Contribution à la méthodologie d'intégration de l'environnement dans les PME-PMI : Evaluation des performances environnementales, 294pp. Thèse : Sciences et Techniques du déchet : Lyon : 1998
- Pesty S., Webber C., and Balacheff N. Baghera: une architecture multi-agents pour l'apprentissage humain. *Cognitique*, (P. Anierte, S. Gouarderes eds), *Edition Cepadeus*. 2003.

Bibliographie

- Petrou A. Teachers Roles and strategies during the use of technology based collaborative environments in real school conditions. Thèse: Aegean: 2005.
- Randriamalaka N., Iksal S., Choquet C. Elicitation des indicateurs pour la ré-ingénierie des scénarios pédagogiques: Approche à base de traces utilisant UTL. *Actes de la conférence INFORSID*. 2008.
- Razzaq L., Feng M., Nuzzo-Jones G., Heffernan N. T., Koedinger K., Junker B., Ritter S., Knight A., Mercado E., Turner T. E., Upalekar R., Walonoski J.A., Macasek M. A., Aniszczyk C., Choksey S., Livak T., Rasmussen K. Blending Assessment and Instructional Assisting. *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence in Education*, 2005.
- Reffay C., Chanier T.: How social network analysis can help to measure cohesion on collaborative distance learning. *Proceedings of the International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*, 2003.
- Reimann, P. How to support Groups in Learning: More than problem solving. In AIED2003, Invited talk.
- Reyes P., Tchounikine, P. Supporting emergence of threaded learning conversations through augmenting interactional and sequential coherence. CSCL 2003
- Reyes P., Tchounikine P. Redefining the Turn-Taking Notion in Mediated Communication of Virtual Learning Communities, *Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, 2004.
- Reyes P., Tchounikine P. Mining learning groups' activities in forum-type tools. *Proceedings of the conference on Computer support for collaborative learning*, 2005
- Rouillard J., Vantroys T., Chevrin V. Architecture Orientée Services, Une approche pragmatique des SOA. *Editions Vuibert*, 317p., 2007.
- Rueda U., Larranaga M., Arruarte A. and Elorriaga J.A. Dynamic Visualization of Student Models using Concept Maps. *Proceedings of the 11th International Conference on Artificial Intelligence in Education*, p 89-96, 2003.
- Rueda U., Larranaga M., Elorriaga J.A., and Arruarte A. Validating DynMap as a mechanism to visualize the student's evolution through the learning process. *Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, 2004.
- Sabas A. Systèmes Multi-agents : une analyse comparative des méthodologies de développement. Mémoire de Maîtrise, octobre 2001
- Sacks H., Schegloff E. A. et Jefferson G. A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation. *Language*, Vol.50, Issue 4, pp. 696-735, 1974.
- Settouti L-S, Prié Y., Mille A., Marty J-C. Systèmes à base de traces pour l'apprentissage humain. *Actes de la conférence Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education*, 2006.

Bibliographie

- Schoonenboom J., Turcsányi-Szabó M., Jones A., Lejeune A., Montandon L., Keenoy K. Technical report summarising integration of digital and non-digital OP. Délivrable 22.2.1 du projet Trails. 2004
- Schoonenboom, J., Levene, M., Heller, J., Keenoy, K., & Turcsányi- Szabó, M. *Trails in education: Technologies that support navigational learning*. 2007
- Schummer, T., Strijbos, J-W., Berkel T. A new direction for log-files analysis in CSCL: Examples with a spatio-temporal metric. CSCL2005.
- Teutsch P., Bourdet J-F., Gueye O., Perception de la situation d'apprentissage par le tuteur en ligne. *Actes de la conférence Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education*, 2004.
- Tchounikine P. Conception des environnements informatiques d'apprentissage : mieux articuler informatique et sciences humaines et sociales. *Les technologies en éducation : Perspectives de recherche et questions vives / ed. par Baron G.L., Bruillard E., Paris : INRP - MSH - IUFM de Basse Normandie*, 2002, p. 203-210.
- Vassileva, J., Cheng, R., Sun, L. & Han, W. Designing Mechanisms to Stimulate Contributions in Collaborative Systems for Sharing Course-Related Materials, Workshop on Computational Models of Collaborative learning , ITS 2004.
- Vergnaud G. La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 1991, Vol. 10/2.3, p. 133-170.
- Vieira A. C., Teixeira L., Timoteo A., Tedesco P., Barros F.: Analyzing Online Collaborative Dialogues: The OXEnTCHê-Chat. *Proceedings of the Workshop on Log, in the Intelligent Tutoring Systems Conference*, 2004
- Villiot Leclercq E. Modèle de soutien à l'élaboration et à la réutilisation de scénarios pédagogiques, 235pp. Thèse : Grenoble : Science de l'Education : 2007.
- Vincent C., Delozanne E., Grugeon B., Gélis J-M, Rogalski J., Coulange L., Des erreurs aux stéréotypes : des modèles cognitifs de différents niveaux dans le projet Pépite. *Actes de la conférence Environnement Informatique d'Apprentissage Humain*, 2005.
- Voisin J. & Vidal P. Une approche conduite par les modèles pour le traçage des activités des utilisateurs dans des EIAH hétérogènes. *Revue STICEF*, 2007, Vol.14.
- Wegmann G. Les tableaux de bord stratégiques: analyse comparative d'un modèle nord-américain et d'un modèle suédois. *Gestion* 2000, n°1, p-19-35, 2000
- Zhang H., Almeroth K., Knight A., Bulger M., Mayer R. Moodog: Tracking Students' Online Learning Activities. *Proceedings of the ED MEDIA*, 2007

Webographie

- Bouchamma Y. Supervision de l'enseignement et réformes [Ressource électronique]. *Contribution à la 7^{ème} Biennale de l'éducation et de la formation*, 2004. Disponible sur : <http://www.inrp.fr/Acces/Biennale/7biennale/Contrib/longue/7300.pdf>

Bibliographie

- Bourret R. XML et les Bases de données [Ressource électronique]. Traduit pas Patrick Peccatte de l'article original « XML and Databases », 2003. Disponible sur : <http://peccatte.karefil.com/software/rbourret/xmlbd.htm#nativeapi>
- Choquet C. (2004). JEIRP Design Patterns for Recording and Analysing Usage of Learning Systems proposal. Disponible sur internet à <http://www.noe-kaleidoscope.org/pub/activities/jeirp/activity.php?wp=33>
- Quinqueton J. Introduction aux Systèmes multi-Agents [Ressource électronique]. *Cours à l'université de Montpellier*. 2005, Disponible sur : <http://www.univ-montp3.fr/miap/~jq/IntCollective6.pdf#search=%22syst%C3%A8mes%20multi-agent%22>
- Trygver Reenskaug. Model-View –Controllers. 1979. Disponible sur <http://heim.ifi.uio.no/~trygver/1979/mvc-2/1979-12-MVC.pdf>
- Trygver Reenskaug. Model-View-Controller Its Past and Present. 2003. Disponible sur http://heim.ifi.uio.no/~trygver/2003/javazone-jaoo/MVC_pattern.pdf