



**HAL**  
open science

## Rendre compte des effets des interventions tutorales à travers une approche orientée indicateurs

Aina Lekira Rasoavelonirina

► **To cite this version:**

Aina Lekira Rasoavelonirina. Rendre compte des effets des interventions tutorales à travers une approche orientée indicateurs. Education. Le Mans Université, 2012. Français. NNT : 2012LEMA1011 . tel-00752608

**HAL Id: tel-00752608**

**<https://theses.hal.science/tel-00752608>**

Submitted on 16 Nov 2012

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

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

# Rendre compte des effets des interventions du tuteurs à travers une Approche Orientée Indicateurs

## THÈSE

présentée et soutenue publiquement le 02 juillet 2012

pour l'obtention du diplôme de

Doctorat de l'Université du Maine  
(spécialité informatique)

par

Aina LEKIRA RASOAVELONIRINA

### Composition du jury

<i>Président :</i>	Sébastien George	Maître de conférences (HDR) à l'INSA de Lyon
<i>Rapporteurs :</i>	Angélique Dimitracopoulou Viviane Guéraud	Professeur à University of Aegean Maître de conférences (HDR) à l'Université Stendhal Grenoble 3
<i>Examineurs :</i>	Christophe Choquet Pascal Leroux Christophe Després	Professeur à l'université du Maine Professeur à l'université du Maine Maître des conférences à l'université du Maine



# Remerciements

Je remercie Pascal Leroux, mon directeur de thèse, d'avoir pris le temps, malgré ses occupations prenantes, de me rencontrer et de me conseiller.

Je tiens également à remercier Christophe Després pour avoir assuré l'encadrement de cette thèse et pour m'avoir aidé à acquérir de la rigueur scientifique tout au long de ces années de recherche.

Je remercie Angélique Dimitracoupoulou et Viviane Guéraud qui ont accepté d'être rapporteurs de ce travail de recherche, pour leurs remarques à la fois intéressantes et constructives.

Je remercie Sébastien George et Christophe Choquet d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse. Sébastien m'a donné le goût de la recherche en EIAH lors de mon stage de Master, qu'il a encadré.

Mes remerciements vont à Pierre Jacoboni, l'un des promoteurs du projet de recherche auquel j'ai participé et qui a été là depuis le début.

Merci à Dominique Py pour son soutien et sa présence. Nos discussions tant scientifiques que plus légères m'ont beaucoup apporté.

Ce travail n'aurait pas pu avoir lieu sans la participation des tuteurs du Mans et de Laval qui ont participé aux expérimentations : Christophe, Pierre, Sébastien, Manuel, Jérôme, Loïc et, sans l'assistance technique de Clément, Teva, Etienne et Julien.

Je remercie Simon Petit-Renaud d'avoir pris le temps pour me faire découvrir les divers tests statistiques, et notamment le z-test. Son coup de pouce fut un vrai plus lors de la phase d'analyse des données.

Je n'oublie pas les membres de l'équipe IEAIH et en particulier Diem Pham Thi Ngoc avec qui j'ai passé quelques nuits blanches à faire des tests en vue des expérimentations.

Merci également à tous les autres membres du LIUM et du département Informatique de l'Université du Maine pour ces bons moments : pause café, mots fléchés, discussion sur les geeks, etc. Et en particulier, mes voisin(e)s de bureau pour tous les moments de partage : Carole, Ludovic, Patricia, Mathilde, Nour et Sylvie.

Je tiens à remercier ma famille et mes amis pour leur présence et leur soutien. Un merci particulier à ma mère pour m'avoir donné le goût des études.

J'adresse enfin un grand merci à toutes les personnes que j'ai côtoyées et avec qui j'ai collaboré tout au long de cette thèse, pour avoir participé, chacune à leur manière, à l'aboutissement de ce travail.



# Sommaire

<b>Introduction</b>	<b>15</b>
Contexte de recherche . . . . .	17
Éléments de problématique . . . . .	19
Objectifs de recherche . . . . .	20
Méthodologie de recherche . . . . .	21
Plan de la thèse . . . . .	24
<b>1 Activités du tuteur : identification et instrumentation</b>	<b>27</b>
1.1 Le tuteur dans l'activité d'accompagnement . . . . .	29
1.1.1 La notion de tuteur . . . . .	29
1.1.1.1 De l'enseignant ... au tuteur . . . . .	29
1.1.1.2 Le tuteur : rôles, fonctions . . . . .	31
1.1.2 La régulation de l'activité (de l'apprenant) . . . . .	32
1.2 Fondement théorique sur l'auto-régulation tutorale . . . . .	34
1.2.1 La notion d'auto-régulation . . . . .	34
1.2.2 L'auto-régulation tutorale . . . . .	36
1.3 Description des processus liés aux activités du tuteur . . . . .	39
1.4 Instrumentation des activités du tuteur . . . . .	42
1.4.1 Outils support à la régulation de l'activité de l'apprenant . . . . .	42
1.4.1.1 ESSAIM : un environnement pour le Suivi d'Activités d'Apprentissage à Distance . . . . .	42
1.4.1.2 FORMID : un outil de supervision de l'avancement d'apprenants engagés dans une activité scénarisée . . . . .	43
1.4.1.3 CAF : un outil de supervision en temps réel dans un contexte d'apprentissage collaboratif . . . . .	45
1.4.1.4 CourseVis et Gismo : outils de visualisation d'indicateurs sur des aspects cognitifs, sociaux et comportementaux de l'apprenant	45
1.4.2 Discussion . . . . .	47
1.4.2.1 Aide à l'observation et au suivi de l'activité de l'apprenant . . .	47
1.4.2.2 Aide à l'évaluation de l'activité de l'apprenant . . . . .	49
1.4.2.3 Aide à la réaction . . . . .	50
1.4.2.4 Bilan . . . . .	50
1.5 Conclusion du chapitre . . . . .	51

<b>2</b>	<b>L'Approche Orientée Indicateurs</b>	<b>53</b>
2.1	Intervention tutorale . . . . .	55
2.2	La notion d'indicateur . . . . .	58
2.2.1	Les projets européens . . . . .	58
2.2.1.1	Le projet européen ICALTS . . . . .	58
2.2.1.2	Le projet européen IA . . . . .	61
2.2.1.3	Le projet européen DPULS . . . . .	62
2.2.2	Les indicateurs de l'activité de l'apprenant : identification et définition	64
2.3	L'Approche Orientée Indicateurs . . . . .	67
2.3.1	Le domaine d'acceptabilité de la valeur d'un indicateur . . . . .	67
2.3.2	Méta-indicateurs et mesure des effets d'une intervention . . . . .	70
2.3.2.1	Calcul des méta-indicateurs . . . . .	71
2.3.2.2	Cas d'une intervention tutorale déclenchée par plusieurs indicateurs . . . . .	73
2.3.2.3	Cas d'une intervention tutorale déclenchée par des indicateurs hiérarchisés . . . . .	78
2.3.3	Application de l'Approche Orientée Indicateurs . . . . .	81
2.4	Discussion . . . . .	83
2.4.1	Une approche générique . . . . .	83
2.4.2	Le champ d'application de l'Approche Orientée Indicateurs . . . . .	83
2.5	Conclusion sur le chapitre . . . . .	84
<b>3</b>	<b>Mise en œuvre de l'Approche Orientée Indicateurs</b>	<b>85</b>
3.1	Choix du contexte et du domaine d'apprentissage . . . . .	87
3.2	Présentation de l'EIAH Hop3x . . . . .	88
3.2.1	L'application Hop3x-Serveur . . . . .	88
3.2.2	L'environnement Apprenant : Hop3x-Étudiant . . . . .	89
3.2.3	L'environnement Tuteur : Hop3x-Enseignant . . . . .	91
3.2.3.1	L'espace Apprenant . . . . .	94
3.2.3.2	L'espace Tuteur . . . . .	96
3.3	Élaboration des indicateurs . . . . .	100
3.3.1	Modélisation et calcul des indicateurs . . . . .	100
3.3.1.1	UTL : Usage Tracking Language . . . . .	100
3.3.1.2	Les systèmes à base de traces . . . . .	102
3.3.1.3	Learning Object Management Tool . . . . .	104
3.3.2	Le choix de l'utilisation d'UTL . . . . .	105
3.3.3	Les indicateurs avec UTL . . . . .	106
3.3.3.1	La modélisation et le calcul des indicateurs . . . . .	106
3.3.3.2	Les données nécessaires au calcul des indicateurs . . . . .	106
3.4	L'élaboration des méta-indicateurs . . . . .	109
3.4.1	Les indicateurs caractérisant une situation critique . . . . .	109
3.4.2	La trace d'intervention du tuteur . . . . .	112
3.4.3	Le module de gestion des interventions . . . . .	112
3.4.3.1	Le composant <i>gestion des événements</i> . . . . .	114

3.4.3.2	Le composant <i>base d'interventions</i> . . . . .	115
3.4.3.3	Le composant <i>gestion des interventions en cours</i> . . . . .	115
3.4.3.4	Le composant <i>mise à jour des méta-indicateurs</i> . . . . .	116
3.5	L'architecture de l'environnement . . . . .	117
3.6	Conclusion du chapitre . . . . .	120
<b>4</b>	<b>Expérimentations, observations et résultats</b>	<b>123</b>
4.1	Les activités à réaliser . . . . .	125
4.1.1	Description des activités pédagogiques . . . . .	125
4.1.2	Les besoins d'observation liés aux activités d'apprentissage . . . . .	126
4.1.2.1	Identification des besoins d'observation . . . . .	126
4.1.2.2	Les besoins d'observation des activités d'apprentissage . . . . .	128
4.1.3	Description des indicateurs . . . . .	130
4.2	Expérimentation 1 : expérimentation exploratoire . . . . .	132
4.2.1	Objectifs . . . . .	132
4.2.2	Contexte . . . . .	132
4.2.3	Recueil des données . . . . .	133
4.2.4	Observations et bilan . . . . .	133
4.3	Expérimentation 2 . . . . .	134
4.3.1	Objectifs . . . . .	134
4.3.2	Contexte . . . . .	134
4.3.3	Recueil des données . . . . .	134
4.3.4	Observations et résultats . . . . .	135
4.3.4.1	Pertinence et impact des indicateurs définis . . . . .	135
4.3.4.2	Identification de l'intention d'intervention du tuteur . . . . .	138
4.3.5	Bilan . . . . .	140
4.4	Expérimentation 3 . . . . .	142
4.4.1	Objectifs . . . . .	142
4.4.2	Contexte . . . . .	142
4.4.3	Recueil des données . . . . .	142
4.4.4	Observations et résultats . . . . .	142
4.4.5	Bilan . . . . .	143
4.5	Expérimentation 4 . . . . .	145
4.5.1	Objectifs . . . . .	145
4.5.2	Contexte . . . . .	145
4.5.3	Recueil des données . . . . .	145
4.5.4	Observations et résultats . . . . .	146
4.5.4.1	Impact des méta-indicateurs sur l'activité du tuteur . . . . .	146
4.5.4.2	Impact des méta-indicateurs sur l'activité de l'apprenant . . . . .	148
4.5.5	Bilan . . . . .	150
4.6	Conclusion du chapitre . . . . .	151

<b>Bilan et perspectives</b>	<b>153</b>
Bilan et apports des travaux . . . . .	155
Perspectives . . . . .	156
<b>A Les principaux événements dans Hop3x</b>	<b>169</b>
<b>B Le second scénario pédagogique se déroulant sur deux séances d'activités appelées TP2 et TP3</b>	<b>171</b>
<b>C Description des besoins d'observation et des indicateurs correspondants</b>	<b>173</b>
<b>D Les indicateurs avec UTL</b>	<b>181</b>
D.1 La modélisation des indicateurs . . . . .	181
D.1.1 La facette Defining . . . . .	181
D.1.2 La facette Getting . . . . .	181
D.1.3 La facette Using . . . . .	183
D.2 Les données nécessaires au calcul des indicateurs avec UTL . . . . .	184
D.2.1 Les données brutes . . . . .	184
D.2.2 Les données additionnelles . . . . .	184
D.2.3 Les données intermédiaires . . . . .	185
D.2.4 Les données de production . . . . .	185
D.3 L'outil d'analyse UTL . . . . .	187
<b>E Entretiens avec les tuteurs (Extraits)</b>	<b>189</b>

# Table des figures

1	Problématique . . . . .	19
2	Méthodologie de conception adaptée de [Mackay et Fayard 1997] . . . . .	22
1.1	Schéma d'un système de régulation adapté de [Leplat 2006a] . . . . .	33
1.2	Forme triadique de l'auto-régulation [Zimmerman 1989]. . . . .	36
1.3	Phases cycliques de l'auto-régulation [Zimmerman 2000]. . . . .	37
1.4	Description des processus cycliques de régulation de l'activité de l'apprenant et d'auto-régulation tutorale. . . . .	40
1.5	Interface tuteur dans ESSAIM [Després 2001]. . . . .	43
1.6	Interface tuteur dans Formid Suivi [Guéraud et al. 2004]. . . . .	44
1.7	Interface utilisateur de l'outil CAF [Fesakis et al. 2004]. . . . .	45
1.8	Matrice cognitive dans CourseVis [Mazza et Dimitrova 2007] . . . . .	46
1.9	Visualisation de Formid-Suivi Niveau 1 [Guéraud et al. 2009a]. . . . .	48
1.10	Liaison de la fonctionnalité « détail des actions » à la fonctionnalité « parcours » [Després 2001]. . . . .	48
2.1	Les éléments d'une intervention tutorale. . . . .	57
2.2	Patron de description d'un indicateur [Dimitracopoulou et al. 2004] . . . . .	60
2.3	Schéma de l'analyse de l'interaction [Harrer et al. 2004] . . . . .	61
2.4	Les attributs d'un indicateur d'interaction [Dimitracopoulou et al. 2005] . . . . .	62
2.5	Typologie des données d'observation [DPULS 2005]. . . . .	63
2.6	Le cycle de vie d'un indicateur. . . . .	64
2.7	Description de la phase de conception d'un indicateur <sup>1</sup> . . . . .	65
2.8	Description de la phase de calcul d'un indicateur . . . . .	66
2.9	Description de la phase d'utilisation. . . . .	66
2.10	Exemples d'indicateurs calibrés et non calibrés, répertoriés dans [Dimitracopoulou et al. 2004]. . . . .	68
2.11	Mesure des effets de l'intervention tutorale . . . . .	74
2.12	Un exemple de graphe de concepts orientés objet utilisé dans le cadre du TP1 lors des expérimentations . . . . .	77
2.13	Application de l'Approche Orientée Indicateurs . . . . .	82
3.1	Architecture générale de l'EIAH Hop3x. . . . .	88
3.2	Extrait d'un fichier de traces d'activité d'un apprenant ayant utilisé l'EIAH Hop3x. . . . .	89

3.3	L'interface de l'environnement Hop3x-Étudiant. . . . .	90
3.4	L'interface de l'environnement Hop3x-Enseignant. . . . .	91
3.5	L'interface de l'environnement Hop3x-Enseignant (version en multi-fenêtrage). . . . .	93
3.6	Interface permettant au tuteur de rédiger le contenu d'une intervention textuelle. . . . .	96
3.7	L'interface permettant de visualiser la zone d'interventions . . . . .	97
3.8	Le modèle conceptuel du méta-langage UTL [Choquet et Iksal 2007] . . . . .	101
3.9	Le modèle DGU [Choquet et Iksal 2007] . . . . .	102
3.10	Fonctionnement général d'un SBT [Settouti 2011] . . . . .	103
3.11	Séquence de transformations dans [Djouad 2011] . . . . .	104
3.12	Le modèle d'information d'un indicateur UTL [Choquet et Iksal 2007] . . . . .	107
3.13	Exemple de cartographie du projet d'un apprenant. . . . .	108
3.14	La fiche d'intervention soumise au tuteur après son intervention. . . . .	111
3.15	Description d'une intervention tracée dans Hop3x. . . . .	112
3.16	Le module de gestion des interventions (gestionnaire des interventions). . . . .	113
3.17	Description d'une donnée méta-indicateur. . . . .	116
3.18	L'architecture de l'EIAH Hop3x combiné aux différents modules et outils nécessaires au calcul des indicateurs et des méta-indicateurs. . . . .	118
4.1	État en fin de session des SC apparues en cours de session. . . . .	136
4.2	Répartition des SC apparues en cours de session, pour le groupe B, en fonction de leurs résolutions et des interventions tutorales. . . . .	137
4.3	Répartition des interventions selon la sélection d'indicateurs. . . . .	139
4.4	Répartition des interventions tutorales pour le groupe I et le groupe IMI. . . . .	147
4.5	Répartition des SC pour le groupe I et le groupe IMI. . . . .	149
D.1	Exemple de description d'un besoin d'observation identifié à partir du scénario du TP1 et qui vérifie la création d'une classe nommée Point. . . . .	181
D.2	Exemple de méthode de calcul d'un indicateur décrit dans le langage DCL4UTL . . . . .	182
D.3	La facette <i>using</i> d'un indicateur UTL spécifiant le format de sortie d'un indicateur utilisé dans Hop3x. . . . .	183
D.4	Exemple de donnée brute pour l'événement de type SQ (choix d'une question à traiter). . . . .	184
D.5	Extrait de la méthode de calcul d'une donnée intermédiaire paramétrée [Pham Thi Ngoc 2011]. . . . .	185
D.6	Cartographie du projet d'un apprenant décrit en tant que donnée UTL. . . . .	186
D.7	L'architecture générale de l'outil d'analyse [Pham Thi Ngoc 2011]. . . . .	187

# Liste des tableaux

2.1 Domaines d'acceptabilité possibles selon la nature de la valeur de l'indicateur.	69
2.2 Exemples de besoins d'observation et d'indicateurs correspondants avec le type et la valeur de leurs références. . . . .	70
2.3 Valeur du méta-indicateur en fonction des domaines d'acceptabilité possibles.	71
4.1 Scénario pédagogique utilisé pour la première activité de travaux pratiques (TP1). . . . .	127
4.2 Indicateurs correspondant aux besoins d'observation des questions 2 et 5 du TP1 . . . . .	131
4.3 Relation entre indicateurs sélectionnés pré-intervention et post-intervention en fonction de la correspondance des indicateurs avec le contenu des interventions. . . . .	143
4.4 Comparaison entre expérimentation 1 et 2 concernant la relation entre indicateurs sélectionnés et le contenu des interventions. . . . .	143
A.1 Les principaux événements Hop3x sauvegardés comme trace d'activité de l'apprenant. . . . .	169
B.1 Scénario pédagogique utilisé pour la deuxième activité de travaux pratiques (TP2). . . . .	171
B.2 Scénario pédagogique utilisé pour la troisième activité de travaux pratiques (TP3) qui est une suite du TP2. . . . .	172



# Liste des Algorithmes

1	Calcul de la valeur du méta-indicateur lorsque l'indicateur dont il suit l'évolution a une référence de type valeur. . . . .	72
2	Calcul de la valeur du méta-indicateur lorsque l'indicateur dont il suit l'évolution a une référence de type seuil (cas d'un seuil minimum). . . . .	72
3	Calcul de la valeur du méta-indicateur lorsque l'indicateur dont il suit l'évolution a une référence de type intervalle. . . . .	73
4	Calcul de la valeur du méta-indicateur lorsque l'indicateur dont il suit l'évolution a une référence de type ensemble . . . . .	73
5	Mesure des effets d'une intervention tutorale . . . . .	75
6	Identification des indicateurs liés pouvant caractériser une situation critique	78
7	Mesure des effets d'une intervention tutorale . . . . .	80



# Introduction



Nos travaux de recherche se situent dans le domaine pluridisciplinaire des EIAH (**E**nvironnements **I**nformatiques pour l'**A**pprentissage **H**umain), lequel se focalise sur l'apprentissage humain (sciences de l'éducation, didactique, sociologie, psychologie, etc.) et sur les artefacts informatiques qui le facilitent. [Tchounikine 2002] définit un EIAH comme un terme générique se référant à « *tout système informatique conçu pour favoriser l'apprentissage humain* ». Les travaux de recherche dans le domaine de l'ingénierie des EIAH s'articulent autour des problématiques liées à la conception de systèmes informatiques destinés à faciliter l'apprentissage et la construction des connaissances chez l'apprenant.

## Contexte de recherche

Dans l'apprentissage humain, le tuteur humain, c'est-à-dire « un enseignant qui suit, assiste et conseille particulièrement un élève ou un groupe d'élèves » [Robert 2002], joue un rôle fondamental puisqu'il accompagne l'apprenant dans son acquisition de connaissances et l'assiste dans la réalisation de son activité. Un des axes de recherches menées par l'équipe EIAH du LIUM (**L**aboratoire d'**I**nformatique de l'**U**niversité du **M**aine) et dans lequel s'insèrent nos travaux de recherche, étudie les problématiques liées au tutorat et plus particulièrement à l'instrumentation [Rabardel 1995] des activités du tuteur à travers l'assistance informatique ; assistance qui peut être apportée au tuteur lorsqu'il accompagne l'apprenant.

Dans le cadre de cet accompagnement [Gagné et al. 2001], nous nous intéressons aux situations de tutorat médiatisé qui désignent les situations dans lesquelles l'activité de tutorat est partiellement ou totalement instrumentée et où le tuteur accompagne un groupe d'apprenants dans la réalisation de leurs activités au travers d'un dispositif informatique. Toutefois, il est à noter que cette « médiatisation » du tutorat n'induit pas nécessairement une notion de distance géographique ou physique entre l'apprenant et le tuteur. Dans de telles situations de tutorat médiatisé, le tuteur a besoin de percevoir l'activité de l'apprenant ; ceci, afin de faciliter l'apprentissage et d'adapter au mieux ses actions tutorales en fonction des besoins de l'apprenant. Les travaux de recherche qui se sont intéressés au problème de la perception de l'activité de l'apprenant ont abouti à la réalisation d'outils permettant au tuteur de visualiser un certain nombre d'indicateurs, témoins de cette activité. Ces indicateurs donnent au tuteur des informations relatives à l'activité de l'apprenant telles que sa progression [Guéraud et al. 2004], ses performances [Mazza et Dimitrova 2007], son parcours [Després 2001], sa production [Delorme et Loosli 2006], son style d'apprentissage [Bousbia et al. 2009], etc. L'intérêt des indicateurs réside dans le fait qu'ils fournissent des informations pédagogiquement pertinentes, réduisant ainsi le temps que le tuteur passe à visualiser le travail accompli par chaque apprenant [Labat 2002].

Lors de l'apparition de situations non conformes à celles attendues (elles sont nommées situations critiques) révélées par les indicateurs, le tuteur est amené à prendre des décisions de régulation. Dans ce cadre, il peut intervenir auprès de l'apprenant si nécessaire, afin que ce dernier réalise au mieux son activité. Suite à une intervention, le tuteur s'attend à ce que l'apprenant réagisse par certaines actions et résolve la situation critique à laquelle il est

confronté. Si c'est le cas, l'intervention tutorale aura eu les effets escomptés par le tuteur (on parlera d'intervention tutorale effective). Dans le cas contraire, si la situation critique persiste, cela signifie que la remédiation n'a pas fonctionné et que l'intervention n'aura pas eu les effets escomptés.

Pour savoir si son intervention a atteint ses objectifs, le tuteur doit pouvoir assurer un suivi de ses interventions afin d'en évaluer les effets et, si besoin, effectuer un ajustement de ses stratégies en intervenant de nouveau dans le but d'assurer la bonne réalisation de l'activité par l'apprenant : c'est l'auto-régulation tutorale [Capa-Aydin et al. 2009].

Il est important pour le tuteur de pouvoir s'auto-réguler, c'est-à-dire de prendre conscience de son activité, de ses actions, de ses processus et de ses stratégies (« *awareness* »)[Dimitracopoulou et al. 2004] afin de les évaluer (« *assessment* ») et de les ajuster pour atteindre l'objectif fixé [Zimmerman 2000]. En effet, dans le cadre de son activité de tutorat, le tuteur est amené à avoir une approche réflexive sur son travail [Butler 2005] pour pouvoir être efficace (« *self-efficacy* » [Bembenutty 2007] [Bandura 1977a]) .

Cependant, la plupart du temps dans les situations de tutorat médiatisé, le tuteur n'a aucune information directe concernant les répercussions de son intervention ; information qui lui permettrait de savoir si son intervention a eu les effets escomptés.

Il est difficile pour le tuteur de percevoir et de suivre directement le changement survenu dans l'activité de l'apprenant du fait de son intervention. Pour examiner les répercussions de son intervention, le tuteur peut aller chercher lui-même cette information ou la déduire. Cela a pour conséquence d'ajouter au tuteur une charge de travail supplémentaire qui peut « devenir rédhibitoire » [Labat 2002] ; le tuteur devra faire un effort cognitif important car en plus de la supervision de l'activité de l'apprenant, il devra observer et évaluer les effets de ses propres actions et de ses stratégies. Puis, il devra les ajuster si besoin, pour atteindre son objectif qui est de pallier le problème auquel l'apprenant est confronté [Capa-Aydin et al. 2009].

L'auto-régulation tutorale doit être soutenue dans le cadre du développement professionnel du tuteur [Butler 2005] pour qu'il affine sa pratique tutorale [Denis 2003]. Cette assistance peut être faite de manière collective ou individuelle par le biais, par exemple, de réunions pédagogiques, d'ateliers de formation ou plus largement de communautés de pratiques [Butler 2005] [Garrot 2008]. A cet égard, ce processus d'auto-régulation tutorale s'effectue de manière extensive dans le temps, c'est-à-dire avant, pendant et après les sessions d'apprentissage : c'est une activité à part entière que le tuteur est amené à gérer dans le cadre de son tutorat. Par conséquent, outre la régulation de l'activité de l'apprenant, le tuteur doit aussi gérer et réguler sa propre activité de tutorat.

Dans le cadre de tutorat médiatisé, nous considérons l'instrumentation des activités du tuteur sur deux plans. Ces deux plans consistent d'une part à apporter une aide au tuteur pour réguler l'activité de l'apprenant, d'autre part, à lui proposer un soutien afin qu'il puisse réguler sa propre activité de tutorat. Dans le cadre de nos travaux, nous nous intéressons à l'assistance informatique que l'on peut offrir au tuteur afin qu'il puisse avoir une forme de réflexivité à travers la perception, à la fois de son activité de tutorat et de l'activité des apprenants qu'il encadre.

## Éléments de problématique

Nous voulons fournir une aide au tuteur lorsqu'il est dans un contexte de tutorat médiatisé afin qu'il puisse gérer au mieux ses activités (régulation de l'activité de l'apprenant et régulation de sa propre activité de tutorat, c'est-à-dire l'auto-régulation tutorale). Notre problématique de recherche se focalise sur l'instrumentation de ses activités au cours des situations d'apprentissage et en particulier, nous nous intéressons à l'assistance qui peut lui être apportée en termes de réflexivité suite à ses interventions.

L'étude de cette problématique nécessite de savoir comment fournir au tuteur un suivi de ses interventions et un retour sur les effets de celles-ci afin qu'il puisse évaluer ses stratégies de remédiation et les ajuster en cas d'échec. Le cas échéant, le tuteur pourra à nouveau décider d'intervenir en adoptant de nouvelles stratégies de remédiation qui lui permettent ainsi d'accompagner l'apprenant et de s'assurer que ce dernier résolve le problème auquel il fait face. Apprécier les effets d'une intervention tutorale consiste à savoir si cette intervention a réellement eu l'impact souhaité par le tuteur. Nous devons donc mesurer l'écart entre ce qui s'est réellement passé dans l'activité de l'apprenant et ce que le tuteur cherchait à « provoquer ».

Nous partons du principe qu'une intervention tutorale va être déclenchée et va concerner une situation qui se passe au niveau de l'activité de l'apprenant. Afin de rendre compte au tuteur de ses activités et plus particulièrement de la portée de ses interventions, nous nous reposons sur l'activité de l'apprenant.

Lors de son intervention, le tuteur a pour objectif de remédier à une situation, apparue dans l'activité de l'apprenant, qu'il juge critique (situation critique de départ). Suite à son intervention, il s'attend à ce que l'apprenant réagisse en conséquence par la résolution de cette situation critique (situation attendue). La mesure des effets de l'intervention tutorale consiste donc à mesurer l'écart entre ce qui s'est réellement passé (situation réelle) et ce que le tuteur s'attendait à voir (situation attendue). La figure 1 illustre cette situation.

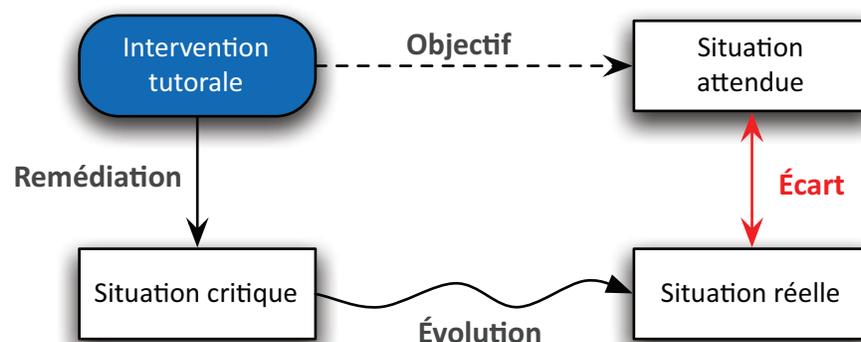


Figure 1 – Illustration pour mettre en évidence la problématique concernant la mesure des effets d'une intervention tutorale.

Une question de recherche se pose. Elle consiste à savoir **comment mesurer l'écart entre les effets réels d'une intervention tutorale et ses effets escomptés ?**

Pour apporter une réponse à cette question, il est nécessaire d'une part, de déterminer ce qui est à l'origine de l'intervention, c'est-à-dire identifier ce que nous appelons la situation critique de départ. D'autre part, il faut déterminer les effets attendus de l'intervention, c'est-à-dire identifier la situation attendue par le tuteur qui se traduit par la disparition de la situation critique de départ. Enfin, il est aussi nécessaire de faire un suivi de l'évolution de la situation critique afin de pouvoir identifier l'état de la situation à l'arrivée. De cette première question de recherche découlent des questions de recherche connexes : **Comment identifier la situation critique de départ ? Comment déterminer la situation attendue par le tuteur ? Comment identifier la situation d'arrivée ?**

Déterminer la situation critique de départ suppose de savoir pourquoi le tuteur intervient et en quoi consiste cette situation critique sur laquelle il intervient.

Dans notre travail, nous nous intéressons aux situations critiques sur lesquelles le tuteur intervient en s'appuyant sur des informations identifiables et caractérisables par des éléments issus de l'activité de l'apprenant. Ces informations ciblées et pertinentes sur l'activité de l'apprenant sont calculées ou obtenues à partir des traces d'interaction. Nous partons donc du principe que, lorsque les circonstances l'exigent, le tuteur peut décider d'intervenir pour pallier une situation critique en s'appuyant sur ces informations, mises à sa disposition.

Si une intervention tutorale a été effective, nous devons pouvoir détecter la disparition de la situation critique à l'origine de celle-ci. Dans le cas contraire, nous voulons savoir dans quelle mesure, l'intervention n'a pas été effective afin d'en informer le tuteur. Il est donc nécessaire d'observer l'évolution de la situation critique au cours du temps. Cela soulève les questions de recherche suivantes : **comment détecter le retour à la normale d'une situation jugée critique dans l'activité de l'apprenant ? Comment suivre l'évolution de l'état d'une situation critique ? Comment déterminer le moment à partir duquel il est possible de donner un retour sur une intervention tutorale ?**

## Objectifs de recherche

Notre premier objectif de recherche est de fournir une aide au tuteur lorsqu'il réalise ses activités en s'évertuant plus particulièrement à lui fournir des informations sur les effets de ses interventions. Pour cela, nous effectuons préalablement une étude théorique sur la régulation et l'auto-régulation dans l'objectif d'explicitier les activités du tuteur. De cette étude, nous avons élaboré **TeAMo**, un modèle de description des activités du tuteur. Sur les fondements de TeAMo, nous proposons une **Approche Orientée Indicateurs (AOI)** afin de rendre compte des effets d'une intervention tutorale. Dans cette approche, nous veillons particulièrement à soigner l'aspect générique pour assurer la réutilisation de notre proposition dans le cadre d'activités de tutorat médiatisées.

Notre deuxième objectif est de mettre en œuvre l'approche orientée indicateurs concevant et réalisant des outils informatiques. Pour ce faire, nous utilisons l'EIAH Hop3x, destiné à l'apprentissage de la programmation. À travers la spécification de fonctionnalités à intégrer à cet environnement, nous voulons montrer l'opérationnalisation de notre approche et proposer ainsi au tuteur un environnement lui permettant de réguler sa propre activité

de tutorat et de réguler l'activité de l'apprenant.

Sur la base de la mise en œuvre de l'Approche Orientée Indicateurs, notre troisième objectif vise à évaluer l'impact de l'utilisation effective de tels outils supports aux activités du tuteur en situation réelle. A cet égard, nous avons mené des expérimentations en contexte écologique en utilisant l'EIAH Hop3x. Le but était non seulement d'observer les effets de la mise en place d'une telle assistance sur l'activité du tuteur mais aussi sur l'activité de l'apprenant. Nous montrerons qu'apporter au tuteur des informations sur les effets de ses interventions améliore quantitativement et qualitativement ses performances, induisant un impact positif sur l'activité de l'apprenant.

## Méthodologie de recherche

Pour atteindre nos objectifs de recherche, nous avons opté pour une démarche de conception mixte à la fois itérative et participative, couplée au cadre conceptuel de la genèse instrumentale. Cette démarche de conception est souvent utilisée en ingénierie des EIAH [Tchounikine 2009]. Elle s'appuie sur un cadre théorique fort et sur une démarche éprouvée au LIUM, en matière de conception d'EIAH [Bruillard et al. 2000]. En effet, ce type de démarche de conception, d'une part, par son côté participatif permet d'intégrer l'usager de l'instrument à la conception de l'objet technique [Rabardel 1995] et, d'autre part, par son côté itératif permet l'aboutissement à un modèle et un prototype stables, après évaluation puis amélioration successives [Bruillard et al. 2000].

Notre choix de la genèse instrumentale se justifie par l'importance de la notion d'instrumentation dans notre travail. Dans une approche anthropocentrique où la prédominance est à l'humain dans la réalisation de systèmes techniques, Rabardel [Rabardel 1995] définit un instrument comme « *un artefact en situation, inscrit dans un usage* ». En effet, un instrument est composé de deux parties : celle qui constitue l'objet technique lui-même et celle à qui le sujet donne une fonction dans son activité. En d'autres termes, un instrument est « *une entité mixte qui tient à la fois du sujet et de l'objet* ». Il est composé d'un artefact (partie neutre de l'instrument matériel ou symbolique) et de schèmes d'utilisation liés à des schèmes d'action plus généraux (développés par le sujet pendant l'usage de l'artefact i.e. résultant d'une construction propre du sujet). La genèse instrumentale (élaboration instrumentale) de Rabardel prend en compte ces deux aspects de l'instrument (artefact et schème) et présente deux dimensions « *conjointes et distinguables* » à travers l'instrumentalisation dirigée vers l'artefact et l'instrumentation relative au sujet lui-même.

Cette genèse instrumentale se traduit dans notre travail par la proposition d'outils informatiques afin de permettre au tuteur d'effectuer les tâches liées à ses activités et par l'observation de l'impact sur la pratique, à travers les expérimentations menées, de l'utilisation de tels outils sur l'activité du tuteur.

Notre démarche de conception fondée sur la genèse instrumentale est couplée avec une approche itérative que nous avons mise en œuvre dans notre travail. Cette approche itérative s'effectue par une succession de spécifications, de réalisations puis d'évaluations successives de modèles et de prototypes. Nous présentons ci-après les grandes lignes

(incluant chacune plusieurs itérations) du cheminement suivi dans l'élaboration de nos propositions. La figure 2 illustre ce cheminement.

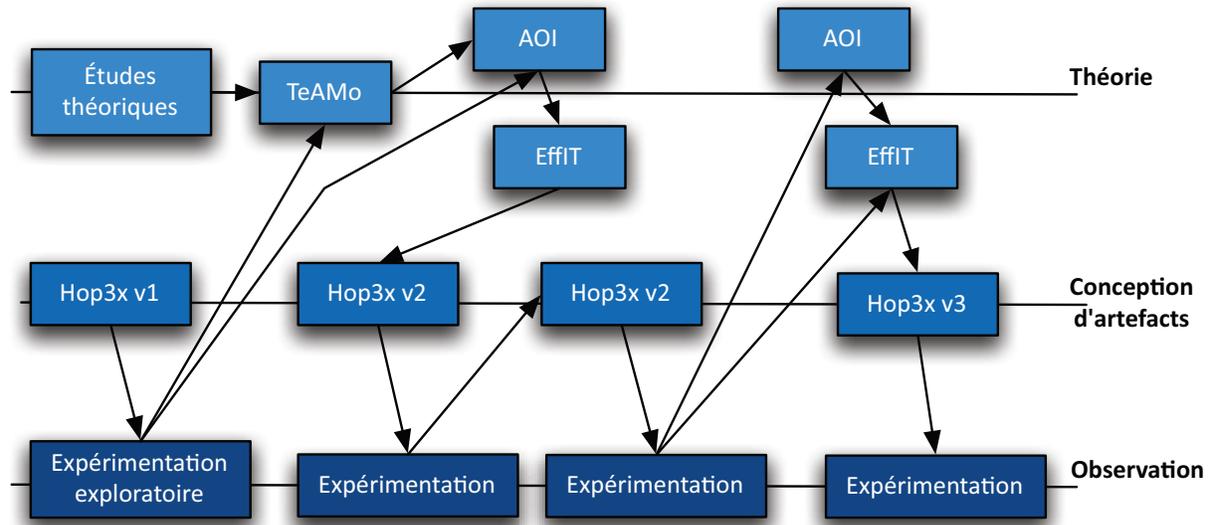


Figure 2 – Méthodologie de conception adaptée de [Mackay et Fayard 1997]

Afin de répondre à nos questions de recherche, nous avons mené, au préalable, une étude théorique de travaux issus non seulement des Sciences de l'éducation mais également de l'Informatique autour de la régulation de l'activité de l'apprenant et de l'auto-régulation tutorale. Cette étude a abouti à la proposition de TeAMo, un modèle de description des activités du tuteur qui spécifie les processus de régulation de l'activité de l'apprenant et d'auto-régulation tutorale.

Sur les fondements du modèle TeAMo, nous avons développé une approche générique fondée sur les indicateurs (l'**Approche Orientée Indicateurs**) afin de soutenir le tuteur dans ses différentes tâches en utilisant les indicateurs.

Pour pouvoir opérer une supervision de l'activité de l'apprenant, le tuteur doit pouvoir percevoir cette activité et en effectuer le suivi. Nous proposons de fournir au tuteur des informations jugées pédagogiquement intéressantes à travers des indicateurs sur l'activité de l'apprenant. L'évolution des valeurs de ces indicateurs dans le temps reflète ce qui se passe dans l'activité de l'apprenant tout au long de sa réalisation.

Lors de l'apparition de situations critiques (identifiées par des valeurs d'indicateurs non conformes à celles attendues) dans l'activité de l'apprenant, le tuteur peut décider d'intervenir en se fondant sur les valeurs des indicateurs sur l'activité de cet apprenant. Suite à cette intervention, son objectif est de faire évoluer la situation vers la normale en aidant l'apprenant à résoudre la situation critique. L'intervention du tuteur est liée à une situation identifiée grâce à un ou plusieurs indicateurs de l'activité de l'apprenant. Pour observer les effets de cette intervention, notre solution est de suivre les valeurs des indicateurs à l'origine de cette intervention. Pour suivre l'évolution des valeurs de ces indicateurs, nous proposons d'utiliser ce que nous appelons des « méta-indicateurs ». Ces méta-indicateurs sont des indicateurs sur des indicateurs. Leur objectif est de rendre

compte de l'évolution des valeurs d'autres indicateurs.

L'Approche Orientée Indicateurs a été affinée et améliorée grâce aux constatations issues des différentes expérimentations menées (démarche itérative) et des interactions avec les tuteurs (démarche participative) tout au long de notre travail.

Notre deuxième objectif de recherche qui vise à opérationnaliser nos propositions nous a amené à mettre en œuvre l'Approche Orientée Indicateurs. Pour ce faire, nous avons utilisé Hop3x, un EIAH existant, conçu au LIUM et dédié à l'apprentissage de la programmation. Hop3x offre au tuteur la possibilité d'assurer le suivi synchrone, individuel, d'un groupe d'apprenants investis dans une activité de travaux pratiques non collaborative.

Pour déterminer les besoins du tuteur, nous avons opéré une mise à l'essai initiale (phase exploratoire) dans laquelle nous voulions récolter des données en situation écologique pour alimenter notre corpus de traces et observer directement les tuteurs dans leur environnement. Le but était d'extraire des situations pédagogiques particulières et d'identifier des situations critiques récurrentes pour ainsi identifier et définir des indicateurs pertinents et pédagogiquement intéressants, reflétant l'activité de l'apprenant. Ces indicateurs allaient être mis en place dans le système et utilisés lors des expérimentations. Parallèlement à cette analyse des données issues de cette mise à l'essai, nous avons travaillé et collaboré avec l'équipe pédagogique (tuteurs et enseignant-concepteur) afin d'identifier les besoins d'observation des tuteurs et confronter la pertinence de nos propositions à ces besoins.

Afin de pouvoir calculer ces indicateurs, nous avons choisi d'utiliser le méta-langage UTL [Choquet et Iksal 2007] qui est générique. UTL permet de décrire des indicateurs et de spécifier les données nécessaires à son calcul. Le calcul des indicateurs est assuré par l'outil UTL [Pham Thi Ngoc et al. 2010] que nous avons couplé à Hop3x en développant la HUI (Hop3x and UTL Interaction), un outil d'interfaçage intégrant un questionnaire d'indicateurs. Un module de calcul des méta-indicateurs a aussi été intégré à la HUI.

Pour permettre au tuteur d'accéder aux indicateurs calculés sur l'activité de l'apprenant, nous avons intégré un outil de visualisation dans Hop3x. Par ailleurs, une interface dédiée au support à l'auto-régulation tutorale a été conçue et intégrée à Hop3x incluant un module de gestion des interventions tutorales. Cette interface permet au tuteur de (re)visualiser les interventions effectuées et les méta-indicateurs correspondants ; nous avons développé des fonctionnalités permettant au tuteur de filtrer les interventions effectuées, de ré-intervenir, de déclencher le (re)calcul des méta-indicateurs, de modifier l'état d'une intervention, etc.

Afin d'atteindre notre troisième objectif qui consiste à observer l'impact de l'utilisation des outils supports aux activités du tuteur en se fondant sur l'approche orientée indicateurs, nous avons entrepris plusieurs expérimentations. Notre démarche de conception itérative se reflète à travers ces différentes expérimentations tout au long de notre travail. Nous avons ainsi pu évaluer différents aspects de notre travail à travers l'observation et l'analyse de ces expérimentations. Cette démarche s'est traduite dans un premier temps par l'instrumentation de la régulation de l'activité de l'apprenant (Hop3x v2), puis dans un deuxième temps par l'instrumentation de l'auto-régulation tutorale (Hop3x v3) afin de réaliser des expérimentations. L'objectif est d'évaluer nos propositions, en observant dans l'usage, ses effets sur l'activité du tuteur et sur l'activité de l'apprenant.

Pour une meilleure utilisabilité des outils réalisés, nous avons aussi opté pour une démarche participative afin d'intégrer l'utilisateur au processus de conception de l'artefact, et ce dès le départ. Cette démarche donne un rôle actif à celui (le tuteur) qui va utiliser l'outil en lui permettant de définir certaines spécificités qui vont faciliter l'acceptation de l'outil dans l'usage. Ainsi, nous avons mené différentes campagnes d'entretiens et d'observations auprès des tuteurs et d'analyse de données :

- durant tout le cycle de conception de l'Approche Orientée Indicateurs ;
- à l'étape de l'élaboration des outils supports aux activités tutorales (identification des besoins du tuteur en terme d'indicateurs à visualiser et en terme de fonctionnalités attendues) ;
- durant les expérimentations ;
- après les expérimentations (analyse des résultats, bilan et évaluations).

## Plan de la thèse

Pour décrire nos travaux le document s'organise autour de quatre principaux chapitres.

Nous débutons le premier chapitre en dressant le cadre théorique autour des activités du tuteur à savoir la régulation de l'activité de l'apprenant et la régulation de sa propre activité de tutorat (auto-régulation tutorale). À partir de cette étude théorique, nous avons conçu le modèle TeAMo que nous détaillons ensuite. Ce modèle décrit les deux activités du tuteur que nous avons identifiées à travers les processus de régulation de l'activité de l'apprenant et d'auto-régulation tutorale. Par la suite, nous présentons des environnements dédiés au support de ces activités du tuteur. Et enfin, nous achevons ce chapitre par une discussion sur les supports existants et les besoins d'instrumentation, notamment dans l'aide à l'auto-régulation tutorale.

Le deuxième chapitre est consacrée à la présentation de l'Approche Orientée Indicateurs. Nous commençons ce chapitre par l'explicitation de ce qu'est une intervention tutorale afin d'en extraire la principale caractéristique dans notre contexte de travail. Ensuite, nous abordons une notion clé de notre proposition : l'indicateur, notion que nous explicitons et définissons. Nous continuons par la présentation des différents algorithmes permettant de mesurer les effets d'une intervention et de calculer les méta-indicateurs. Nous complétons enfin ce chapitre par une discussion autour de la généricité de l'approche et du champ d'application de nos propositions.

Le troisième chapitre aborde la mise en œuvre effective de nos propositions à travers l'environnement Hop3x. Tout d'abord, nous présentons le choix de notre domaine d'application avant de présenter l'environnement Hop3x. Puis, nous détaillons les activités mises en place ainsi que les besoins d'observations et indicateurs relatifs à ces activités. Nous consacrons une partie du chapitre à la présentation des différentes solutions pour modéliser et calculer les indicateurs. Nous donnons ensuite les raisons de notre choix d'utiliser UTL et DCLUTL dans notre implémentation. Nous présentons également les différents modules utilisés et implémentés afin de calculer les indicateurs, les

méta-indicateurs et les effets d'une intervention. Nous décrivons enfin les différents outils permettant au tuteur de visualiser les différentes informations calculées et les outils d'intervention.

Le quatrième chapitre décrit les différentes expérimentations que nous avons menées dans le cadre de ce travail de thèse. Six tuteurs et deux cent dix neuf étudiants ont été impliqués dans ces expérimentations qui se sont déroulées sur trois années universitaires. Parmi ces expérimentations, trois se sont déroulées à l'Université du Maine au Mans (de 2009 à 2011) au département Informatique et une à l'IUT de Laval au département SRC (en 2010). Nous consacrons une partie du chapitre à l'analyse des résultats de chacune des expérimentations ainsi qu'à une discussion autour de ces résultats.

Nous terminons ce document par un bilan de nos travaux, à travers nos principales contributions. Puis, nous exposons les perspectives ouvertes par nos propositions.



## **Chapitre 1**

# **Activités du tuteur : identification et instrumentation**



Le tuteur accompagne l'apprenant dans la réalisation de son activité : il est amené à réguler l'activité de ce dernier, ce qui nécessite qu'il perçoive cette activité. De la sorte, au cours des sessions d'apprentissage, le tuteur peut être amené à prendre des décisions d'actions et de régulation par rapport à l'activité qu'il perçoit ; ces décisions sont, par ailleurs, prises en fonction de la nature et du contexte de la situation d'apprentissage. Selon les situations d'apprentissage, le tuteur peut prendre des décisions de régulation en tenant compte des besoins de l'apprenant et en fonction de ses différents rôles. Nous commençons ce chapitre par une étude autour de la notion de régulation de l'activité de l'apprenant en balayant un spectre assez large à travers les notions de rôles, fonctions et tâches du tuteur. Puis, nous expliquons le choix du terme « régulation de l'activité de l'apprenant » pour désigner l'activité du tuteur consistant à aider, accompagner, soutenir etc. l'apprenant.

Outre la régulation de l'activité de l'apprenant, le tuteur doit aussi gérer sa propre activité de tutorat, que nous appelons « auto-régulation tutorale ». Dans la section 2, nous introduisons la notion d'auto-régulation puis nous abordons la notion d'auto-régulation tutorale.

La combinaison de ces études théoriques nous permet d'explicitier les processus liés aux activités du tuteur en dégagant ses principales caractéristiques. Nous décrivons dans la section 3, TeAMo, un modèle de description des processus de régulation de l'activité de l'apprenant et d'auto-régulation tutorale.

Dans la section 4, nous faisons une présentation non exhaustive d'environnements supports aux activités tutorales. Cela nous permet d'extraire les fonctionnalités nécessaires à la mise en place d'outils visant à assister le tuteur, à la fois dans la régulation de l'activité de l'apprenant et dans la régulation de sa propre activité.

## 1.1 Le tuteur dans l'activité d'accompagnement

### 1.1.1 La notion de tuteur

#### 1.1.1.1 De l'enseignant ... au tuteur

Avec l'émergence des nouvelles technologies, de nouvelles modalités d'apprentissage sont apparues ; ce qui a engendré l'évolution du rôle de l'enseignant.

Dans l'enseignement traditionnel, l'enseignant est celui qui possède le savoir et les connaissances et qui les transmet à l'apprenant [Houssaye 1988] : l'enseignant est un médiateur de savoir [Rayal et Rieunier 1997]<sup>1</sup>. L'apparition des TIC ont introduit de nouvelles ressources humaines et matérielles dans les formations et notamment en formation à distance où de nouvelles formes d'apprentissage sont rendues possibles [Rézeau 1998]<sup>2</sup>. Dans une situation pédagogique médiatisée (où l'on introduit des

1. Rayal et Meunier [Rayal et Rieunier 1997] définissent la médiation comme étant « l'ensemble des aides ou des supports qu'une personne peut offrir à une autre en vue de lui rendre accessible un savoir quelconque ».

2. Rézeau a introduit la notion de carré pédagogique qui présente un modèle de situations d'enseignement-apprentissage impliquant l'utilisation des TIC. Partant du modèle de situations d'activités instrumentées de Rabardel [Rabardel 1995] lequel établit des relations entre le sujet (apprenant et enseignant), l'objet (le savoir) et l'instrument, Rézeau adapte le triangle pédagogique de [Houssaye 1988] en y introduisant la notion d'instrument.

instruments dans les relations entre savoir, apprenant et tuteur) les interactions entre l'enseignant et l'apprenant s'en trouvent modifier puisqu'il faut tenir compte des autres interactions à savoir celles avec l'instrument : les processus « enseigner », « apprendre » et « former » [Houssaye 1988] évoluent et ne sont plus les mêmes puisqu'il y a eu modification de la relation au savoir [Rézeau 1998]. Ainsi, les instruments sont aussi perçus comme des médiateurs de savoir [Rézeau 2002]<sup>3</sup> [Linard 1996]<sup>4</sup>.

De nouveaux rôles sont alors dévolus à l'enseignant<sup>5</sup> :

- l'enseignant-concepteur qui conçoit et réalise des supports pédagogiques. Il intervient en amont de la formation dans la phase de préparation qui est centrée sur la planification et sur l'enseignement.
- l'enseignant-tuteur qui anime la formation. Il intervient pendant la formation dans la phase d'action qui est centrée sur l'apprentissage.

Notons qu'après la formation, une phase d'analyse intervient généralement : elle permet à l'enseignant-concepteur et à l'équipe pédagogique de faire une analyse *a posteriori* du déroulement de la formation à travers un bilan afin d'aboutir aux ajustements nécessaires à l'amélioration de la formation. L'enseignant-concepteur et l'enseignant-tuteur n'interviennent pas en même temps dans la formation.

En effet, dans la phase de planification, l'enseignant-concepteur est expert du savoir disciplinaire et s'occupe d'une part, de la mise à disposition d'informations à travers la conception des contenus et des ressources pédagogiques. D'autre part, il organise les situations d'apprentissage et les activités. Il anticipe également les actions et interactions ainsi que les stratégies d'apprentissage à travers la scénarisation pédagogique<sup>6 7</sup>.

Dans la phase d'action, l'enseignant-tuteur facilite l'apprentissage. Il est praticien de l'action éducative et accompagne l'apprenant afin qu'il acquière des connaissances et développe des compétences et des savoir-faire.

Le terme tuteur, dans son sens général, désigne « un enseignant qui suit, assiste et conseille particulièrement un élève ou un groupe d'élèves » [Robert 2002]. Le tuteur est donc amené à encadrer, accompagner, conseiller et soutenir l'apprenant dans son processus d'apprentissage. Cette définition du tuteur fait état d'un changement au niveau du paradigme de la situation d'enseignement-apprentissage qui n'est pas centrée sur l'enseignement mais sur l'apprenant (et l'apprentissage) qui doit être accompagné, encadré et soutenu.

3. Selon Rézeau, le carré pédagogique a permis d'attribuer aux instruments une place à part entière en tant qu'agents médiateurs du savoir »

4. Selon Linard, l'instrument est un intermédiaire de connaissances et un moyen de capitalisation sociale de l'expérience, il devient médiateur au sens tiers actif dans les relations entre sujets et objets.[Linard 1996].

5. Ces deux rôles différents peuvent être tenus par la même personne.

6. Un scénario pédagogique est « la description du déroulement (prévu ou constaté) d'une situation d'apprentissage en termes de rôles, d'activités et d'environnement nécessaire à sa mise en œuvre, mais aussi en terme de connaissances manipulées » [Pernin 2003].

7. Selon Quintin [Quintin et al. 2005], un scénario pédagogique peut être défini comme « un ensemble structuré et cohérent » ayant deux parties : le scénario d'apprentissage (description des activités d'apprentissage et des productions attendues) et le scénario d'encadrement (précision des modalités d'interventions tutorales).

### 1.1.1.2 Le tuteur : rôles, fonctions

L'activité du tuteur consiste à accompagner l'apprenant dans son apprentissage [Deschenes et Paquette 1996] [Gagné et al. 2001] [Gounon 2005] [Deschenes et al. 2001]. Cet accompagnement est fonction du dispositif de formation mis en place [Glikman 2011]. Ainsi, différents termes sont utilisés dans la littérature pour désigner le tuteur : coach, accompagnateur, mentor, facilitateur, animateur, pédagogue, etc. Ces différents termes impliquent une délimitation sous-jacente selon des facteurs liés à la situation d'apprentissage envisagée [Garrot 2008] et mettent en avant un rôle ou une fonction tutorale particulière dans le processus d'accompagnement.

Différentes études ont été menées autour de la notion de rôle du tuteur. Celles-ci ont abouti à la proposition d'un certain nombre de typologies de rôles ou fonctions<sup>8</sup> dévolus au tuteur [Bernatchez 2003] [Garrot 2008] [Denis 2003] [Quintin 2008]. Ces différentes typologies tiennent compte de la nature cognitive, métacognitive, sociale, technique, organisationnelle, conative, etc. de l'accompagnement.

La vision brunérienne des fonctions tutorales, par exemple, passe par la notion d'étayage qui désigne un ensemble d'interactions pédagogiques (assistance, accompagnement, conseil, ...) du tuteur qui permet à l'apprenant d'accomplir une tâche qu'il n'aurait pas pu faire tout seul<sup>9</sup> (notion de tutelle<sup>10</sup>). L'étayage est caractérisé par six fonctions : l'enrôlement, la réduction des degrés de liberté, le maintien de l'orientation, la signalisation des caractéristiques déterminantes, le contrôle de la frustration et la démonstration ou la présentation des modèles de solution.

[Garrot 2008], quant à elle, identifie seize rôles attribuables au tuteur en fonction de trois facteurs : la médiatisation des communications (médiatisées ou non), la nature de la tâche (individuelle ou collective) et la temporalité de la formation (durable ou ponctuelle). En revanche, [Denis 2003], à l'instar de [Guillaume 2009], délimite les rôles du tuteur en se basant sur l'identification des fonctions tutorales qu'elle associe à des compétences pédagogiques, techniques, relationnelles ou disciplinaires et identifie sept types d'interventions centrées sur les fonctions tutorales.

Certains auteurs, tels [Bernatchez 2003] et [Quintin 2008], retiennent quatre aspects principaux de l'accompagnement en fondant leurs typologies sur une analyse conceptuelle de la littérature. Ils centrent le rôle du tuteur et donc ses interventions sur des aspects relatifs :

- à la fonction pédagogique (cognitive ou métacognitive). Au niveau cognitif, le tuteur conseille l'apprenant, l'aide à réaliser son activité et l'accompagne dans son processus d'acquisition et d'assimilation des connaissances [Daele et Docq 2002] [Bernatchez 2003] [Quintin 2008] [Garrot 2008]. Au niveau métacognitif, le tuteur incite l'apprenant à avoir une démarche réflexive [Denis 2003]. Certains auteurs

8. Bernatchez [Bernatchez 2003] donne une définition hiérarchique des entités Rôle, Fonction et Tâche en définissant un rôle comme un ensemble de fonctions ; une fonction, perçue comme une manière particulière d'exercer un rôle, est caractérisée par un ensemble de tâches ; une tâche, définie comme ce qui doit être accompli par un individu exerçant une fonction, s'exprime par des comportements ou des habiletés.

9. La notion d'étayage de Bruner rejoint celle de la zone proximale de développement de Vygotski [Vygotsky 1978] qui est défini comme étant « *the distance between the actual developmental level as determined by independent problem solving and the level of potential development as determined through problem solving under adult guidance, or in collaboration with more capable peers* ».

10. Le processus de tutelle se réfère aux moyens grâce auxquels un spécialiste vient en aide à un non spécialiste.

soulignent l'importance de l'aspect évaluation qui permet au tuteur de fournir à l'apprenant des critères d'évaluations ainsi que des feedbacks [Guillaume 2009] [De Lièvre 2000] [Glikman 2011].

- à la fonction socio-affective. D'un point de vue social, les interventions de cette nature consistent pour le tuteur à instaurer un climat favorable à l'apprentissage en dynamisant et organisant le groupe tout en favorisant le partage et les échanges entre apprenants [Daele et Docq 2002]. D'un point de vue affectif et conatif, les interventions tutorales visent à gérer les émotions et à encourager les apprenants tout en renforçant leur motivation [Bernatchez 2003] [De Lièvre 2000].
- à la fonction technique. Le tuteur assure un accompagnement technique [Lebel 1993] et logistique [Forgues 2000] à travers le choix des outils, la gestion logistique et l'assistance technique [Teutsch et al. 2004] [Bernatchez 2003].
- à la fonction organisationnelle et méthodologique. Les interventions tutorales de cette catégorie relèvent de l'accueil et de la mise en route, de l'organisation du travail, de la planification d'activités et l'identification des objectifs d'activités, de l'organisation des sessions et du respect des consignes [Glikman 2011] [Denis 2003] [Daele et Docq 2002].

En résumé, quel que soit le nom donné au tuteur selon le contexte d'apprentissage et la nature du dispositif de formation mis en place, il assure un accompagnement circonstancié et veille au bon déroulement du processus d'apprentissage à travers la régulation de l'activité de l'apprenant. Même si « toutes les fonctions tutorales sont interdépendantes les unes des autres » selon [Guillaume 2009], elles peuvent toutes être considérées « comme paramètre de l'action régulatrice » [Bourdet et Teutsch 2009]<sup>11</sup>. Par conséquent, nous retenons ici le terme générique de **régulateur** pour définir le rôle du tuteur dans son ensemble. Nous considérons que l'activité du tuteur qui consiste à réguler l'activité de l'apprenant englobe toutes les fonctions tutorales nécessaires au bon déroulement du processus d'apprentissage.

### 1.1.2 La régulation de l'activité (de l'apprenant)

L'activité du tuteur qui consiste à réguler l'activité de l'apprenant tient compte des différentes fonctions tutorales qu'il doit exercer en fonction de la nature du dispositif de formation. Dans son sens le plus général, une régulation est définie comme étant « un contrôle rétroactif qui maintient l'équilibre relatif d'une structure organisée ou d'une organisation en voie de construction » [Piaget 1967]. Nous retenons de cette définition l'importance du contrôle de nature rétroactive, inhérent à l'existence d'une régulation. Cela sous-entend que les effets du fonctionnement de la structure ou du système servent au maintien de son équilibre et donc à son bon fonctionnement.

[Leplat 2006a] définit un système de régulation comme étant régi par les écarts de son fonctionnement effectif à son comportement assigné et contrôlé de manière rétroactive.

11. A cet égard, [Bourdet et Teutsch 2009] identifient quatre rôles, que développe le tuteur dans le cadre de ses activités, liés à l'animation, à la ressource, à la parité et à la régulation. Les auteurs constatent la « prédominance du rôle de régulation qui "enchâsse" les trois autres puisque le tuteur peut les considérer comme paramètres de l'action régulatrice ».

Un système de régulation est composé d'un but, d'un comparateur et d'un régulateur. Le composant *but* fixe l'objectif à atteindre ou à obtenir. Le composant *comparateur* évalue l'écart entre le but et le résultat effectif. Le composant *régulateur* vise à définir les actions à entreprendre pour supprimer l'écart.

Le fonctionnement du système produit un certain résultat (conséquence de l'activité<sup>12</sup>). Ce résultat est comparé à l'objectif à atteindre (fixé par le but de la tâche) : cette comparaison se fait sous forme d'une évaluation conditionnant la future exécution qui visera à ramener les résultats près du but assigné.

Cette évaluation dans l'analyse de l'activité peut relever du diagnostic qui conduira à l'élaboration de cette activité c'est-à-dire des actions à mettre en œuvre pour amener le système à l'état souhaité (fonction de régulateur). Il ne s'agit pas seulement de relever un écart mais d'identifier cet écart à son origine (comparaison entre ce que l'apprenant fait et les objectifs visés par l'activité) [Leplat 2006b].

Dans le modèle de régulation proposé par Leplat, l'opérateur fixe le but de l'activité, il évalue le résultat par rapport à ce but (fonction de comparaison) et il traduit cette évaluation en action à entreprendre pour annuler l'écart au but [Leplat 2006a]. Dans l'activité d'apprentissage, il s'agit pour le tuteur d'évaluer l'activité de l'apprenant en fonction des objectifs et d'entreprendre des actions pédagogiques pouvant être de nature remédiate afin d'assurer la bonne réalisation de cette activité. L'écart entre le but (objectif de l'activité) et le résultat effectif (conséquence/résultat de l'activité) constitue l'écart qui détermine l'action à entreprendre par le tuteur en tant que régulateur de l'activité de l'apprenant (figure 1.1).

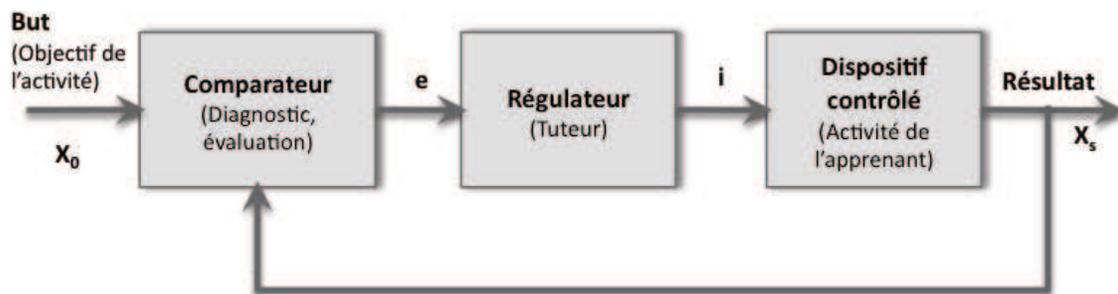


Figure 1.1 – Schéma d'un système de régulation adapté de [Leplat 2006a] dans lequel  $e$  : écart entre l'objectif défini et le résultat de l'activité ;  $i$  : actions entreprises par le tuteur afin d'éliminer l'écart ;  $X_0$  : Objectif défini (résultat attendu) ;  $X_s$  : résultat réel de l'activité.

En résumé, le tuteur, afin d'accompagner l'apprenant dans son processus d'apprentissage, doit s'assurer, en tant que régulateur, de la bonne marche de ce processus à travers la régulation de l'activité de l'apprenant. Cette régulation de l'activité

12. Les conséquences (résultats) d'une activité sont :

- relatives aux conditions externes c'est-à-dire liées à la tâche : ce sont les résultats matériels ou symboliques (facette **productive** de l'activité)
- relatives aux conditions internes c'est-à-dire liées au sujet ; cela peut être la charge de travail, à la santé, la compétence ou la satisfaction (facette **constructive** de l'activité)

Ce modèle de régulation peut servir de base à l'analyse de l'activité dont l'analyste doit être conscient. Il doit en tenir compte pour son intervention.

de l'apprenant nécessite que le tuteur puisse percevoir l'activité de l'apprenant afin de l'évaluer (comparateur) en s'assurant que le résultat de l'activité correspond aux attendus de l'activité. S'il existe un écart entre l'objectif défini et le résultat de l'activité de l'apprenant (une situation critique), le tuteur, en tant que régulateur, doit entreprendre des actions (interventions) afin d'éliminer l'écart. Il remédie ainsi à la situation qui pose problème et s'assure à travers son accompagnement et ses interventions que l'apprenant réalise au mieux son activité. En ce sens, dans [Dillenbourg 2011], l'auteur définit la régulation de l'activité d'apprentissage dans le cadre d'un apprentissage collaboratif en deux phases : la première concerne l'observation des interactions (*monitoring*), dans la deuxième phase de la régulation, « l'intervention est déclenchée si le tuteur détecte un écart entre les interactions observées et souhaitées »<sup>13</sup>.

## 1.2 Fondement théorique sur l'auto-régulation tutorale

Outre sa principale activité qui est de réguler l'activité de l'apprenant, en tant qu'opérateur de la régulation, le tuteur « se gère lui-même en même temps que son action » [Leplat 2006a]. Le fait de se gérer soi-même pour le tuteur est une activité à part entière qui nécessite des planifications, des actions, la mise en place de stratégies, etc. C'est ce que nous appelons auto-régulation tutorale.

À ce stade de notre manuscrit, il convient d'explicitier l'utilisation du terme auto-régulation tutorale. Ici, le suffixe **auto** fait référence, étymologiquement, au grec « *autos* » qui signifie « soi-même ; lui-même » [Robert 2002]. Par conséquent, l'auto-régulation tutorale, dont nous parlons ici, se réfère à la régulation que fait le tuteur de sa propre activité. C'est le terme que nous avons choisi pour traduire en français la notion de « *self-regulation* » que l'on voit dans la littérature anglo-saxonne [Bandura 1977b] [Zimmerman 2000] [Capa-Aydin et al. 2009] [Dimitracopoulou et al. 2004].

Nous définissons dans un premier temps, la notion d'auto-régulation en général, avant de décrire ce qu'est l'auto-régulation tutorale, c'est-à-dire dans le cadre d'une activité de tutorat. Avant d'entamer la description de ce qu'est l'auto-régulation tutorale proprement dite, nous développons dans la section suivante, une explicitation autour de la notion d'auto-régulation.

### 1.2.1 La notion d'auto-régulation

Dans [Zimmerman 2000], l'auteur traite de cette notion d'auto-régulation dans son sens le plus large. Bien qu'il y donne des exemples relatifs à l'éducation (son domaine d'expertise), il donne aussi des exemples dans des domaines totalement différents tels le sport et fait référence à l'auto-régulation comme étant les « *self-generated thoughts, feelings, and actions that are planned and cyclically adapted to the attainment of personal goals.* ». Autrement dit, l'auto-régulation correspond aux pensées, sentiments et actions d'un individu qui les planifie et les adapte cycliquement dans le but d'atteindre ses objectifs personnels.

13. L'auteur souligne l'importance du suivi des interactions comme outil de diagnostic et d'intervention [Dillenbourg 2011] : l'observation est à la base de l'évaluation et de l'intervention.

L'auto-régulation suppose donc la considération de plusieurs facteurs qui interviennent dans sa réalisation, à savoir une planification, une réflexion métacognitive mais aussi des actions dynamiques ; ce qui suppose une capacité d'adaptation et de flexibilité de l'individu tout en restant motivé afin d'assurer l'atteinte des objectifs fixés. En d'autres termes, une personne qui s'auto-régule doit avoir un objectif fixé. Elle planifie, anticipe ses actions en explorant les moyens mis à sa disposition puis contrôle ses actions, son attention, sa motivation en cours de réalisation et enfin évalue les effets de ses actions et les ajuste si besoin.

Dans le domaine de l'éducation, l'entrée liée à l'auto-régulation dans le Grand dictionnaire Terminologique [dictionnaire Terminologique 2012], la définit comme l' « *ajustement par l'élève de ses apprentissages en fonction de la rétroaction qu'il reçoit de l'enseignant ou de ses pairs, de ses résultats ainsi que de ses propres observations.* » Nous relevons dans cette définition un mot qui nous semble principal : l'élève. L'auto-régulation évoquée ici est celle de l'apprenant et cette définition reflète l'existant dans le domaine des sciences de l'éducation puisque la plupart des travaux de recherche menés autour de cette notion se sont focalisés sur l'apprenant. Cela s'explique par le fait que l'apprenant est l'acteur principal du processus d'apprentissage ; l'auto-régulation dont il est lui-même acteur vise ici à développer sa capacité d'autonomie en le laissant gérer son apprentissage, le réguler et en être responsable.

À cet égard, de nombreux travaux de recherche ont été conduits autour des SRL (*Self-regulated Learning*) ou apprentissage auto-régulé. Cet apprentissage se réfère ce qui se met en place, guidé par les pensées, les sentiments, les stratégies et les comportements des apprenants. Ces derniers se focalisent sur les objectifs à atteindre [Zimmerman et Schunk 2001]. Autrement dit, c'est un apprentissage dans lequel l'apprenant opère un suivi et contrôle son apprentissage par la régulation de sa propre cognition, sa motivation, son comportement et de certains aspects de son environnement [Butler et Winne 1995]. A travers les SRL, l'apprenant améliore ses capacités à assumer des tâches complexes, à avoir un certain recul par rapport à son apprentissage et à la tâche à accomplir, à déployer des efforts et à mettre en place des stratégies pour réussir à atteindre ses objectifs et prétendre à une réussite académique [Perry et al. 2006]. Ainsi, l'apprenant est amené à se perfectionner et à gérer son apprentissage et sa compétence en se donnant les moyens à travers sa capacité à mettre en œuvre des stratégies métacognitives et motivationnelles.

L'approche socio-cognitive voit l'auto-régulation comme un processus triadique d'interaction réciproque entre l'environnement, la personne (le sujet) et son comportement [Bandura 1986]. L'individu réagit à l'environnement mais il crée et modifie activement l'environnement et agit dans ce but. À travers l'auto-régulation, un individu adapte ses actions en fonction de ce qu'il considère être un comportement approprié (« *the individual has his own ideas about what is appropriate or inappropriate behavior and chooses actions accordingly* ») [Ormrod 1999]. Cette interaction triadique suppose une auto-régulation comportementale (observation de sa propre activité et ajustement en fonction des performances et des résultats de l'activité), une auto-régulation environnementale (observation et ajustement des conditions environnementales) et une

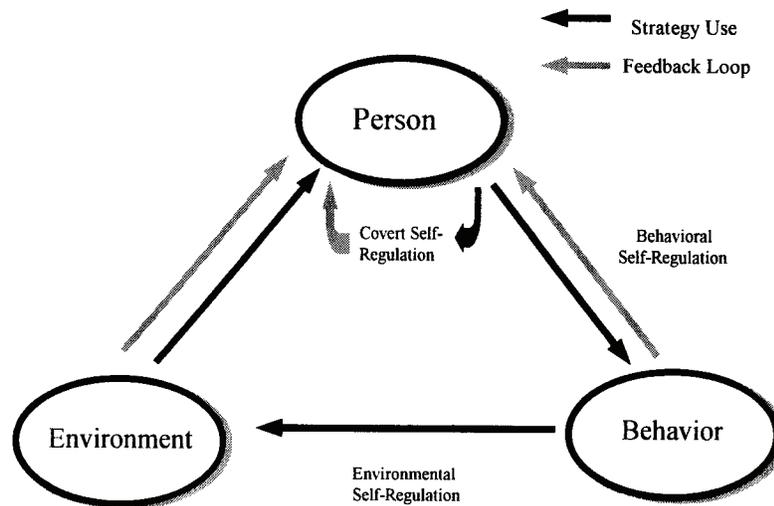


Figure 1.2 – Forme triadique de l'auto-régulation [Zimmerman 1989].

auto-régulation personnelle (suivi et ajustement des états cognitifs et affectifs de l'individu) [Zimmerman 1989].

Dans sa théorie de l'apprentissage social qui vise à une auto-efficacité<sup>14</sup> de l'apprenant, Bandura identifie trois facteurs de l'auto-régulation interne<sup>15</sup> [Bandura 1977b] qui sont :

- le **self-observation** : le suivi de sa propre activité et de ses performances (*self-monitoring*) ;
- le **self-judgment** : l'évaluation de ses propres performances et des conséquences de ses actions ou de son comportement par rapport à un standard personnel ou une norme de référence (c'est-à-dire par rapport aux autres ou à une norme externe) et selon la valeur que l'on donne à la tâche ou aux compétences (habiletés) ;
- la **self-reaction** : la réaction aux résultats d'interprétation de l'évaluation et l'ajustement des stratégies pour atteindre l'objectif fixé à travers l'auto-renforcement (*self-reinforcement*) positif (récompense) ou négatif (punition).

### 1.2.2 L'auto-régulation tutorale

L'auto-régulation tutorale peut être définie comme un processus actif au sein duquel le tuteur gère et entretient sa méta-cognition, sa motivation et ses stratégies pour un enseignement effectif [Capa-Aydin et al. 2009].

L'auto-régulation est un processus cyclique puisque les conséquences (retroactions) antérieures sont utilisées pour effectuer les ajustements lorsque les efforts et les actions sont mis en œuvre pour atteindre l'objectif. Zimmerman la définit comme un processus cyclique qui comporte trois phases (Figure 1.3) [Zimmerman 2000].

14. Bandura traite dans ce travail de la notion de *self-efficacy* se réfère à la conviction pour un individu d'avoir les moyens et les capacités de s'acquitter efficacement de sa tâche afin d'atteindre ses objectifs

15. Bandura identifie l'auto-régulation comme pouvant être de nature interne ou externe [Bandura 1977b]. Les facteurs externes affectant l'auto-régulation peuvent être les récompenses externes (différente de l'auto-récompense, soit l'auto-renforcement positif, qui fait partie de la régulation interne), le soutien du groupe, les standards ou normes de société, etc.

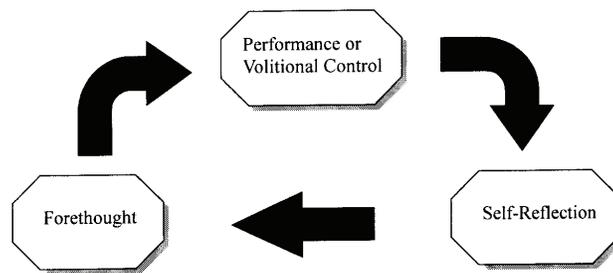


Figure 1.3 – Phases cycliques de l'auto-régulation [Zimmerman 2000].

Ces phases sont reprises et adaptées à l'auto-régulation tutorale :

- **Forethought** inclut des processus nécessaires à la préparation des actions telles que la mise en place des objectifs à atteindre, la planification des stratégies pour les atteindre. Les tuteurs dans cette phase fixent les objectifs spécifiques à atteindre à la fin de la session d'apprentissage [Capa-Aydin et al. 2009]. Comme un résultat des changements des conditions intra-personnelles, inter-personnelles et contextuelles, les individus auto-régulés doivent constamment ajuster et adapter leurs objectifs et le choix de leurs stratégies.

Lors du déroulement de la formation, le tuteur peut adapter les objectifs pédagogiques mis en place au préalable (fixés lors de la phase de planification par l'enseignant-concepteur). Il possède un certain degré de liberté pour adapter de façon dynamique la scénarisation mise en place en amont afin de répondre aux exigences de la situation d'apprentissage. Celle-ci évolue et dépend des besoins des apprenants, lesquels ne peuvent pas tous être prévus et anticipés au préalable [Thorpe 2002] .

- **Performance or volitional control** inclut le *self-control* et le *self-observation*. Le processus de *self-control* consiste à se donner les moyens pour se concentrer sur la tâche à travers les directives personnelles, la formation d'image mentale, la focalisation de l'attention et les stratégies de travail). Le processus de *self-observation* renvoie au suivi que fait un individu de sa propre performance (c'est-à-dire de son activité de tutorat et de ses actions) en tenant compte des conditions qui entourent celle-ci et des effets qu'elle produit.

Le tuteur essaie d'utiliser différentes stratégies pédagogiques durant la session d'apprentissage et change de stratégies lorsque cela est nécessaire [Capa-Aydin et al. 2009].

- **Self-reflection** se compose des processus de *self-judgment* et *self-reaction*. La partie *self-judgment* fait référence à l'évaluation par un individu de ses propres performances en attribuant une signification causale aux résultats, c'est-à-dire en comparant les informations observées à un standard ou aux objectifs fixés préalablement. Il y a une comparaison de la performance courante aux résultats de celles issues d'un comportement antérieur.

La partie *self-reaction* implique les perceptions d'une satisfaction ou non et associe l'affect à la performance d'un individu; cela est important car les personnes poursuivent des actions qui engendrent une satisfaction ou un affect positif [Bandura 1991]. D'autre part, les tuteurs évaluent l'effectivité de leur travail en

se fondant sur la comparaison avec leur performance antérieure, les retours des apprenants, et en fonction des objectifs mis en place préalablement. En conséquence, les tuteurs développent une réponse comportementale, cognitive et affective.

L'auto-réaction affecte les processus de *forethought* et a une influence sur les actions futures de manière cyclique.

L'auto-régulation est une forme de régulation dont l'opérateur (régulateur) est l'individu (le tuteur) lui-même. Ainsi, les prises d'informations sur la valeur de ses propres activités et sur l'environnement lui permettent de contrôler sa progression vers l'atteinte de ses objectifs, d'évaluer et d'ajuster ses conduites, en comparaison aux normes externes ou intériorisées [Bandura 1997]. Une rétroaction en provenance de ses propres actions et l'observation des effets produits par l'activité permet un tel contrôle.

La gestion du contrôle de la régulation se fait par le tuteur lui-même à travers des stratégies d'adaptabilité et d'autocontrôle qui lui permettent, en jouant le rôle d'**auto-régulateur** de sa propre activité, d'ajuster ses comportements jusqu'à l'atteinte de l'objectif et de s'adapter aux changements [Agran 1997].

En éducation cognitive, l'auto-régulation est intégrée à la métacognition qui renvoie à la capacité d'un sujet à connaître et contrôler son propre fonctionnement cognitif. Les deux composantes de la métacognition sont les connaissances métacognitives qui se rapportent à l'individu, à la tâche et aux stratégies et l'auto-régulation métacognitive qui correspond à la planification des activités en cours de réalisation et à la vérification au fur et à mesure des résultats obtenus [Nader-Grosbois 2007]. Ainsi, l'auto-régulation permet de tenir le miroir de manière à ce que les enseignants puissent voir ce qu'ils font lorsqu'ils enseignent dans le but d'améliorer leurs performances dans leurs actes d'enseigner et de poursuivre leur développement professionnel [Acheson et Gall 1993].

Dans le cadre de leur développement professionnel, l'apprentissage intentionnel des enseignants implique [Butler 2005] :

- une auto-régulation de manière réflexive de l'apprentissage de l'enseignement ; c'est-à-dire qu'il y a une construction de nouvelles connaissances, croyances et conceptions à propos de l'enseignement (coordination entre cadre théorique et réflexion sur sa propre pratique) ;
- une auto-régulation de leurs pratiques d'enseignement qui engendre une construction de stratégies pédagogiques en fonction des objectifs spécifiques de l'activité. Les enseignants les mettent en œuvre, font un suivi des résultats et ajustent leur enseignement en conséquence [Capa-Aydin et al. 2009].

Un enseignant auto-régule son enseignement en fonction de son interprétation des buts. C'est en effet par rapport à ces derniers qu'il sélectionne des stratégies pédagogiques et assurent le suivi de son travail. Ainsi, un développement professionnel significatif doit être soutenu<sup>16</sup> selon [Butler 2005].

16. Il s'agit de soutenir le développement professionnel des enseignants à travers ces 3 recommandations : (1) soutien dans le cadre de la coordination de cadre théorique par la réflexion sur la pratique, (2) faciliter l'auto-régulation de l'enseignement par les recherches collaboratives ancrées dans des activités authentiques (travail collectif pour définir des buts communs et articuler les stratégies pédagogiques) et (3) soutien pour que les enseignants révisent leurs prises de décisions *in situ* ; c'est lorsque les enseignants sont forcés de prendre différents types de décision pédagogiques qu'ils interprètent l'implication de la théorie et changent leurs pratiques éducatives.

L'auto-régulation tutorale touche aux stratégies pédagogiques mises en place pour accompagner l'apprentissage [Capa-Ayudin et al. 2009]. Elle nécessite une réflexion méta-cognitive qui est certes « *difficult to accomplish [...] during the interaction/activity itself* »<sup>17</sup> [Harrer et al. 2004]. Cependant, elle doit être soutenue afin de permettre au tuteur de prendre conscience de son activité, de ses processus et de ses actions afin de les évaluer [Dimitracopoulou et al. 2004].

Durant l'interaction, le tuteur a besoin d'informations sur l'activité de l'apprenant afin de l'évaluer ou de faire un diagnostic ; la perception de l'activité de l'apprenant lui permet de diagnostiquer d'éventuelles difficultés cognitives ou des misconceptions, d'identifier le processus de raisonnement ou comportemental de l'apprenant ou d'évaluer l'activité en fonction de son adéquation avec l'objectif visé. Outre ce besoin d'informations lié à l'activité de régulation de l'activité de l'apprenant, le tuteur a aussi besoin d'informations pour prendre conscience de ses interventions (« *be aware of their own interventions* ») [Harrer et al. 2004] et pour évaluer ses propres stratégies pédagogiques afin de les ajuster, si besoin en en développant de nouvelles.

### 1.3 Description des processus liés aux activités du tuteur

À partir de l'étude menée dans les sections précédentes, concernant la régulation de l'activité de l'apprenant et de l'auto-régulation tutorale, nous déduisons une explicitation des activités du tuteur et nous proposons, **TeAMo (Teachers' Activities Model)**, une description des processus liés à ces deux activités combinées.

Nous proposons, dans cette section, une description des processus liés aux deux activités du tuteur que nous avons identifiées. Cette description présente deux boucles de régulation : la première liée à la régulation de l'activité de l'apprenant et la deuxième liée à la régulation de l'activité du tuteur. Dans ces régulations, le tuteur est l'opérateur. Par conséquent, il exerce le contrôle des rétroactions et s'assure de l'équilibre du fonctionnement de la structure [Lekira et al. 2010].

La figure 1.4 présente la description, d'une part, du processus lié à la régulation de l'activité de l'apprenant (processus 1) et, du processus lié à de l'auto-régulation tutorale (processus 2) d'autre part. Une double boucle de régulation est présente dans cette description et le processus 1 sert d'entrée au processus 2 : ce qui montre l'interaction entre les deux activités du tuteur : l'auto-régulation tutorale dépend du résultat de la régulation de l'activité de l'apprenant.

Les processus de régulation nécessite la fixation d'un but [Leplat 2006a] et ce, afin de pouvoir entamer, lors de la comparaison, l'évaluation de l'écart entre l'objectif fixé et le comportement réel ou le résultat de l'activité. Cette tâche consiste pour le tuteur à élaborer en amont un "plan d'attaque" à travers la fixation des objectifs liés à l'activité ou la prise de connaissance de la scénarisation envisagée par l'enseignant-concepteur. Par ailleurs, cette phase préparatoire à l'activité de régulation, comme nous la décrivons ici, sert au

17. Cette réflexion méta-cognitive nécessite un temps de réflexion afin de pouvoir prendre du recul. Elle peut s'effectuer seule ou avec l'équipe pédagogique ou bien avec des chercheurs dans une perspective de développement professionnel [Butler 2005].

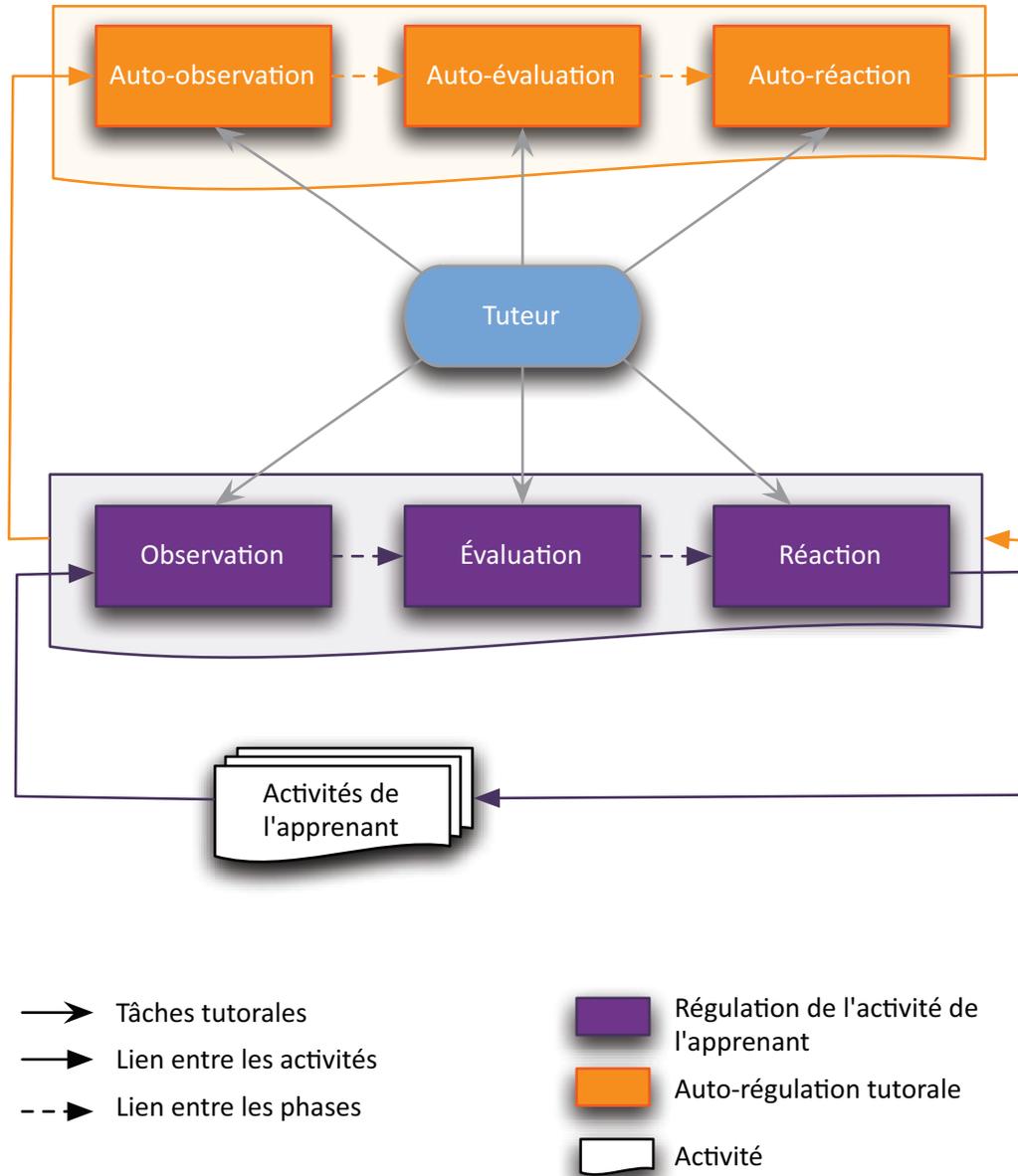


Figure 1.4 – Description des processus cycliques de régulation de l'activité de l'apprenant et d'auto-régulation tutorale.

tuteur à planifier les stratégies qu'il veut mettre en œuvre en vue d'atteindre les objectifs (« *Forethought* » [Zimmerman 2000]).

Le processus de régulation de l'activité de l'apprenant est cyclique. Il comporte trois phases qui se définissent comme suit :

- **la phase d'observation** dans laquelle le tuteur effectue un suivi et une supervision de l'activité de l'apprenant ;
- **la phase d'évaluation** dans laquelle le tuteur vérifie que l'activité de l'apprenant correspond aux objectifs de la tâche ou de l'activité ;
- **la phase de réaction** dans laquelle le tuteur intervient en adoptant une stratégie de remédiation guidée par une intention d'intervention qui tient compte du contexte d'apprentissage.

De même, le processus d'auto-régulation tutorale est cyclique et comporte trois phases qui se définissent comme suit :

- **la phase d'auto-observation** dans laquelle le tuteur observe ses interventions et leurs effets ;
- **la phase d'auto-évaluation** dans laquelle le tuteur vérifie si ses interventions ont eu les effets escomptés, c'est-à-dire si les effets de ses interventions correspondent à son intention initiale (i.e. l'intention d'intervention du tuteur lors de la phase de réaction dans le cycle de régulation) ;
- **la phase de (auto-)réaction** dans laquelle le tuteur prend acte de ses interventions effectives et remet en cause celles qui ne l'ont pas été en adoptant une nouvelle stratégie de remédiation. Le tuteur acquiert une certaine expertise et s'appuie sur son savoir-faire pour le choix de ses interventions et des stratégies de remédiation.

Ce modèle nous permet d'explicitier les phases liées aux activités que le tuteur est amené à gérer de manière concomitante [Lekira 2010]. Notre objectif qui est d'apporter une assistance informatique au tuteur lorsqu'il régule sa propre activité et celle de l'apprenant, en particulier, nous voulons rendre compte au tuteur des effets de son intervention. Cela consiste à fournir une aide au tuteur au niveau de son auto-évaluation. Pour cela, nous voulons instrumenter cette phase, ce qui implique de pouvoir faire un suivi d'une intervention tutorale et de ses effets. Or, la double boucle de régulation (*cf.* fig.1.4), qui inclut une imbrication de la boucle de régulation de l'activité de l'apprenant dans celle de l'auto-régulation tutorale, nécessite que l'on ait des informations sur la régulation de l'activité de l'apprenant afin de pouvoir alimenter l'entrée de la boucle d'auto-régulation (*cf.* fig.1.4).

Pour obtenir ces informations, dans le cadre d'un tutorat médiatisé, l'instrumentation de processus de régulation est nécessaire. À cet égard, des travaux de recherche ont été menés autour de la perception de l'activité de l'apprenant ; ils ont abouti à la conception de modèles et d'outils permettant au tuteur d'assurer un suivi de l'activité de l'apprenant, de l'évaluer et d'agir lorsque les circonstances l'exigent.

## 1.4 Instrumentation des activités du tuteur

Dans cette section, nous présentons des environnements permettant une supervision de l'activité de l'apprenant. L'objectif est de voir parmi les outils et fonctionnalités existants ceux qui répondent aux objectifs d'instrumentation du modèle TeAMo.

Après une présentation de certains de ces outils, nous entamons une discussion autour des différentes fonctionnalités permettant d'assurer l'instrumentation du modèle TeAMo.

### 1.4.1 Outils support à la régulation de l'activité de l'apprenant

#### 1.4.1.1 ESSAIM : un environnement pour le Suivi d'Activités d'Apprentissage à Distance

L'environnement ESSAIM (Environnement de Suivi pédagogique Synchronique d'Activités d'apprentissage Médiatisées) a été mis en place dans le cadre de travaux pratiques en robotique en se fondant sur le modèle SAAD (Suivi d'Activités d'Apprentissage à Distance). [Després 2001] décrit dans le modèle SAAD les fonctionnalités à intégrer dans un environnement de Suivi Pédagogique Synchronique (SPS) à travers trois composantes :

- la perception de l'activité de l'apprenant distant qui se traduit par la consultation de la représentation du parcours, du détail des actions et des productions de l'apprenant ainsi que des avertissements relatifs à la situation d'apprentissage, générés par le système ;
- le soutien à l'apprenant qui se traduit par la communication et le partage de l'espace de travail entre le tuteur et l'apprenant mais aussi par l'assistance informatique que le tuteur apporte à l'apprenant ;
- la gestion de l'activité de suivi par le tuteur qui se traduit par l'identification de ses apprenants, la gestion des appels, l'annotation de ses interventions et la consultation de l'historique de ses interventions.

La composante gestion de l'activité de suivi a été la réponse à un besoin des tuteurs. Elle a permis d'intégrer des fonctionnalités spécifiques supportant l'activité de tutorat dans le système. D'une part, cette assistance permet au tuteur de réguler l'activité de l'apprenant à travers l'identification des apprenants (liaison des informations fournies par le système à l'apprenant concerné) et de la gestion des appels grâce à un outil d'aiguillage si le tuteur est indisponible. D'autre part, elle lui permet aussi de gérer sa propre activité de tutorat en ayant la possibilité de consulter l'historique de ses interventions pour ne pas confondre par exemple, un apprenant déjà visé par une intervention avec un autre (confusion de personnes et d'interventions) et d'annoter ses interventions par un commentaire concis résumant le contenu de celle-ci.

ESSAIM est composé de deux environnements : un environnement apprenant et un environnement tuteur. La figure 1.5 présente l'interface de l'environnement tuteur, laquelle est composée d'un espace « Classe virtuelle » et d'un espace « Apprenant » qui permet au tuteur de percevoir l'activité de l'apprenant à travers des indicateurs tels que le parcours de l'apprenant (c'est-à-dire son avancement, ses allers retours), le temps passé à la réalisation d'une tâche, le degré d'interaction (c'est-à-dire le nombre d'actions élémentaires réalisées par l'apprenant et ayant une relation avec l'activité), le détail de l'activité de l'apprenant (c'est-à-dire une suite d'actions réalisées par l'apprenant).

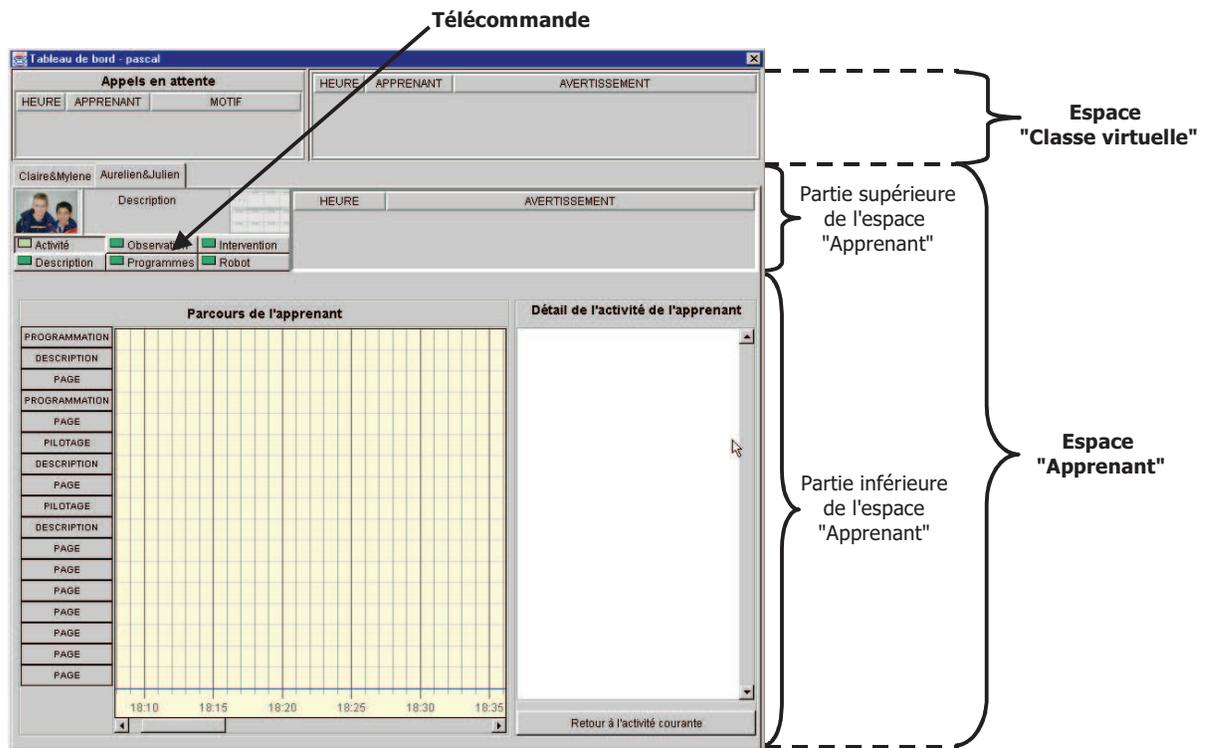


Figure 1.5 – Interface tuteur dans ESSAIM [Després 2001].

L'accès à ces indicateurs dans ESSAIM donne au tuteur un aperçu de l'activité de l'apprenant et de sa situation par rapport au reste du groupe. L'activité de régulation exercée par le tuteur, fondée sur ces indicateurs lui permet d'intervenir pour soutenir l'apprenant lorsqu'il est alerté sur l'existence des situations d'apprentissage particulières ou critiques par les avertissements générés par le système, après une analyse des traces issues de l'activité de l'apprenant. Ces avertissements peuvent être relatifs soit à un événement qui n'est pas a priori un obstacle à la bonne réalisation de l'activité (niveau vert), soit à un incident susceptible de créer des difficultés pour la bonne réalisation de l'activité (niveau orange), soit à un incident critique pouvant nuire à la bonne réalisation de l'activité (niveau rouge).

#### 1.4.1.2 FORMID : un outil de supervision de l'avancement d'apprenants engagés dans une activité scénarisée

Le projet FORMID (FORmation Interactive à Distance) a été institué pour permettre au tuteur de créer et d'adapter des SAA (Situations Actives d'Apprentissage) en lui fournissant des moyens pour suivre les activités scénarisées d'une classe virtuelle et de gérer ces SAA [Guéraud et al. 2004]. L'environnement FORMID a été mis en place dans le cadre d'activités de travaux pratiques fondés sur des simulations. C'est un outil permettant une supervision de l'activité de l'apprenant en mode synchrone aussi bien qu'asynchrone. FORMID est composé de trois outils :

- FORMID-Auteur permet la création de SAA grâce à des Objets Pédagogiques Interactifs (simulations) à travers la conception de scénarios pédagogiques et la description des

- séances de TP et des scénarios ;
- FORMID-Elève est utilisé par les apprenants pour exécuter le scénario pédagogique. La collecte des informations a été réalisée sous forme de traces prédéfinies en évaluant les productions des apprenants et en détectant des situations particulières lors de l'exécution du scénario (composé de plusieurs étapes à valider) ;
  - FORMID-Suivi fournit au tuteur un outil de supervision en temps réel afin de percevoir les difficultés d'un apprenant ou d'un groupe d'apprenants.



Figure 1.6 – Interface tuteur dans Formid Suivi [Guéraud et al. 2004].

L'environnement de supervision FORMID-Suivi fournit au tuteur des « *indicateurs de haut niveau, sémantiquement riches, et en concordance avec ce qu'il cherche à diagnostiquer* » [Guéraud et al. 2009b]. Ces indicateurs donnent au tuteur des informations sur le parcours global d'un apprenant, sur sa progression dans un exercice, sur sa production à chaque étape du scénario ou encore sur le niveau de difficulté d'un exercice pour un groupe.

Dans [Guéraud et al. 2009b], FORMID-Suivi offre trois niveaux de visualisation qui permettent au tuteur d'assurer un suivi de la classe virtuelle, avec un degré de granularité plus ou moins fin et détaillé, de la progression et de l'avancement du groupe dans la réalisation d'une activité dans le scénario. Le tuteur peut avoir une visualisation synthétique de l'ensemble des apprenants (niveau 1), une visualisation des apprenants à une étape donnée (niveau 2) et une visualisation de la progression d'un apprenant donné dans une étape (niveau 3). Ainsi, lors de situations particulières telles que le taux de progression faible d'un apprenant par rapport au reste du groupe, le tuteur peut intervenir pour réguler l'activité de l'apprenant en communiquant avec lui *via* le chat par exemple. Ces différentes vues donnent la possibilité au tuteur d'identifier différentes situations intéressantes comme les écarts de progression entre les apprenants, de détecter les erreurs typiques ou récurrentes faites par un apprenant ou par un ensemble d'apprenants, ou encore d'appréhender la démarche utilisée par l'apprenant pour résoudre un problème.

### 1.4.1.3 CAF : un outil de supervision en temps réel dans un contexte d'apprentissage collaboratif

[Fesakis et al. 2004] s'intéressent au rôle du tuteur dans un contexte d'apprentissage collaboratif. A cet égard, un outil de supervision visant à permettre au tuteur d'observer les interactions des apprenants en temps réel a été mis en place. L'outil de supervision CAF (*Collaborative Activity Function*) assiste le tuteur dans le suivi simultané de groupes d'apprenants engagés dans une activité collaborative. Des indicateurs sont fournis au tuteur, à travers différentes vues graphiques. La figure 1.7 présente l'interface utilisateur de CAF concernant la collaboration de trois apprenants et d'un tuteur sur près d'une heure d'activité.

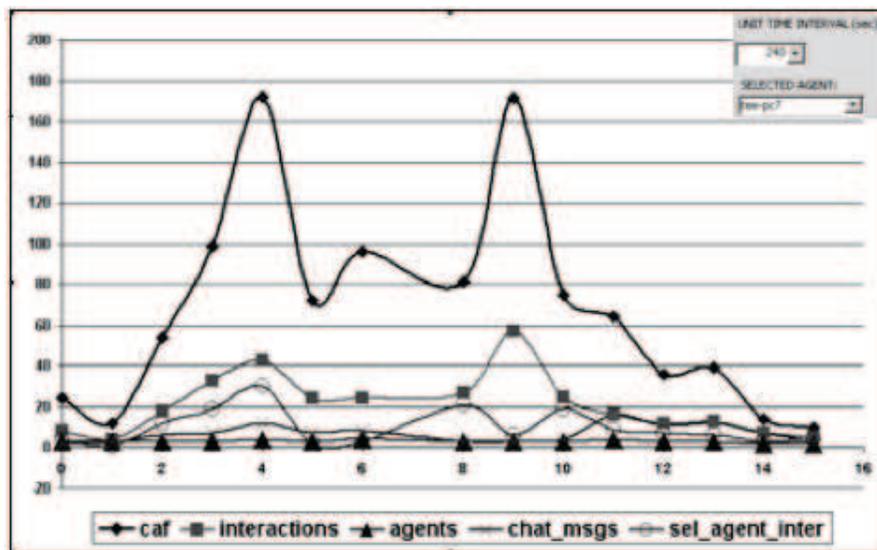


Figure 1.7 – Interface utilisateur de l'outil CAF [Fesakis et al. 2004].

Ces indicateurs permettent au tuteur de visualiser rapidement le niveau et la qualité de collaboration et la progression du groupe d'agents.

Le tuteur a ainsi la possibilité d'évaluer le niveau et la qualité de la collaboration ainsi que la contribution des apprenants. Le tuteur peut ainsi détecter les points nécessitant une attention particulière et choisir le bon moment pour intervenir [Dimitracopoulou et al. 2004].

### 1.4.1.4 CourseVis et Gismo : outils de visualisation d'indicateurs sur des aspects cognitifs, sociaux et comportementaux de l'apprenant

Dans un contexte de tutorat à distance, CourseVis offre au tuteur un outil de visualisation d'indicateurs sur des aspects cognitifs, sociaux et comportementaux de l'apprenant. À partir des traces issues de logs de CMS (*Course Management System*), en l'occurrence [WebCT], cet outil génère différentes représentations graphiques d'informations sur l'apprenant et son activité afin de tenir le tuteur informé de ce qui se passe réellement dans la classe virtuelle.

Les indicateurs fournis par CourseVis donnent au tuteur des informations sur l'apprenant et son activité sur des aspects :

- cognitifs tels que la performance globale dans le cours, le niveau de connaissance atteint pour chaque concept du cours, la progression d'un apprenant par rapport aux autres (Figure 1.8) ;
- sociaux tels que la participation dans les discussions, la participation dans le travail du groupe ;
- comportementaux tels que l'accès aux cours, la progression dans le planning du cours, la lecture des supports de cours, la performance dans les épreuves d'évaluation.

Ces indicateurs permettent au tuteur d'identifier certaines tendances qui peuvent apparaître dans la classe ou de détecter rapidement les apprenants en situation de difficulté nécessitant une attention particulière.

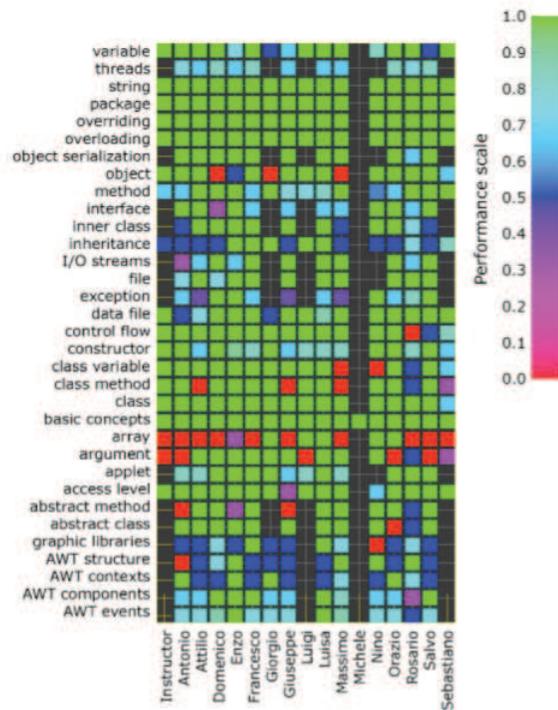


Figure 1.8 – Matrice cognitive : visualisation des performances des apprenants sur des concepts du domaine d'apprentissage dans CourseVis [Mazza et Dimitrova 2007].

Les informations fournies sont considérées par le tuteur comme utiles pour gérer les cours à distance. Les représentations graphiques fournies dans CourseVis aident le tuteur à identifier assez tôt, voire à prévenir certains problèmes relatifs à l'apprentissage à distance comme par exemple un apprenant qui ne communique pas et qui se sent isolé, ce qui pourrait conduire à une absence de progression dans son apprentissage ou à un abandon [Mazza et Dimitrova 2007]. En se fondant sur ces informations, le tuteur peut cibler certains aspects de l'activité de l'apprenant pour réagir et pallier les situations critiques.

Par ailleurs, une évaluation empirique a été menée dans [Mazza et Dimitrova 2004], dans laquelle, d'une part, les informations fournies par le système sont considérées par

les tuteurs comme utiles pour gérer les cours à distance à travers un suivi et une régulation de l'activité de l'apprenant. D'autre part, ces mêmes tuteurs ont trouvé que les graphiques fournies par le système aide à la réflexion (« *these graphics help you think* » [Mazza et Dimitrova 2004]). Ainsi, ces informations fournies encouragent les tuteurs à avoir une démarche réflexive sur leurs pratiques tutorales et les incitent à évaluer leurs propres activités (auto-régulation tutorale).

Sur la base des retours issus de l'évaluation [Mazza et Dimitrova 2004] provenant des utilisateurs, GISMO [Mazza et Botturi 2007], est un outil de suivi et de visualisation d'indicateurs qui a été conçu pour la plateforme Moodle [Moodle 2012]. Cet outil, comme CourseVis, offre au tuteur des représentations graphiques sur différents aspects de l'activité de l'apprenant. La différence réside dans le fait que GISMO est adaptable et exploite uniquement les visualisations que le tuteur trouve intéressantes pour ses activités. Cette visualisation flexible et adaptable permet au tuteur de faire un suivi permanent et ciblé des activités de l'apprenant, de leur engagement et des résultats de l'apprentissage.

## 1.4.2 Discussion

Les différents outils décrits précédemment ont pour objectif d'apporter une aide au tuteur lorsqu'il accompagne l'apprenant dans la réalisation de son activité. Ils offrent au tuteur différentes fonctionnalités qui lui donnent la possibilité d'assurer la régulation de l'activité de l'apprenant, telle que nous l'avons décrite dans la section 1.3, au moyen d'indicateurs. Les indicateurs servent ainsi au suivi de l'activité de l'apprenant et contribuent à l'évaluation de cette activité, permettant ainsi au tuteur d'intervenir si besoin. Dans cette section, notre objectif est d'entamer une discussion autour de ces travaux en terme d'instrumentation à travers les trois phases du processus de régulation du modèle TeAMo : l'observation, l'évaluation et la réaction.

### 1.4.2.1 Aide à l'observation et au suivi de l'activité de l'apprenant

Pour pouvoir assurer un suivi de l'activité de l'apprenant, différentes fonctionnalités, permettant de percevoir cette activité, sont intégrées aux EIAH pour offrir au tuteur différentes vues de l'activité de l'apprenant.

Le parcours de l'apprenant donne au tuteur la possibilité d'obtenir des informations sur l'état d'avancement de l'apprenant [France et al. 2007], sur sa progression [Mazza et Botturi 2007] [Laperrousaz 2006] qui peut être vue par rapport à la progression du reste de la classe [Guéraud et al. 2009b] (figure 1.9) [France et al. 2007], sur la progression globale du groupe auquel il appartient [Laperrousaz 2006], sur le cheminement qu'il suit ainsi que ses éventuels allers-retours [Després 2001]. Dans le cadre d'une activité collaborative, le suivi s'effectue au niveau de la progression individuelle des apprenants mais aussi au niveau de la progression du groupe

La visualisation des actions détaillées de l'apprenant permet au tuteur d'obtenir le séquençage détaillé des actions de l'apprenant. Par exemple, dans l'environnement ESSAIM, les actions de l'apprenant sont liées à son parcours [Després 2001] (figure 1.10).



Figure 1.9 – Visualisation de Formid-Suivi Niveau 1 [Guéraud et al. 2009a].

Ainsi, le tuteur peut avoir accès à la démarche utilisée par l'apprenant pour résoudre son problème ou pour concevoir sa production.

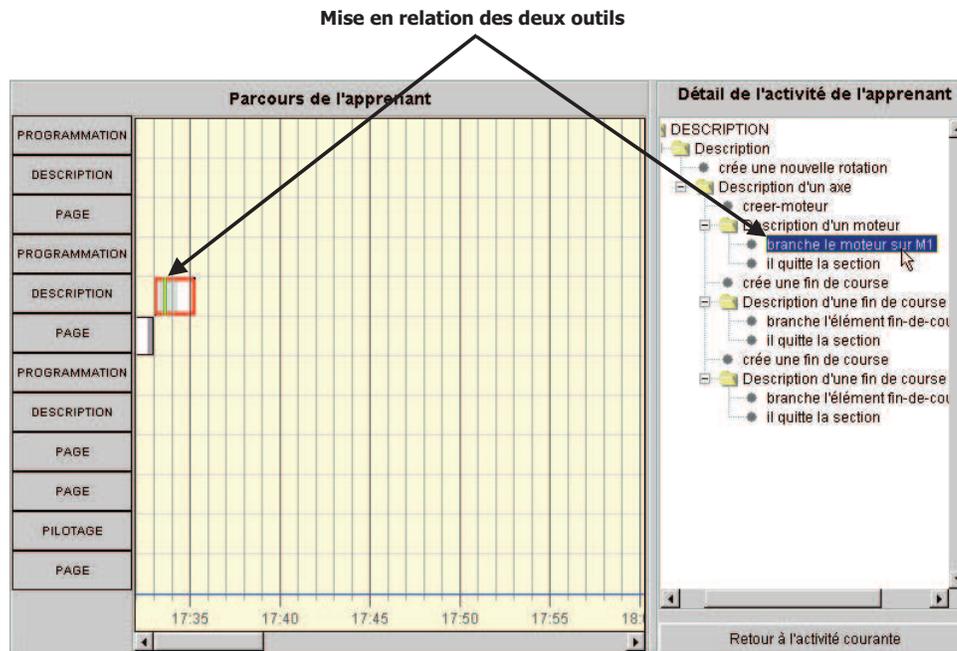


Figure 1.10 – Liaison de la fonctionnalité « détail des actions » à la fonctionnalité « parcours » [Després 2001].

Les productions de l'apprenant sont le résultat de l'activité de l'apprenant au cours de sa réalisation. Les productions sont le résultat des actions de l'apprenant à un moment donné. Elles doivent être contextualisées afin de permettre au tuteur d'appréhender le cheminement de la réalisation de cette production. Les productions de l'apprenant peuvent servir de fondement à l'évaluation que le tuteur doit faire de l'activité de l'apprenant. Par exemple, dans [Laperrousaz 2006], pour le suivi individuel d'un apprenant engagé dans une activité collective, le tuteur a une vue de la production du groupe (suivi du travail collectif), de la participation de chaque apprenant pour la réalisation de cette production (suivi du travail individuel). Il peut ainsi évaluer l'implication de chaque apprenant pour la

réalisation de la tâche commune.

Par ailleurs, en terme d'observation de l'activité de l'apprenant, nous pouvons aussi citer les tableaux de bord qui peuvent servir de gestionnaire de l'activité de l'apprenant [Temperman et al. 2007] [Teutsch et al. 2004]. En proposant une visualisation globale de cette activité à partir d'un agencement d'informations qui permet au tuteur d'accéder aux détails de l'activité (déroulement de l'activité de l'apprenant [Laroussi 2009] [Temperman et al. 2007], ces travaux rendent patent la progression de la réalisation de l'activité de l'apprenant [Charles et al. 2003]).

### 1.4.2.2 Aide à l'évaluation de l'activité de l'apprenant

Deux principales fonctionnalités relèvent de l'évaluation : le diagnostic et les alertes.

Le diagnostic sert à vérifier la concordance entre ce que fait l'apprenant et ce qu'on attend de lui. Cela se fait à partir de l'analyse de l'activité de l'apprenant ou des productions réalisées en comparant la production de l'apprenant à la production de référence ou la production des autres apprenants ou encore à la vérification de l'exactitude de la démarche utilisée par l'apprenant pour résoudre son problème. Par exemple, dans Formid-Suivi [Guéraud et al. 2009b], le diagnostic est utilisé pour détecter les erreurs typiques ou récurrentes d'un apprenant. Il sert également à déceler l'apparition de certaines tendances dans la réalisation de l'activité [Mazza et Dimitrova 2004].

Le diagnostic instrumenté (diagnostic automatique) est effectué, la plupart du temps, à partir des productions de l'apprenant [Khider et al. 2011] [Auxepaules 2009]. Le résultat du diagnostic va permettre une évaluation de l'activité ou de la production pour ainsi servir à déterminer si la réalisation de l'apprenant est correcte, à identifier les stratégies mises en œuvre pour cette réalisation, à détecter les éléments non conformes dans les actions de l'apprenant, à identifier ses conceptions, etc.

Les alertes informent le tuteur des situations susceptibles de l'intéresser dans l'activité de l'apprenant et notamment des situations critiques [Després 2001]. Les alertes sont envoyées au tuteur en fonction du résultat du diagnostic réalisé sur l'activité de l'apprenant (ses productions, sa démarche de résolution de problème, etc.). Le tuteur n'est interpellé que sur des situations susceptibles de l'intéresser. Compte tenu du fait qu'il ne gère pas un seul apprenant, l'avantage de cette fonctionnalité est double puisqu'elle permet au tuteur de gagner du temps et de le décharger d'une partie de son travail ; le tuteur n'a pas à aller déduire les informations de l'activité de l'apprenant<sup>18</sup>, ce qui lui évite une surcharge cognitive.

Cependant, la simple consultation des alertes comme dans Formid-Suivi [Guéraud et al. 2009b] et ESSAIM [Després 2001] peut ne pas être suffisante. L'analyse et l'observation des expérimentations menées ont montré qu'une contextualisation et une hiérarchisation des alertes semblent utiles. En effet, la gestion chronologique de l'apparition des alertes n'est pas suffisante puisque leur degré d'urgence varie selon la

18. D'après [Labat 2002], le tuteur a besoin d'informations ciblées sur l'activité de l'apprenant afin de réduire le temps qu'il passe à visualiser et à analyser l'activité de l'apprenant ; temps de visualisation et d'analyse qui peut devenir « vite rédhibitoire » car *chronophage*.

nature de la situation dont elles rendent compte. La prise en charge par le tuteur de ces situations doit donc se faire en conséquence<sup>19</sup>. La contextualisation des alertes peut éviter un effort cognitif inutile au tuteur.

### 1.4.2.3 Aide à la réaction

L'instrumentation de la phase de réaction consiste à accompagner l'action du tuteur lorsqu'il intervient, soit en interagissant directement avec l'apprenant, soit en intervenant directement sur l'activité de l'apprenant elle-même.

L'intervention directe du tuteur auprès d'un apprenant se fait *via* des outils de communication [Després 2001] [Guéraud et al. 2004] qui peuvent être de type audio (*e.g.* ToIP<sup>20</sup>, ...), textuel (*e.g.* chat, envoi de message, courriel, forum ...) ou audiovisuelle (*e.g.* visioconférence, ...). La possibilité de combiner les outils d'interactions permet au tuteur d'interagir de manière plus riche avec l'apprenant. Ainsi, le tuteur peut, selon le contexte de leur interaction et la nature de la situation qu'il va traiter avec l'apprenant, privilégier l'utilisation de l'un ou l'autre de ces outils de communication [Quintin 2008]<sup>21</sup>.

L'action du tuteur sur l'activité se fait à travers un partage de l'espace de travail [Després 2001] ou une modification du scénario pédagogique afin de permettre au tuteur d'agir sur les objets pédagogiques que l'apprenant manipule (*e.g.* le surlignage d'un paragraphe dans la rédaction de l'apprenant ou l'ajout d'un problème supplémentaire à résoudre). Lors de cette action directe du tuteur sur l'activité de l'apprenant, ce dernier est mis au courant de ce qui a été fait par le tuteur. Toutefois, il n'y a pas d'interaction directe entre le tuteur et l'apprenant.

### 1.4.2.4 Bilan

À travers l'étude des travaux relatifs aux outils support à la régulation de l'activité de l'apprenant, l'instrumentation de ce processus de régulation tel que nous l'envisageons dans la section 1.3, peut être assurée par les différents outils et fonctionnalités décrits précédemment. Cependant, en terme d'instrumentation du processus d'auto-régulation tutorale, l'existence d'outils et fonctionnalités spécifiques fait défaut et ce, malgré des tentatives, en terme de support à l'action d'intervention à travers la gestion des alertes, les outils de communication ou encore la possibilité d'annoter les interventions [Després 2001]. En effet, dans [Fesakis et al. 2004], les auteurs ont mené une étude empirique et ont noté que les tuteurs ont pu réguler, *a posteriori*, leurs stratégies en se fondant sur des informations dérivées de l'outil CAF après une analyse méta-cognitive ; cela leur permettait par exemple, de s'auto-réguler, de planifier de nouveaux groupes. Le tuteur s'auto-régule, néanmoins il n'a pas d'information directe pour le faire, il doit déduire lui-même ce dont il a

19. Prenons par exemple, un apprenant A1 qui est à la question 4 et qui déclenche une alerte à T1 et un autre apprenant A2 qui se trouve à la question 1 et qui déclenche une alerte à T1 + t. Il est évident que compte tenu de l'avancement de A2, le tuteur a intérêt à prendre en charge A2 plutôt que A1 en premier.

20. *Telephone Over IP*

21. À travers les expérimentations menées dans le cadre de notre travail, nous avons pu constater que les tuteurs ayant à leur disposition deux modalités d'interaction avec l'apprenant (l'envoi de message textuel et la conversation audio) utilisaient les envois de messages pour des interventions simples de type rappel de consignes qui n'engageaient pas de processus cognitifs lourds. Des lors que la situation nécessitait un accompagnement pour une réflexion métacognitive pour l'apprenant sur des concepts-clés, le tuteurs utilisaient l'outil de conversation bidirectionnelle.

besoin à partir des indicateurs de l'activité de l'apprenant, ce qui accroît sa charge cognitive. Notre objectif est précisément de pallier ce manque en proposant au tuteur d'une part, des indicateurs sur l'activité de l'apprenant afin qu'il puisse la réguler et d'autre part, à partir de ces indicateurs, de déduire des informations sur les effets de l'intervention tutorale afin que le tuteur puisse s'auto-réguler. Nous faisons cela à travers une approche fondée sur les indicateurs que nous présentons dans le chapitre suivant.

## 1.5 Conclusion du chapitre

Nous avons présenté dans ce chapitre un large éventail de notions touchant aux activités tutorales et notamment, la régulation de l'activité de l'apprenant et l'auto-régulation tutorale. À partir d'études théoriques en Sciences de l'éducation et en Informatique, nous avons proposé TeAMo, un modèle qui établit une description, au travers de deux boucles de régulation, des processus liés à la régulation de l'activité de l'apprenant et l'auto-régulation tutorale.

Ce modèle a pour objectif d'explicitier et de spécifier les processus mis en œuvre lorsque le tuteur gère l'activité de l'apprenant et sa propre activité de tutorat.

Nous avons pu voir dans les travaux de recherche existants que des outils et des fonctionnalités répondent aux objectifs d'instrumentation du modèle TeAMo, notamment au niveau de la régulation de l'activité de l'apprenant au moyen d'indicateurs.

Pour rendre compte au tuteur des effets de ses interventions et répondre au besoin d'instrumentation du processus d'auto-régulation tutorale (phases d'auto-observation et auto-évaluation) du modèle TeAMo, nous proposons une approche fondée sur ces indicateurs.



## **Chapitre 2**

# **L'Approche Orientée Indicateurs**



Notre objectif est de fournir au tuteur des informations afin de rendre compte des effets de ses interventions. Nous avons pu voir dans le chapitre précédent que les indicateurs sur l'activité de l'apprenant pouvaient être utilisés pour faire du suivi mais aussi de l'évaluation. En fournissant ces indicateurs au tuteur, celui-ci peut s'appuyer dessus pour intervenir. Nous partons du principe que le tuteur intervient suite à des valeurs d'indicateurs qui ne correspondent pas à ce qui est attendu. Afin de rendre compte au tuteur des effets de son intervention et vérifier si celle-ci a eu les effets escomptés, nous avons besoin de détecter le retour à la normale des valeurs de ces indicateurs. Pour cela, nous proposons de faire un suivi de l'évolution des indicateurs à l'origine de l'intervention à travers ce que nous appelons une **Approche Orientée Indicateurs**.

Nous entamons ce chapitre par la définition de l'objet central de notre travail : l'intervention tutorale. Ensuite, nous poursuivons par une étude autour de la notion d'indicateur. Puis, nous détaillons l'Approche Orientée Indicateurs.

## 2.1 Intervention tutorale

Les interventions tutorales sont de nature différente et les auteurs abondent en catégorisation à ce sujet puisqu'elles peuvent être relatives à des questions d'évaluation, d'organisation, de gestion etc. Elles dépendent des rôles et des fonctions du tuteur qui concernent différents aspects du processus de formation [Glikman 2011]. Les travaux qui abordent ce thème du rôle du tuteur que nous avons traité dans la section 1.1.1.2 présentent différentes classifications des interventions tutorales en fonction de l'accompagnement que le tuteur réalise auprès de l'apprenant [Lebel 1993] [Quintin 2008] [Denis 2003] [Guillaume 2009] [Glikman 2011].

La littérature dénombre des rôles et des fonctions très variés pour le tuteur. Nous avons constaté que les interventions tutorales peuvent être qualifiées principalement de pédagogique, socio-affective, technique et méthodo-organisationnelle.

Certains auteurs se sont attachés à identifier les caractéristiques d'une intervention tutorale. [Gounon 2005] identifie trois éléments caractéristiques d'une intervention :

- le tuteur qui va réaliser l'intervention ; il peut s'agir du tuteur, d'un co-apprenant ou du dispositif informatique ;
- le tuteur qui est le bénéficiaire de l'intervention ; il peut s'agir d'un apprenant, de sous-groupes ou de groupes d'apprenants ;
- la nature du tutorat qui se décline en trois parties : (a) la modalité du tutorat qui peut être réactif ou proactif, (b) la temporalité qui caractérise le moment de l'intervention et la persistance de l'information transmise lors de l'intervention et enfin (c) le contenu du tutorat qui peut être relatif à la compréhension, l'utilisation, la méthodologie ou la motivation.

Pour sa part [Rodet 2010] aborde la manière dont sont conçues les interventions tutorales. Il définit ainsi les éléments constitutifs d'une intervention à travers :

- l'objectif tuteur visé ;
- les acteurs (tuteur et tuteur) ;

- le type de tutorat (tutorat-programme, tutorat-technique, etc. <sup>1</sup>) ;
- les champs de support visés (cognitif, socio-affectif, motivationnel, et métacognitif) ;
- la modalité (synchrone/asynchrone, proactive/réactive) et la spécification des outils ;
- la fréquence ou le positionnement dans le scénario de formation ;
- les commentaires et les conseils à l'intention du tuteur pouvant renvoyer à des ressources <sup>2</sup> ;
- les méta-données permettant d'identifier précisément l'intervention tutorale.

La manière dont nous envisageons l'intervention tutorale est ici différente de celle de [Rodet 2010]. Nous nous attachons à identifier les éléments caractéristiques d'une intervention afin de pouvoir en mesurer les effets. Toutefois, cette proposition de [Rodet 2010] nous permet d'apporter des réponses à notre étude.

L'objectif visé par l'intervention est intrinsèquement lié à ce qui l'a déclenché (lien entre la cause et l'effet). Le tuteur intervient parce qu'il considère qu'il existe une situation pédagogiquement intéressante, laquelle situation peut refléter un besoin d'aide de la part de l'apprenant, une situation critique à laquelle l'apprenant est confronté ou encore un moment intéressant dans l'activité de l'apprenant.

Dans le cadre de notre travail, les situations pédagogiques qui nous intéressent sont celles que nous qualifions de **critiques**. Une situation critique est une situation qui correspond pas aux attendus pédagogiques ou tutoraux et qui traduit l'existence d'un problème ou d'une difficulté dans la réalisation de l'activité de l'apprenant. Dès lors, l'objectif visé par l'intervention est de résoudre ce problème ou surmonter cette difficulté.

Ainsi, nous définissons, une **intervention tutorale** <sup>3</sup> comme étant **une action régulatrice que le tuteur juge opportune afin de remédier à une situation critique apparue dans la réalisation de l'activité de l'apprenant**. La figure 2.1 synthétise la manière dont nous envisageons une intervention tutorale. La situation critique est placée en son centre puisque c'est elle qui déclenche l'intervention, elle va nous permettre par la suite de rendre compte au tuteur si elle a été effectivement résolue ou non, afin de mesurer les effets de ses interventions.

Dans notre travail, une intervention tutorale est caractérisée par :

- la situation critique qui la déclenche ;
- les acteurs : le tuteur humain qui est l'initiateur de l'intervention et l'apprenant qui en est le bénéficiaire [Rodet 2010] [Gounon 2005] ;
- la modalité de l'intervention qui peut être réactive ou proactive [Quintin 2008].  
L'intervention en modalité réactive est celle que fait le tuteur en réponse à une sollicitation directe de l'apprenant. En revanche, l'intervention en modalité proactive est celui qu'initie le tuteur de sa propre initiative suite à l'observation d'une situation

1. Dans [Rodet 2010], l'auteur envisage une perspective globale du dispositif de formation selon que l'on se situe au niveau du module, de la formation ou de l'institution et ainsi, les différents rôles du tuteur peuvent être répartis entre plusieurs personnes ressources.. Ainsi, six profils de tuteurs sont envisagés tels le tuteur-programme qui est le responsable de la formation, le tuteur-technique qui apporte une aide technique, le tuteur-cours qui est celui qui conçoit le cours et gère entièrement le module d'enseignement, etc.

2. Selon l'auteur, ces ressources peuvent être des fiches méthodologiques, des modèles de messages ou encore des fiches d'intervention

3. Une des entrées du mot intervention dans le dictionnaire Larousse en ligne définit celle-ci comme étant « l'action d'intervenir dans une situation critique » [Larousse 2012].

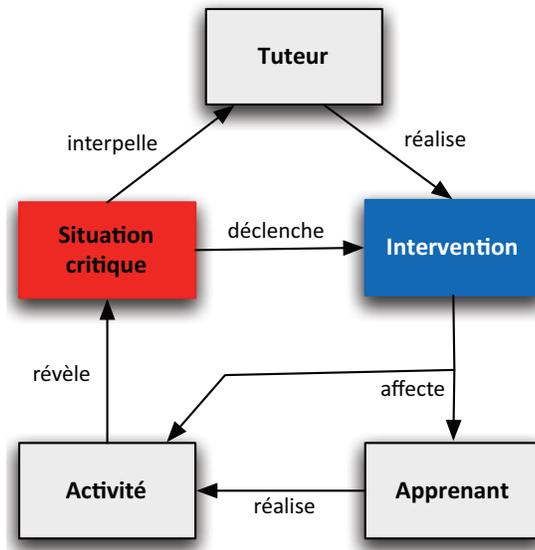


Figure 2.1 – Les éléments d'une intervention tutorale.

qu'il considère comme étant critique dans l'activité de l'apprenant ou lors de la réalisation de cette activité ;

- la temporalité de l'intervention qui indique le moment que le tuteur juge opportun pour intervenir et la durée de l'intervention ;<sup>4</sup> ;
- le contenu de l'intervention qui est la concrétisation de la stratégie de remédiation à travers les moyens d'intervention ;
- les moyens d'intervention qui permettent l'action tutorale à travers une communication directe ou non avec l'apprenant [Després 2001] [Denis 2003] [Quintin 2008]. Le tuteur, pour intervenir, peut :
  - utiliser des outils de communication synchrones ou asynchrones tels que le chat, l'envoi de message textuel, le forum, la visioconférence, etc.
  - partager l'espace de travail : espace de partage de documents, d'applications, de productions (écran partagé, tableau blanc, wiki, etc.)<sup>5</sup>.
  - utiliser des outils permettant de modifier le scénario pédagogique par l'ajout ou la suppression de certaines questions par exemple.

Dans ce chapitre, nous nous focalisons sur la situation critique, les autres caractéristiques vont être utilisés à des fins d'analyse.

Considérant notre définition d'une intervention tutorale, afin d'atteindre notre objectif qui est de rendre compte au tuteur des effets de son intervention, nous avons besoin de savoir pourquoi (situation de départ) et dans quel but (objectif visé [Rodet 2010] reflété par la situation désirée), le tuteur intervient, afin de pouvoir évaluer l'écart entre les effets réels

4. Nous avons pu identifier des stratégies de remédiation récurrentes à partir des observations issues des expérimentations que nous avons menées. Par exemple, une stratégie de remédiation de type « rappel de concepts » peut prendre la forme d'un rappel oral de cours lors d'une conversation audio ou encore d'un renvoi à une diapositive particulière du cours sur la notion en question.

5. L'environnement utilisé dans nos expérimentations permet au tuteur, lors d'activités de travaux pratiques, de mettre en surbrillance une portion de code dans le programme Java de l'apprenant.

de l'intervention (situation réelle) et les effets escomptés (situation désirée). En d'autres termes, nous devons identifier :

- l'origine de l'intervention c'est-à-dire **la situation critique** (situation de départ) qui a déclenché l'intervention ;
- l'objectif visé par l'intervention c'est-à-dire les effets escomptés de l'intervention qui vont nous permettre de déterminer **la situation désirée**. Celle-ci sert de référence lors de la mesure de l'écart entre les effets réels et attendus de l'intervention.
- **la situation réelle** c'est-à-dire ce qui s'est réellement produit dans l'activité de l'apprenant subséquemment à l'intervention.

Afin d'identifier chacune de ces situations, notre démarche consiste à utiliser les indicateurs. Nous proposons une approche que nous qualifions d'orientée indicateurs pour rendre compte au tuteur des effets de ses interventions.

Pour détecter la situation critique à l'origine de l'intervention tutorale, notre approche consiste à exploiter les indicateurs pédagogiques sur l'activité de l'apprenant. Nous partons du principe que le tuteur décide d'intervenir en raison de valeurs d'indicateurs non conformes à celles attendues ; dès lors, nous considérons qu'il existe une situation critique lorsque de telles valeurs apparaissent.

Par ailleurs, lors de son intervention, le tuteur a une intention pédagogique : il veut remédier à la situation critique et donc agir de manière à ce que la réalisation de l'activité de l'apprenant corresponde à ce qui est attendu. Ainsi, la situation désirée s'apparente au retour des indicateurs, à l'origine de l'intervention, à des valeurs conformes à celles attendues.

En ce qui concerne l'identification de la situation désirée, nous nous appuyerons pour cela, sur l'étude de l'évolution (positive, négative ou nulle) des indicateurs grâce à ce que nous appelons des méta-indicateurs ; un méta-indicateur est un indicateur qui fournit des informations sur d'autres indicateurs.

Avant de détailler notre proposition : l'approche orientée indicateurs, nous abordons dans la section suivante la notion d'indicateur, le fondement de l'approche que nous proposons pour rapporter au tuteur les effets de ses interventions.

## 2.2 La notion d'indicateur

### 2.2.1 Les projets européens

Le réseau d'excellence européen Kaléidoscope a fait un travail unificateur dans le domaine des indicateurs. Notre étude se fonde essentiellement sur ces travaux.

#### 2.2.1.1 Le projet européen ICALTS

Le projet ICALTS (*Interaction and Collaboration Analysis supporting Teachers and Students Self-regulation*) [Dimitracopoulou et al. 2004] [Harrer et al. 2004] [Jermann et Dimitracopoulou 2004] mis en place en 2004 au sein du réseau européen d'excellence Kaleidoscope, a réalisé un travail unificateur en terme d'analyse de l'interaction.

Il s'est intéressé aux supports qui peuvent être apportés à l'analyse des interactions et des collaborations entre les personnes participant à une session d'apprentissage dans un EIAH. Une étude approfondie des notions clés (interaction, interaction collaborative, awareness, méta-cognition, auto-régulation, diagnostic, évaluation, etc.) autour de l'analyse d'interaction a été menée.

Un des résultats du projet fut la définition du concept d'indicateur d'interaction. Celui-ci se réfère à une variable « *that describes something related to the mode, the process or the quality of the considered cognitive system, the features or the quality of the interaction product, the mode or the quality of the collaboration, when acting in the frame of a social context forming via the technology-based learning environment* » [Dimitracopoulou et al. 2004]. En d'autres termes, un indicateur d'interaction est une variable qui fournit des informations sur un aspect de l'interaction : le mode, le processus, les caractéristiques ou la qualité de l'activité d'apprentissage, de la collaboration ou du produit de l'interaction au sein d'un EIAH.

Le projet a aussi contribué à la mise en place d'un patron de description d'un indicateur d'interaction (cf. figure 2.2).

Les membres du projet ont répertorié et identifié 42 indicateurs issus de différents travaux de recherche des laboratoires européens partenaires, répartis selon leurs concepts généraux, objectifs et niveaux d'élaboration. Le niveau d'élaboration d'un indicateur d'interaction permet de distinguer trois types d'indicateurs d'interaction : bas niveau, niveau intermédiaire et haut niveau. Les indicateurs de bas niveau sont obtenus directement à partir des traces brutes et n'ont pas de valeur interprétative autonome. Les indicateurs de niveau intermédiaire sont des indicateurs assez élaborés. Les indicateurs de haut niveau ont une valeur interprétative inhérente et sont obtenus à partir des traces brutes, en utilisant des processus complexes. Cette distinction ne signifie pas qu'un indicateur de haut niveau est meilleur ou est plus significatif qu'un indicateur de bas niveau ; la portée d'un indicateur ne peut être estimée *a priori*, elle dépend directement du contexte de son utilisation ainsi que de son efficacité à « supporter » l'interaction.

Le projet a défini un cadre unifié sur l'analyse des interactions, fondé sur des concepts et des relations qui tiennent compte des différents contextes d'application. Les principales étapes de l'analyse de l'interaction dans un EIAH qui consiste à sélectionner les données (traces collectées par l'EIAH), à agréger les données sélectionnées à travers différentes méthodes de traitement, ce qui aboutit à la production d'indicateurs qui peuvent être observés *via* une interface de visualisation. La figure 2.3 illustre le principe général de cette analyse des interactions.

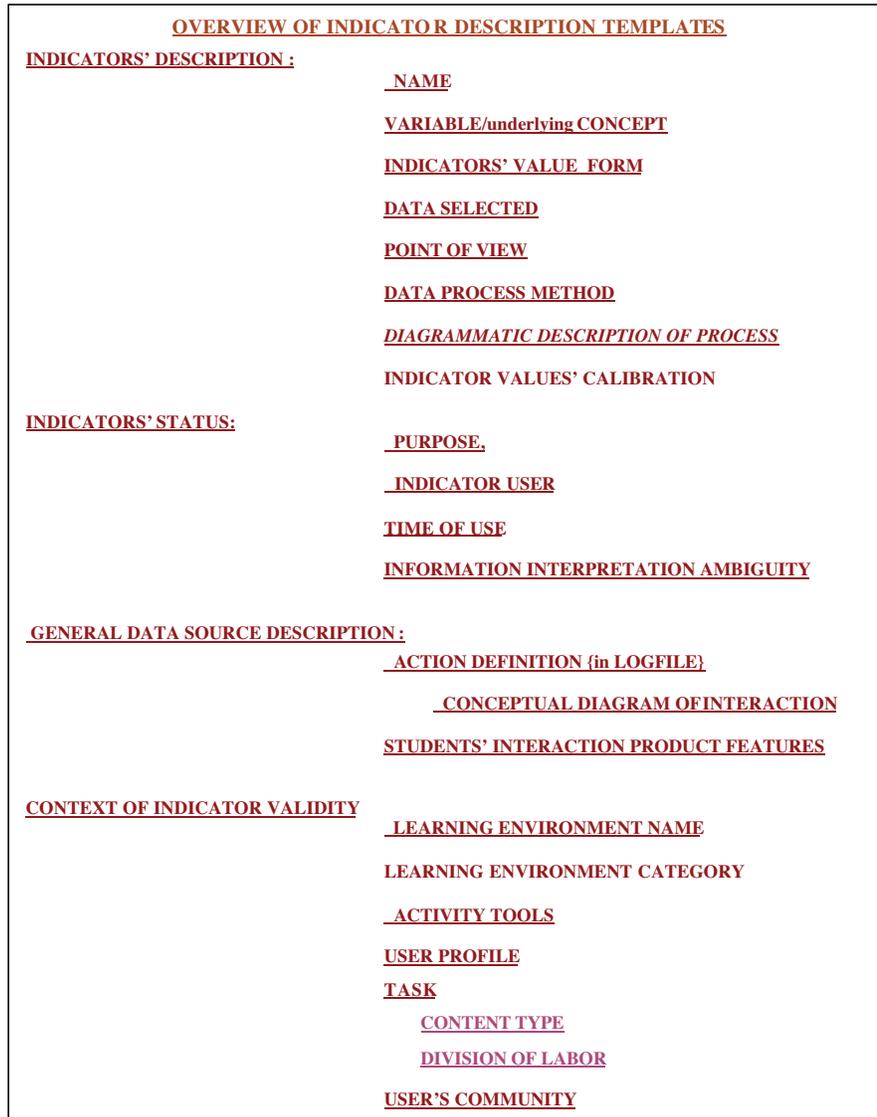


Figure 2.2 – Patron de description d'un indicateur [Dimitracopoulou et al. 2004]

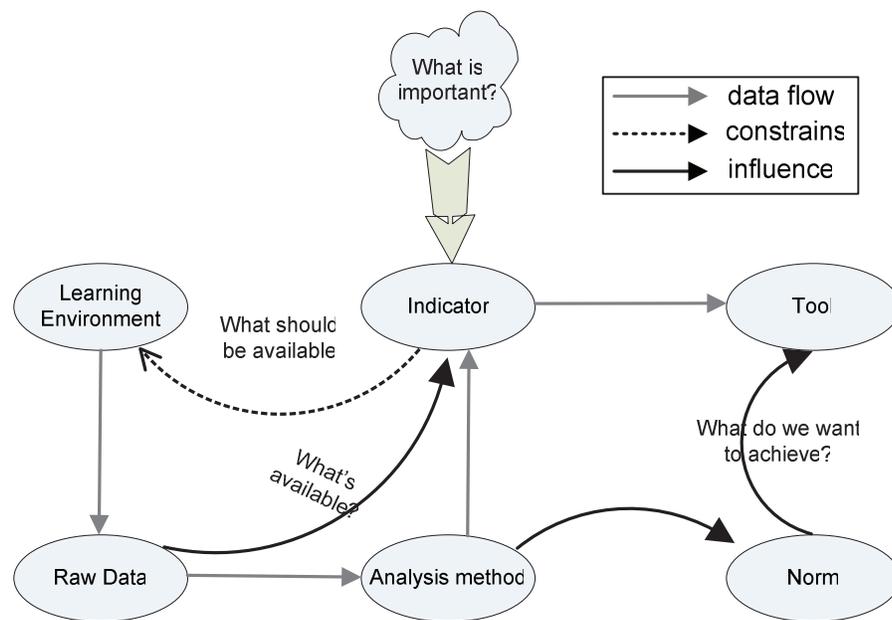


Figure 2.3 – Schéma de l'analyse de l'interaction [Harrer et al. 2004]

### 2.2.1.2 Le projet européen Interaction Analysis (IA) : Supporting participants in technology-based Learning activities

Le projet IA (*Interaction Analysis : Supporting Participants in Technology-based Learning Activities*) [Dimitracopoulou et al. 2005] [Martinez et al. 2005] [Hulshof et al. 2005a], mis en place en 2005, est la suite du projet ICALTS.

Le projet fournit des bases théoriques et méthodologiques ainsi que des lignes directrices pour l'analyse des interactions dans les EIAH. Il présente un état de l'art à ce sujet [Dimitracopoulou et al. 2005] et propose une bibliothèque d'outils d'analyse d'interaction [Martinez et al. 2005].

Par ailleurs, suite aux travaux du projet ICALTS [Dimitracopoulou et al. 2004], qui a préalablement défini ce qu'est un indicateur d'interaction, une précision quant aux attributs de cet indicateur a été apportée dans [Dimitracopoulou et al. 2005]. Ces attributs sont (cf. figure 2.4) :

- le concept qui caractérise l'aspect de l'interaction que représente l'indicateur ;
- l'objectif visé par l'indicateur et qui peut être cognitif, social ou affectif ;
- la valeur de l'indicateur qui se compose de la forme (numérique, littérale ou graphique) et de son statut qui indique si la valeur est calibrée ou non ; une valeur non calibrée peut être interprétée ou rester telle qu'elle ;
- le champ de validité de l'indicateur qui dépend du type d'EIAH utilisé, du contenu de l'activité, du profil des participants et des utilisateurs finaux ;
- les utilisateurs de l'EIAH ;
- les utilisateurs finaux de l'indicateur qui peuvent être les tuteurs, les apprenants ou les chercheurs ;
- le moment de l'utilisation de l'indicateur qui peut être en cours de session ou a

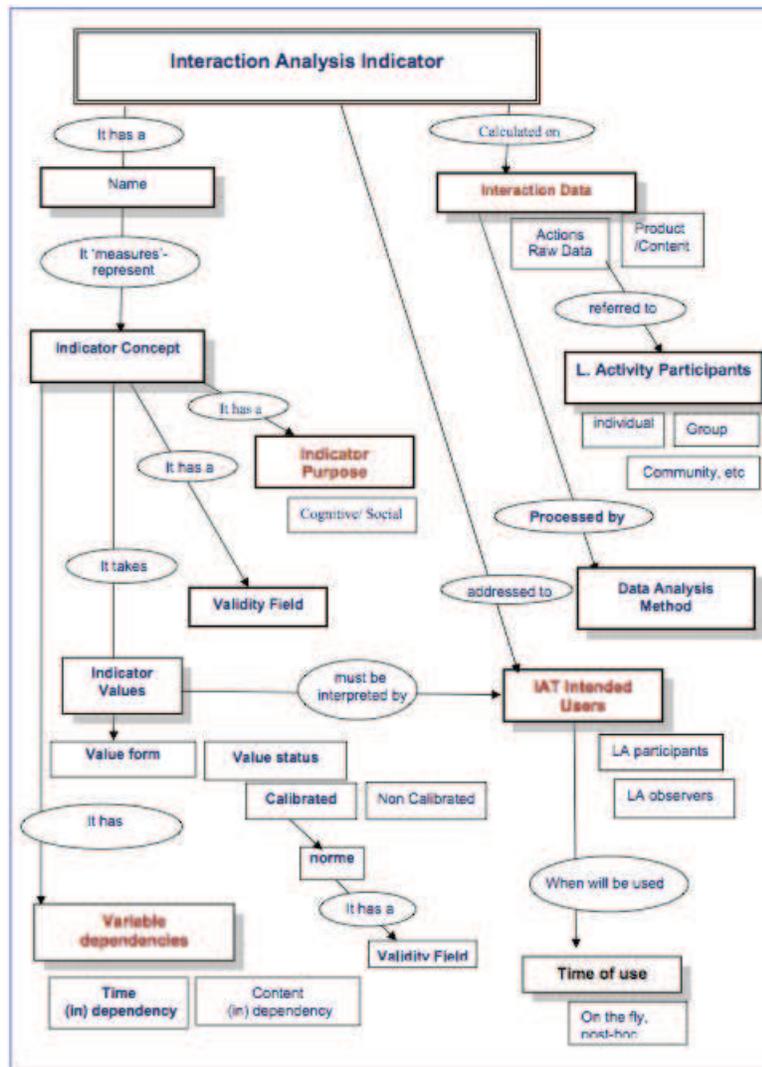


Figure 2.4 – Les attributs d’un indicateur d’interaction [Dimitracopoulou et al. 2005]

*posteriori*;

- les dépendances de l’indicateur par rapport à des variables externes tels que le temps ou le contenu ;
- le type d’EIAH utilisé.

### 2.2.1.3 Le projet européen DPULS : Design Patterns for collecting and analyzing Usage and Learning Systems

Le projet DPULS (*Design Patterns for collecting and analysing Usage of Learning Systems*) [DPULS 2005] a été mis en place en 2005 par un JEIRP au sein du réseau européen d’excellence Kaleidoscope. Il s’est intéressé à la capitalisation et à l’analyse de l’utilisation des EIAH. L’objectif est de définir des patrons d’utilisation qui collectent et capitalisent l’expérience et le savoir-faire. Ceci afin (1) d’identifier les problèmes de traçage récurrents ainsi que les solutions, (2) de fournir des moyens (méthodes, techniques et outils) pour traiter le traçage des activités des apprenants et des tuteurs et (3) de proposer un ensemble

de patrons de conception testés et réutilisables.

En se basant sur la notion d'indicateur figurant dans ICALTS, le projet introduit la notion d'indicateur pédagogique, repris par [Choquet et al. 2009] qui le définissent comme une « *variable, calculated or inferred with the help of collected users' data, that describes something related to the quality of the interaction, the activity and/or the learning process of actors acting in the frame of a social context formed via the technology based learning environment* » .

Le projet a abouti à la proposition d'une typologie de données d'observation en fonction des objectifs d'utilisation et de la provenance de la trace (cf. figure 2.5). Un indicateur est donc considéré comme une donnée d'observation issue soit d'une donnée dérivée (c'est-à-dire une donnée calculée ou établie), soit d'une donnée primaire. Une donnée primaire peut elle-même être une donnée brute (c'est-à-dire une donnée collectée avant, après ou pendant la session), une donnée subjective (c'est-à-dire une donnée établie par l'analyste de la session) ou une donnée additionnelle d'ordre contextuel (c'est-à-dire une donnée disponible avant la session d'apprentissage ; par exemple : le scénario pédagogique ou l'ontologie décrivant le domaine d'apprentissage par l'analyste de la session) ou d'ordre prédictif (c'est-à-dire une donnée à produire par les acteurs de la situation d'apprentissage pendant la session ; par exemple : la production d'un apprenant à évaluer ou le compte rendu d'activité d'un tuteur).

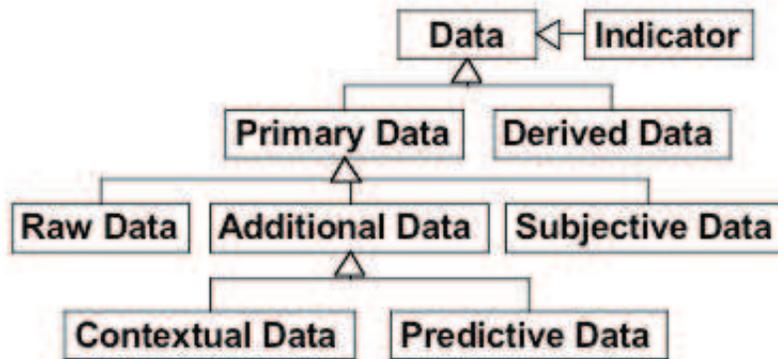


Figure 2.5 – Typologie des données d'observation [DPULS 2005].

## 2.2.2 Les indicateurs de l'activité de l'apprenant : identification et définition

Dans notre proposition, nous retenons la définition que [Choquet et Iksal 2007] donne d'un indicateur pédagogique, lequel se réfère à « *un observable signifiant sur le plan pédagogique, calculé ou établi à l'aide d'observés, et témoignant de la qualité de l'interaction, de l'activité et de l'apprentissage dans un EIAH* ». Un indicateur pédagogique possède plusieurs attributs listés dans [ICALTS 2004].

Ces indicateurs pédagogiques fournissent au tuteur des informations sur l'activité de l'apprenant. Ils permettent ainsi au tuteur de réguler au mieux l'activité de l'apprenant et d'entreprendre des actions de remédiation lorsque la situation l'exige, en l'occurrence, lorsque les valeurs de ces indicateurs ne correspondent pas à celles attendues.

Le cycle de vie d'un indicateur comprend sa conception, son calcul et son utilisation. On peut y inclure un possible ajustement, soit en cours d'utilisation à travers une phase d'adaptation, soit *a posteriori* à travers une phase de réingénierie (figure 2.6).

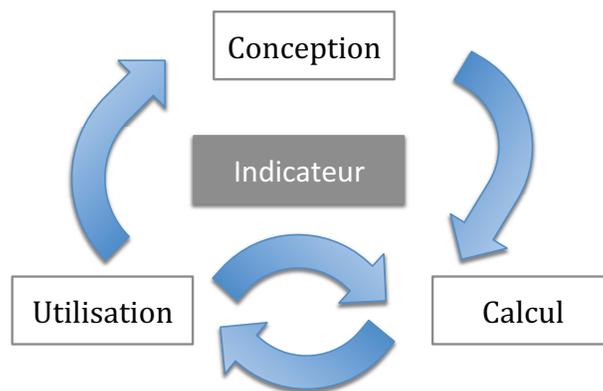


Figure 2.6 – Le cycle de vie d'un indicateur.

Dans notre proposition, nous ne nous intéresserons qu'aux phases de conception, de calcul et d'utilisation de l'indicateur ; les phases d'adaptation et de ré-ingénierie consistent à ajuster des éléments de l'indicateur, comme par exemple, le calibrage de la valeur, la méthode d'analyse, etc.

La phase de conception d'un indicateur se déroule généralement avant la session d'apprentissage. L'enseignant-concepteur élabore l'activité pédagogique. Il peut être assisté par l'équipe pédagogique incluant le tuteur qui est l'utilisateur final des indicateurs pédagogiques.

Ainsi, l'activité pédagogique que l'enseignant-concepteur met en place doit correspondre à certains objectifs d'activité que l'apprenant doit atteindre. À partir de ces objectifs d'activité, l'enseignant-concepteur élabore un scénario pédagogique pour encadrer le déroulement de l'activité.

Par ailleurs, afin de vérifier l'atteinte des objectifs d'activité, des besoins d'observation sont identifiés en se fondant sur le scénario pédagogique. Un indicateur est alors défini en fonction d'un objectif d'observation (*tracking purpose*), motivé par un besoin d'observation,

et par là même lié à un concept traçable (*traceable concept*) du scénario pédagogique prédictif [Choquet et Iksal 2007], lorsque celui-ci existe (Figure 2.7).

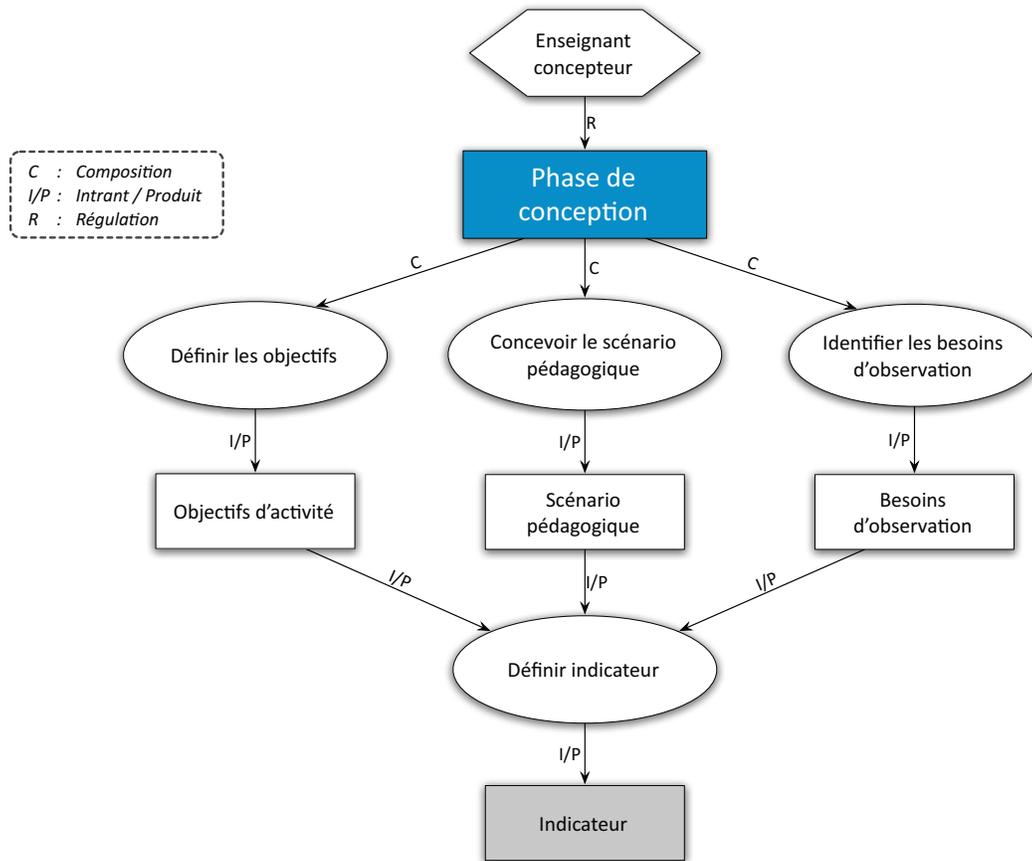


Figure 2.7 – Description de la phase de conception d'un indicateur<sup>6</sup>

La phase de calcul de l'indicateur consiste à obtenir la valeur de cet indicateur. La réalisation de l'activité par l'apprenant va générer des traces qui vont servir au calcul des indicateurs. La figure 2.8 décrit cette phase de calcul.

Le moment de calcul d'un indicateur peut se dérouler pendant l'activité ou après celle-ci, cela dépend du moment où l'on veut fournir ces indicateurs au tuteur. Ce moment est aussi fonction de la disponibilité des données nécessaires à ce calcul (et à la charge d'activités des ressources matérielles et logicielles nécessaires à ce calcul).

La phase d'utilisation de l'indicateur consiste à fournir l'indicateur avec sa valeur sous une certaine forme (graphique, littérale ou numérique) au tuteur. Cet indicateur peut aussi être exploité comme donnée d'entrée d'un outil de diagnostic dont la sortie alimente un outil d'alerte. Cet outil d'alerte avertit le tuteur de la présence d'indicateurs dont les valeurs ne sont pas conformes à celles attendues ; le tuteur est ainsi informé de l'existence de situations critiques dans l'activité de l'apprenant. La figure 2.9 décrit cette phase d'utilisation.

6. Nous adoptons dans cette description, la notation utilisée dans les logiciels MOT et MOTPlus [LICEF 2012].

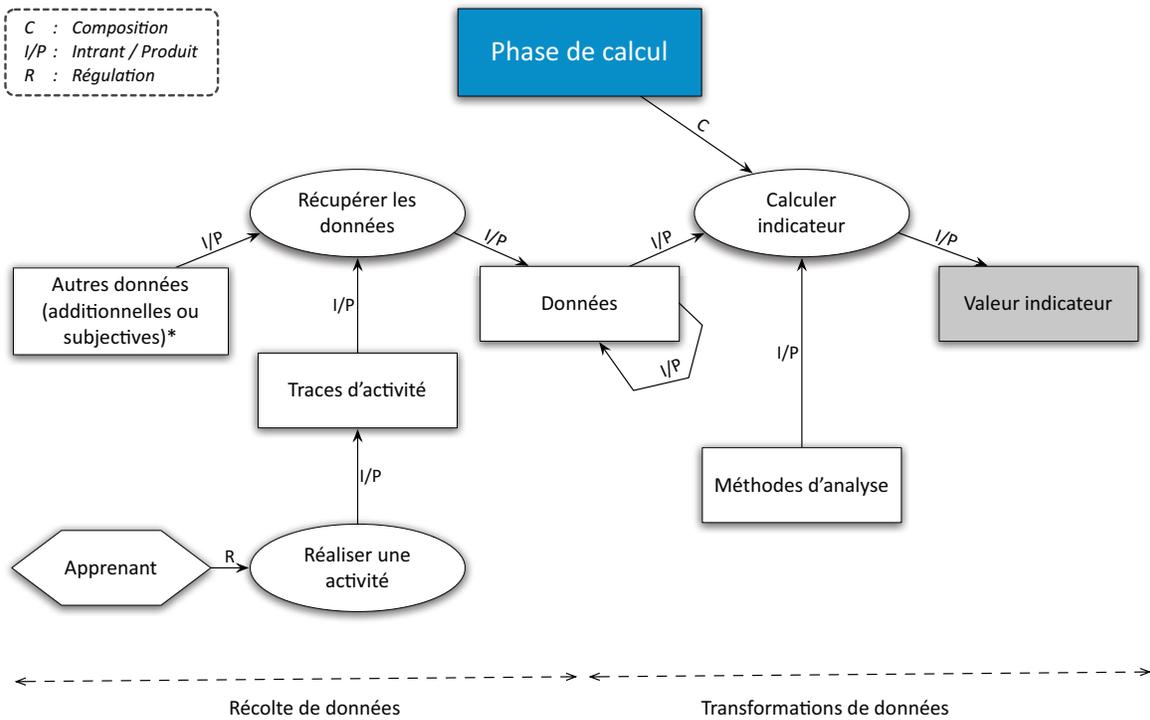


Figure 2.8 – Description de la phase de calcul d'un indicateur. \* Les données additionnelles et subjectives se réfèrent à la typologie des données nécessaires à l'obtention d'un indicateur, définie dans [DPULS 2005] [Choquet et Iksal 2007].

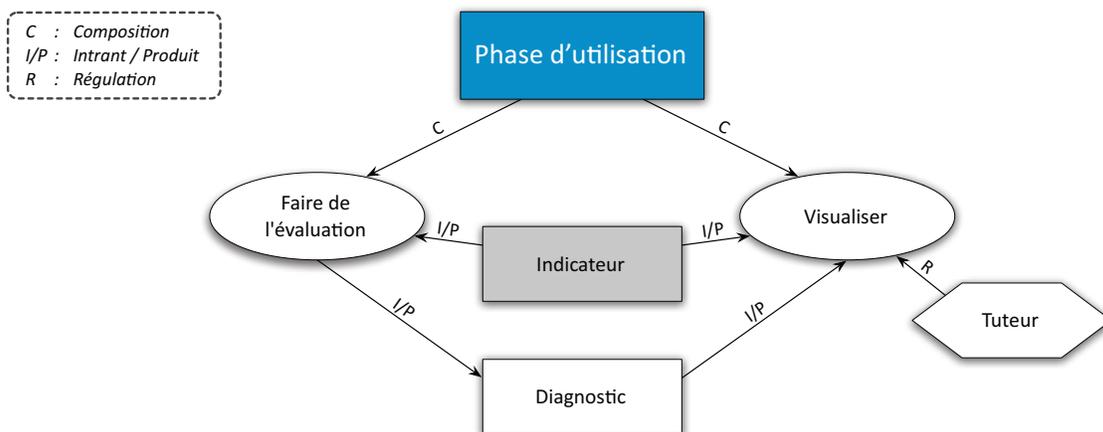


Figure 2.9 – Description de la phase d'utilisation.

## 2.3 L'Approche Orientée Indicateurs

Nous caractérisons une situation critique, susceptible de déclencher une intervention tutorale, par un indicateur ayant une valeur qui ne correspond pas à celle attendue. Afin d'identifier un tel indicateur, nous proposons d'utiliser ce que nous appelons un domaine d'acceptabilité ; ainsi, une valeur d'indicateur qui n'appartient pas à son « domaine d'acceptabilité » reflète l'existence d'une situation critique.

Dans ce cas, si le tuteur intervient, notre objectif est de savoir si la situation critique a été résolue et si l'indicateur retourne à la normale afin d'en rendre compte au tuteur. Pour ce faire, nous proposons d'utiliser ce que nous appelons un « méta-indicateur ». Un méta-indicateur est un indicateur particulier dont le rôle est de suivre l'évolution de la valeur de l'indicateur à l'origine de l'intervention ; le but étant de vérifier si l'indicateur retrouve une valeur conforme à celle attendue. Dans ce cas, l'intervention aura eu les effets escomptés. Sinon, il s'agira pour le méta-indicateur de mesurer l'écart entre la situation réelle (i.e. évolution de la situation critique initiale caractérisée par l'indicateur et sa nouvelle valeur) et la situation désirée (caractérisée par le retour de la valeur de l'indicateur dans son domaine d'acceptabilité). Ainsi, le calcul du méta-indicateur dépend du domaine d'acceptabilité de la valeur de l'indicateur dont il suit l'évolution ; pour pouvoir calculer le méta-indicateur, nous devons donc préalablement identifier le domaine d'acceptabilité de l'indicateur.

Cependant, une intervention peut aussi porter sur plusieurs indicateurs. Dans ce cas, la situation critique de l'activité de l'apprenant est alors caractérisée par ces indicateurs pluriels et non plus par un seul. Afin de tenir compte de ce cas, le méta-indicateur doit garantir le suivi de tous les indicateurs à l'origine de l'intervention tutorale.

Par ailleurs, nous voulons identifier ces indicateurs susceptibles de déclencher une intervention tutorale et les présenter au tuteur afin qu'il puisse choisir ceux qu'il considère caractériser la situation critique la plus urgente à traiter. Pour cela, nous proposons de lier certains indicateurs parmi tous ceux qui n'appartiennent pas à leurs domaines d'acceptabilité entre eux en utilisant un attribut de l'indicateur que nous appelons « objectif de l'indicateur ».

Pour résumer, l'Approche Orientée Indicateurs s'articule autour de deux axes qui se déroulent avant et après l'intervention tutorale. Tout d'abord, elle s'intéresse à la mise en place d'indicateurs de l'activité de l'apprenant afin de les présenter au tuteur. Lorsque ces valeurs n'appartiennent pas à leurs domaines d'acceptabilité, elles caractérisent des situations critiques susceptibles d'occasionner une intervention tutorale. Si tel est le cas, elle s'attache alors à surveiller l'évolution des valeurs d'indicateurs à l'origine d'une intervention tutorale à travers un méta-indicateur, lequel contribue à la mesure des effets de l'intervention tutorale [Lekira et al. 2011a].

### 2.3.1 Le domaine d'acceptabilité de la valeur d'un indicateur

Nous avons besoin d'identifier la situation critique à l'origine d'une intervention tutorale, c'est-à-dire les situations pour lesquelles un indicateur n'a pas la valeur attendue. Or, dans les travaux issus des projets ICALTS et IA du réseau Kaléidoscope, il y a la notion

d'indicateur calibré [Dimitracopoulou et al. 2004] [Dimitracopoulou et al. 2005].

Les indicateurs calibrés ont un domaine de validité (*validity field*) de leurs valeurs qui correspond à un domaine de valeurs pour lequel l'indicateur est considéré comme ayant une valeur conforme à celle attendue. A contrario, les indicateurs non calibrés n'ont généralement pas de valeur interprétative autonome. Ce sont la plupart du temps des indicateurs de bas niveau [Dimitracopoulou et al. 2004].

La figure 2.10 présente un exemple d'indicateur calibré et un non calibré. Le choix de l'aspect normatif de l'indicateur dépend de l'objectif visé lors de sa conception, lequel objectif peut avoir une visée d'observation, d'évaluation, etc. Dans cet exemple, l'indicateur *Conversation and Action Balance*, utilisé en cours de session, est calibré. Dans sa représentation graphique, la couleur verte indique que ce qui se déroule dans l'activité est bon tandis que la couleur rouge indique le contraire (« *green is good, red is bad* » [Dimitracopoulou et al. 2004]). En revanche, l'indicateur *Division of labor*, utilisé a posteriori, mais pouvant être calculé durant l'interaction et présenté à l'utilisateur, n'est pas calibré. Il est ainsi difficile de relier un type de division de travail à l'activité de l'apprenant à l'activité de l'apprenant. Pour évaluer si la division du travail en cours de session est adéquate ou productive, les auteurs suggèrent d'utiliser un autre indicateur [Dimitracopoulou et al. 2004].

<i>Table 1. High level indicators</i>						
	<b>Indicator name</b>	<b>Purpose</b>	<b>Refers to</b>	<b>Value Form/Status</b>	<b>IAI Users</b>	<b>Time of use</b>
A1	<b>Conversation and action balance</b>	Social & indirectly cognitive-strategies  students' awareness of their team collaborative mode	Group of two members	<i>Form:</i> color coded visualized <i>Status:</i> Calibrated value	The group of students (without separating participation of each member)	On the fly
A2	<b>Division of Labor</b>	Social/collaborative <i>Elements for Assessment of their students collaborative attitude</i>	The Group distinguishing the participation of each member	<i>Form:</i> visualized <i>Status:</i> value	Tested with teacher-researcher	afterwards

Figure 2.10 – Exemples d'indicateurs calibrés et non calibrés, répertoriés dans [Dimitracopoulou et al. 2004].

Le terme champ de validité a un sens strict dans la cadre d'indicateur d'analyse d'interaction et sous-entend une notion forte, c'est-à-dire que si la valeur d'un indicateur n'appartient pas à son domaine de validité, elle est considérée comme fautive. Or, dans le cadre du tutorat, la notion est plus souple puisque les valeurs des indicateurs de l'activité de l'apprenant sont plus ou moins acceptables du point de vue du tuteur. C'est pourquoi, nous employons le terme de **domaine d'acceptabilité** (plutôt que de champ de validité) de la valeur d'un indicateur pour désigner les valeurs pour lesquelles cet indicateur est considéré comme acceptable.

Dans notre travail, nous voulons détecter les situations critiques. Or, il n'y a que les indicateurs qui possèdent un domaine d'acceptabilité qui permettent de le faire. Nous nous intéressons donc uniquement à ce type d'indicateurs.

La nature possible des valeurs d'un indicateur est soit numérique soit symbolique.

La plupart des travaux portent sur des indicateurs qui possèdent un domaine d'acceptabilité qui sont des valeurs ou des ensembles. Toutefois, dans notre travail, est apparue lors de la conception d'indicateurs une nécessité : dans le cas de valeurs numériques, que ces valeurs soient supérieures ou inférieures à un seuil, ou qu'elles soient comprises entre deux seuils, il s'agit d'un intervalle. Afin de prendre en compte ces possibilités, nous proposons le type seuil et intervalle comme type de domaine d'acceptabilité.

Ainsi, lorsque la valeur d'un indicateur est numérique, son domaine d'acceptabilité peut être une valeur, un seuil, un intervalle ou un ensemble. Cependant, lorsque cette valeur est symbolique, il n'est pas possible d'avoir un domaine d'acceptabilité de type seuil, ni intervalle. Le tableau 2.1 répartit les types de domaines d'acceptabilité selon que la valeur de l'indicateur soit numérique ou symbolique.

Tableau 2.1 – Domaines d'acceptabilité possibles selon la nature de la valeur de l'indicateur.

Domaine d'acceptabilité	Valeur	Seuil	Intervalle	Ensemble
Symbolique	x			x
Numérique	x	x	x	x

La valeur d'un indicateur est considérée comme acceptable si elle appartient à son domaine d'acceptabilité. Ainsi, pour un domaine d'acceptabilité de type<sup>7</sup> :

- **valeur**, pour être acceptable, la valeur de l'indicateur doit correspondre à cette valeur. Exemple : le nombre de paramètres de la méthode *equals*<sup>8</sup>.
- **seuil**, pour être acceptable, la valeur de l'indicateur doit, selon le cas, être supérieure ou inférieure à ce seuil. Exemple : le pourcentage de méthodes commentées par classe.
- **intervalle**, pour être acceptable, la valeur de l'indicateur doit appartenir à cet intervalle. Exemple : la progression d'un apprenant par rapport au reste du groupe.
- **ensemble**, pour être acceptable, la valeur de l'indicateur doit appartenir à cet ensemble. Exemple : la visibilité des variables d'instance d'une classe.

Le tableau 2.2 décrit des exemples d'indicateurs en fonction du type de domaine d'acceptabilité et de la valeur de ce type. Ces indicateurs ont été élaborés à partir des besoins d'observation exprimés par l'équipe pédagogique impliquée dans les expérimentations que nous avons menées. Ils ont été utilisés en contexte d'utilisation écologique lors de ces expérimentations.

7. Nous illustrons nos propos par des exemples d'indicateurs pris dans le domaine de la programmation orientée objet qui est le domaine d'apprentissage de nos expérimentations.

8. En programmation orientée objet avec Java, la méthode *equals*, qui a un seul argument, est une méthode de la classe Object, laquelle est la classe mère de toutes les classes.

Tableau 2.2 – Exemples de besoins d'observation et d'indicateurs correspondants avec le type et la valeur de leurs références.

Besoin d'observation	Indicateur	Type de référence	Valeur de référence
Vérifier si les apprenants maîtrisent le concept d'objet receveur	Le nombre de paramètres de la méthode	Valeur	1
Vérifier que les apprenants écrivent un programme structuré et commenté	Pourcentage de méthodes commentés en <i>javaDoc</i> par classe	Seuil	>70
S'assurer qu'un apprenant n'est pas trop en retard ni trop en avance par rapport au reste du groupe	Progression relative d'un apprenant par rapport à la progression moyenne du groupe	Intervalle	[-2 ;2]
Vérifier que les apprenants maîtrisent le concept d'encapsulation dans une classe X donnée	Visibilité des variables d'instance de la classe X	Ensemble	{private, protected}

### 2.3.2 Méta-indicateurs et mesure des effets d'une intervention

Pour rendre compte au tuteur des effets de son intervention et vérifier si l'indicateur qui l'a déclenché retrouve une valeur acceptable, nous proposons un indicateur particulier : le méta-indicateur. Un méta-indicateur est un indicateur qui donne des informations sur d'autres indicateurs. Dans notre contexte, nous définissons un **méta-indicateur** comme un indicateur particulier avec d'autres attributs qui vont servir au calcul de sa valeur, c'est une **variable permettant de mesurer les effets d'une intervention tutorale en faisant le suivi de l'évolution des valeurs des indicateurs à l'origine de cette intervention, lesquels contribuent à son calcul**. Il prend des valeurs symboliques qui indiquent le succès, l'échec ou l'effet mitigé d'une intervention tutorale.

Lorsqu'une intervention tutorale est suscitée par une situation critique caractérisée par un unique indicateur, un méta-indicateur est créée automatiquement afin d'observer l'évolution de la valeur de cet indicateur dans le temps. Ce méta-indicateur vérifie si cet indicateur retrouve une valeur acceptable en appartenant (de nouveau) à son domaine d'acceptabilité. Dans ce cas, le méta-indicateur vaut **Succès** et l'intervention aura été effective. Sinon, elle n'aura pas eu les effets escomptés.

Lorsque l'intervention n'a pas eu les effets escomptés; cela n'implique pas que cette intervention n'a eu aucun impact sur l'activité de l'apprenant. Si c'est le cas, la valeur de l'indicateur à l'origine du méta-indicateur n'aura pas du tout changé et le méta-indicateur vaudra **Sans Effet**.

Dans les cas où l'intervention n'a pas eu du succès mais qu'elle a induit un changement dans l'activité de l'apprenant, nous voulons déterminer l'écart entre l'effet réel de l'intervention et son effet escompté. Dans ces cas, la valeur du méta-indicateur dépend du domaine d'acceptabilité de l'indicateur dont il suit l'évolution. Ainsi, suite à une

Tableau 2.3 – Valeur du méta-indicateur en fonction des domaines d'acceptabilité possibles. \*DA : domaine d'acceptabilité.

DA* de la valeur de l'indicateur Valeur du méta-indicateur	Valeur	Seuil	Intervalle	Ensemble
Succès	x	x	x	x
Sans Effet	x	x	x	x
Amélioration		x	x	
Détérioration		x	x	
Modification Non Corrective	x			x

intervention, si la valeur de cet indicateur change, il y a eu une modification non corrective dans l'activité de l'apprenant et le méta-indicateur vaudra **Modification Non Corrective**. Dans le cas de domaine d'acceptabilité de type seuil ou intervalle, nous pouvons distinguer selon que la valeur de l'indicateur s'approche ou s'éloigne de son domaine d'acceptabilité suite à l'intervention ; le méta-indicateur vaudra selon le cas **Amélioration** ou **Détérioration**.

Le tableau 2.3 reprend les valeurs possibles d'un méta-indicateur en fonction du type du domaine d'acceptabilité de l'indicateur dont il suit l'évolution.

### 2.3.2.1 Calcul des méta-indicateurs

Nous détaillons dans cette section la manière dont est calculé un méta-indicateur en fonction du type de domaine d'acceptabilité de la valeur de l'indicateur qui a entraîné l'intervention.

#### 2.3.2.1.1 Les indicateurs ayant un domaine d'acceptabilité de type valeur

Lorsque ce type d'indicateur caractérise la situation critique, on cherche à savoir si la nouvelle valeur de l'indicateur équivaut à la valeur de référence. Le cas échéant, la valeur du méta-indicateur est « Succès ». Si la valeur de l'indicateur ne change pas, le méta-indicateur « Sans Effet » sinon il vaut « Modification Non corrective »

Concrètement, le calcul se fait comme décrit dans l'algorithme 1.

Algorithme 1 - Calcul de la valeur du méta-indicateur lorsque l'indicateur dont il suit l'évolution a une référence de type valeur.

---

```
si indicateur.nouvelleValeur = indicateur.valeurDeReference alors  
  ⊥ MI.valeur ← "Succès"  
sinon si indicateur.nouvelleValeur = indicateur.ancienneValeur alors  
  ⊥ MI.valeur ← "Sans Effet"  
sinon  
  ⊥ MI.valeur ← "Modification Non Corrective"
```

---

### 2.3.2.1.2 Les indicateurs ayant un domaine d'acceptabilité de type seuil

Lorsque ce type d'indicateur caractérise la situation critique, on cherche à savoir si la nouvelle valeur de l'indicateur est au delà (respectivement en deçà) du seuil. Si c'est le cas, le méta-indicateur vaut « Succès ». Sinon, il vaut « Amélioration » ou « Détérioration », selon le signe de la différence entre l'ancienne et la nouvelle valeur. Enfin, si cette différence est nulle, la valeur du méta-indicateur est « Sans Effet ».

Concrètement, le calcul se fait comme décrit dans l'algorithme 2, pour un seuil représentant un minimum.

Algorithme 2 - Calcul de la valeur du méta-indicateur lorsque l'indicateur dont il suit l'évolution a une référence de type seuil (cas d'un seuil minimum).

---

```
si indicateur.nouvelleValeur > indicateur.seuilDeReference alors  
  ⊥ MI.valeur ← "Succès"  
sinon si indicateur.nouvelleValeur = indicateur.ancienneValeur alors  
  ⊥ MI.valeur ← "Sans Effet"  
sinon si | indicateur.seuil - indicateur.nouvelleValeur | < | indicateur.seuil -  
indicateur.ancienneValeur | alors  
  ⊥ MI.valeur ← "Amélioration"  
sinon  
  ⊥ MI.valeur ← "Détérioration"
```

---

### 2.3.2.1.3 Les indicateurs ayant un domaine d'acceptabilité de type intervalle

Lorsque ce type d'indicateur caractérise la situation critique, on cherche à savoir si la nouvelle valeur de l'indicateur appartient à l'intervalle de référence. Si c'est le cas, le méta-indicateur vaut « Succès ». Dans le cas contraire, le méta-indicateur vaut « Amélioration » si la nouvelle valeur de l'indicateur est plus proche de l'intervalle que son ancienne valeur. Sinon, il vaut « Détérioration ». Et enfin, la valeur du méta-indicateur est « Sans Effet » si la valeur de l'indicateur ne change pas.

Concrètement, le calcul de ce méta-indicateur se fait comme décrit dans l'algorithme 3.

---

Algorithme 3 - Calcul de la valeur du méta-indicateur lorsque l'indicateur dont il suit l'évolution a une référence de type intervalle.

---

```

si indicateur.nouvelleValeur ∈ indicateur.intervalleDeReference alors
  | MI.valeur ← "Succès";
sinon
  | si indicateur.ancienneValeur < indicateur.intervalleDeReference.borneInf alors
  | | d1 ← | indicateur.intervalleDeReference.borneInf - indicateur.ancienneValeur |
  | | sinon
  | | | d1 ← | indicateur.intervalleDeReference.borneSup - indicateur.ancienneValeur |
  | | si indicateur.nouvelleValeur < indicateur.intervalleDeReference.borneInf alors
  | | | d2 ← | indicateur.intervalleDeReference.borneInf - indicateur.nouvelleValeur |
  | | | sinon
  | | | | d2 ← | indicateur.intervalleDeReference.borneSup - indicateur.nouvelleValeur |
  | | si d1 = d2 alors
  | | | MI.valeur ← "Sans Effet"
  | | sinon si d1 > d2 alors
  | | | MI.valeur ← "Amélioration"
  | | sinon
  | | | MI.valeur ← "Détérioration"

```

---

#### 2.3.2.1.4 Les indicateurs ayant un domaine d'acceptabilité de type ensemble

Lorsque ce type d'indicateur caractérise la situation critique, on cherche à savoir si la nouvelle valeur de l'indicateur appartient à l'ensemble de référence. Dans ce cas, le méta-indicateur vaut « Succès ». Il vaut « Sans Effet » si la valeur de l'indicateur n'a pas changé. Sinon, il vaut « Modification Non Corrective »

Concrètement, le calcul ce méta-indicateur se fait comme décrit dans l'algorithme 4.

---

Algorithme 4 - Calcul de la valeur du méta-indicateur lorsque l'indicateur dont il suit l'évolution a une référence de type ensemble

---

```

si indicateur.nouvelleValeur ∈ indicateur.ensembleDeReference alors
  | MI.valeur ← "Succès"
sinon si indicateur.nouvelleValeur = indicateur.ancienneValeur alors
  | MI.valeur ← "Sans effet"
sinon
  | MI.valeur ← "Modification Non Corrective"

```

---

#### 2.3.2.2 Cas d'une intervention tutorale déclenchée par plusieurs indicateurs

##### 2.3.2.2.1 Mesure des effets de l'intervention

Une intervention tutorale peut être déclenchée par plusieurs indicateurs. Le cas échéant, pour rendre compte au tuteur des effets de son intervention et vérifier que tous les indicateurs qui ont entraîné son intervention retournent dans leur domaine d'acceptabilité, nous avons besoin de suivre l'évolution de chacun de ces indicateurs. Pour cela, nous proposons d'intégrer un attribut que nous appelons **evoldInd** au méta-indicateur qui va assurer le suivi de l'évolution de chacun des indicateurs caractérisant la situation critique à l'origine de l'intervention. Cet attribut possède une valeur **MI.evoldInd.valeur** qui est

calculée de la même manière que *MI.valeur* (la valeur du méta-indicateur) décrit dans les algorithmes 1, 2, 3 et 4.

La figure 2.11 illustre la manière dont nous voulons mesurer les effets d'une intervention lorsque celle-ci est déclenchée par une situation critique caractérisée par plusieurs indicateurs.

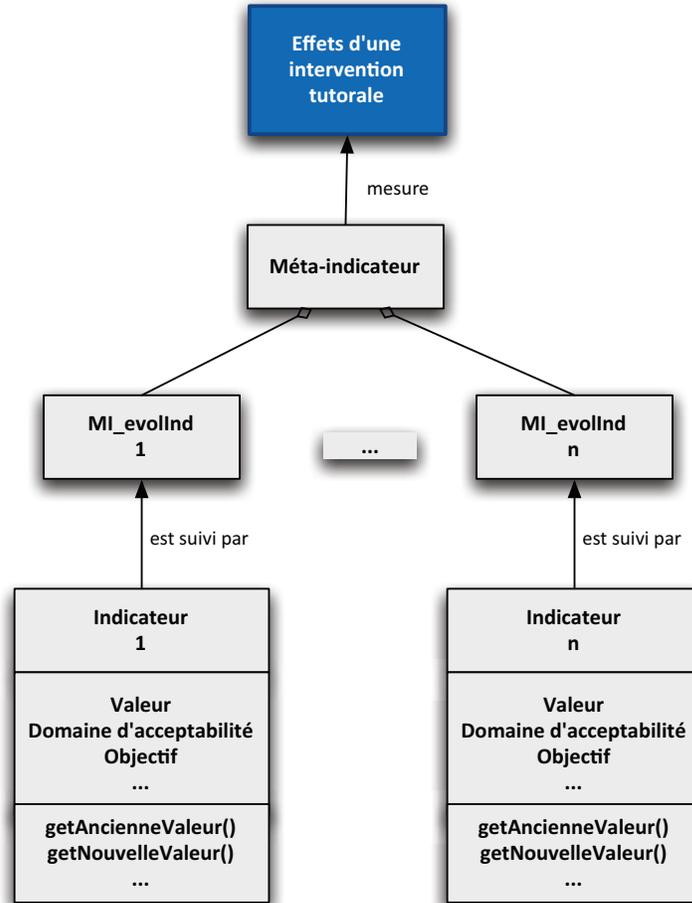


Figure 2.11 – Mesure des effets de l'intervention tutorale à l'aide de chaque attribut *evollnd* du méta-indicateur d'une situation critique caractérisée par plusieurs indicateurs.

Pour mesurer les effets d'une intervention tutorale déclenchée par plusieurs indicateurs et vérifier que l'intervention a eu les effets escomptés, nous voulons savoir si tous ces indicateurs retournent dans leurs domaines d'acceptabilité. Si tous les attributs *evollnd* valent « Succès » alors l'intervention aura eu les effets escomptés. Sinon, si tous les attributs *evollnd* du méta-indicateur valent soit « Amélioration », soit « Détérioration », soit « Sans Effet », soit « Modification Non Corrective », alors l'intervention aura eu un effet correspondant à cette valeur commune.

Sinon, dans le cas où, si tous les attributs *evollnd* du méta-indicateur évoluent négativement, c'est-à-dire qu'il valent tous « Détérioration », « Sans Effet » ou « Modification Non Corrective », l'intervention aura échoué. S'ils valent tous « Amélioration » ou « Succès »

alors l'intervention aura eu un effet positif.

Enfin, dans les cas où l'évolution de toutes des valeurs n'est pas aussi nette que les cas prévus précédemment, l'intervention aura eu ce que nous appelons une certaine **effectivité**, laquelle reflète la tendance de l'évolution de la situation initiale.

L'algorithme 5 décrit comment sont mesurés concrètement les effets d'une intervention portant sur plusieurs indicateurs. La donnée d'entrée est un méta-indicateur possédant pour chaque indicateur, caractérisant la situation critique à l'origine de l'intervention, un attribut *evolInd* qui assure le suivi de la valeur de cet indicateur. En sortie de l'algorithme, on obtient les effets de l'intervention ainsi que le détail de l'évolution de chaque indicateur de cette intervention.

---

Algorithme 5 - Mesure des effets d'une intervention tutorale

---

**Données** : Le méta-indicateur qui assure le suivi des valeurs des indicateurs ayant déclenché l'intervention

**Résultat** : Les effets d'une intervention tutorale

tendance  $\leftarrow \arg \max\{taux_S, taux_A, taux_D, taux_{SE}, taux_{MNC}\}$ ,  
tel que

*/\* Dans l'ensemble cat, S correspond à Succès, A à Amélioration,  
D à Détérioration, SE à Sans Effet et MNC à Modification Non Corrective \*/*

$cat = \{S, A, D, SE, MNC\}$

*/\* On compte le nombre d'indicateurs dont l'évolution est cat puis on normalise \*/*

$taux_{cat} \leftarrow \frac{100 \times \text{count}(\text{MI.evolInd.valeur} = \text{cat})}{\text{count}(\text{MI.evolInd})}$

} (A)

**si** (tendance = S) **et** (taux<sub>S</sub> = 100) **alors**

└ l'intervention a eu du succès

*/\* cat' ∈ {A, D, SE, MNC} \*/*

**sinon si** (tendance = cat') **et** (taux<sub>cat'</sub> = 100) **alors**

└ l'intervention a eu un effet cat'.

**sinon si** (tendance = SE **ou** tendance = D **ou** tendance = MNC) **et**

(taux<sub>SE</sub> + taux<sub>D</sub> + taux<sub>MNC</sub> = 100) **alors**

└ l'intervention a échoué.

**sinon si** (tendance = S **ou** tendance = A) **et**

(taux<sub>S</sub> + taux<sub>A</sub> = 100) **alors**

└ l'intervention a eu un effet positif.

**sinon**

└ l'intervention n'a pas eu les effets escomptés

└ mais elle a eu une effectivité dont la tendance est tendance

---

### 2.3.2.2.2 Situation critique caractérisée par plusieurs indicateurs

Lorsque plusieurs indicateurs de l'activité de l'apprenant n'appartiennent pas à leurs domaines d'acceptabilité, nous voulons identifier les problèmes similaires et alerter le tuteur de ce fait. Par exemple, un indicateur qui porte sur le nombre de paramètres d'une

méthode calculant la surface d'un triangle et un autre indicateur qui porte sur le nombre de paramètres d'une méthode calculant le périmètre d'un triangle. Si la valeur de ces deux indicateurs n'appartiennent pas à leurs domaines d'acceptabilité, on veut alerter le tuteur sur le fait que la même erreur a été commise plusieurs fois. Pour cela, nous proposons d'introduire un lien sémantique entre ces indicateurs.

Or, dans les travaux issus des projets ICALTS [Dimitracopoulou et al. 2004] et IA [Dimitracopoulou et al. 2005], il existe un attribut **objectif de l'indicateur** (*indicator purpose*) qui représente l'aspect social ou cognitif de l'activité d'apprentissage (Cet attribut figure dans la liste des attributs d'un indicateur répertorié dans [Dimitracopoulou et al. 2005])<sup>9 10</sup>.

Les indicateurs cognitifs peuvent être dépendants du domaine d'application puisqu'ils ciblent des concepts clés à acquérir ou à maîtriser [Lekira et al. 2011c], des erreurs récurrentes à éviter [Mazza et Dimitrova 2004][Guéraud et al. 2004], des misconceptions à identifier, etc. Nous pouvons donner comme exemple, l'indicateur « *monitoring experiment outcomes* » issu des travaux de [Hulshof et al. 2005b] et répertorié dans [Dimitracopoulou et al. 2004].

Les indicateurs sociaux sont relatifs à l'interaction, à la communication et à la collaboration. Ils ne dépendent généralement pas du domaine d'apprentissage. Par exemple, le nombre de messages postés dans un forum [Petrou et Dimitracopoulou 2003]), le niveau d'interaction dans une activité [Fesakis et al. 2004] ou la cohésion du groupe [Dimitracopoulou et Bruillard 2006].

Nous utilisons cet attribut pour lier sémantiquement entre eux des indicateurs n'appartenant pas à leurs domaines d'acceptabilité susceptibles de caractériser une situation critique car portant sur le même problème.

L'objectif d'un indicateur cible un aspect de l'activité d'apprentissage, lequel aspect peut être appréhendé de différentes manières à travers différents indicateurs. Par conséquent, afin de lier les indicateurs entre eux de manière plus fine et donc, d'identifier des situations critiques sur des aspects particuliers (et non sur des aspects généraux tels que cognitif ou social), nous voulons détailler l'objectif d'un indicateur en mentionnant une valeur plus précise. De la sorte, nous associons un tag à l'attribut objectif de l'indicateur. La représentation de ce tag peut être plus ou moins détaillée et plus ou moins structurée selon le contexte à travers par exemple un thesaurus [OIN 1986], une taxonomie ou une ontologie [Gruber 1993] [Zacklad 2007]. Par exemple, la figure 2.12 présente le graphe de concepts identifiés dans le cadre de nos expérimentations dans le domaine de la programmation orientée objet. Celui-ci peut servir à étiqueter les indicateurs cognitifs définis dans le cadre de ces expérimentations.

Par ailleurs, un indicateur peut embarquer plusieurs tags, à l'instar des indicateurs répertoriés dans [Dimitracopoulou et al. 2004]. De la sorte, un même indicateur peut

9. Dans la liste des indicateurs répertoriés issus des différents travaux de recherche des laboratoires partenaires au projet ICALTS, cet attribut est indiqué comme pouvant être social/collaboratif, cognitif, technique ou managerial [Dimitracopoulou et al. 2004]. Par ailleurs, il est précisé qu'un indicateur pouvait être « *multiproposal* » c'est-à-dire que cet attribut peut prendre plusieurs valeurs.

10. Une autre catégorisation de ces indicateurs est faite par Diagne dans [Diagne 2009] à travers son modèle de supervision CAS (Cognitif-Activité-Social), lequel répartit les indicateurs selon qu'ils touchent à des aspects cognitifs ou à des aspects sociaux ou qu'ils sont liés à l'activité.

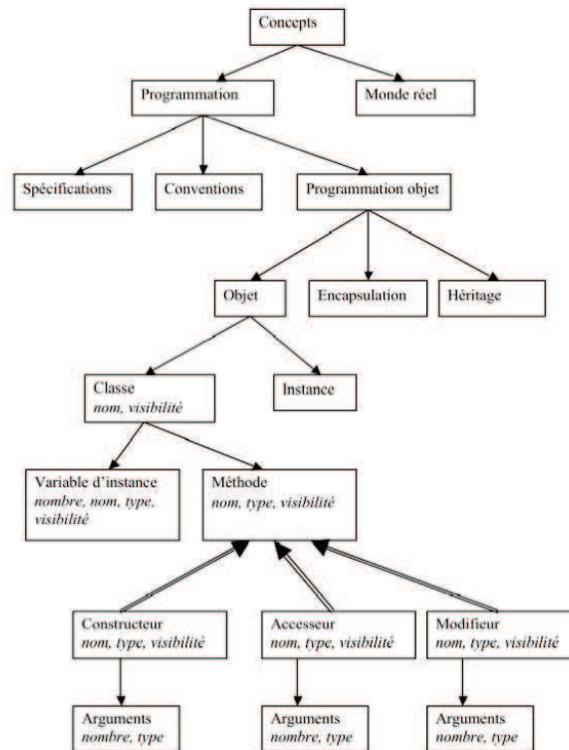


Figure 2.12 – Un exemple de graphe de concepts orientés objet utilisé dans le cadre du TP1 lors des expérimentations .

caractériser deux situations critiques différentes selon le tag avantage par le tuteur au moment de son intervention. Des liens sémantiques multiples peuvent ainsi être créés pour un indicateur. Nous proposons de lister et de suggérer au tuteur toutes les situations critiques possibles en fonction des différents tags des indicateurs n'appartenant pas à leurs domaines d'acceptabilité.

Pour cela, nous prenons tous les indicateurs possédant un tag et dont les valeurs n'appartiennent pas à leurs domaines d'acceptabilité. Puis, nous créons un lien entre tous les indicateurs qui ont au moins un tag en commun.

L'algorithme 6 décrit comment sont déterminés les liens entre les indicateurs. En entrée, nous avons une liste d'indicateurs dont les valeurs n'appartiennent pas à leurs domaines d'acceptabilité. En sortie de cet algorithme, nous obtenons *listeSC*, qui est une liste d'indicateurs liés caractérisant des situations critiques susceptibles de déclencher une intervention tutorale.

Le principe général de l'algorithme se décrit comme suit : parmi les indicateurs qui n'ont pas de valeurs acceptables dans *L*, certains peuvent être liés à travers leur attribut *objectif*. Ainsi, on prend les *N* indicateurs de la liste *L*, s'ils ont tous au moins un tag en commun, ils peuvent être liés entre eux et ajoutés à *listeSC*. Sinon, on construit toutes les listes possibles contenant *N-1* indicateurs et on regarde si, dans chaque liste, les indicateurs ont au moins un tag en commun ; si c'est le cas, on obtient une liste d'indicateurs pouvant caractériser

---

 Algorithme 6 - Identification des indicateurs liés pouvant caractériser une situation critique
 

---

**Entrées** : Une liste L de N indicateurs telle que  $\forall ind_i \in L, ind_i.valeur \notin ind_i.reference$

**Sorties** : Listes d'indicateurs liés par au moins un objectif commun

$\Omega \leftarrow$  l'ensemble des N indicateurs dans L

listeSC  $\leftarrow \emptyset$

**pour**  $dim \leftarrow N$  **à 1 faire**

/\* Il y a  $C_N^{dim}$  sous-ensembles de  $\Omega$  de taille  $dim$  \*/

**pour chaque** *Ens* de taille  $dim \subset \Omega$  **faire**

Inter  $\leftarrow \bigcap_{k=1}^{|Ens|} ind_k$  tel que  $ind_k \in Ens$

**si**  $Inter \neq \emptyset$  **et**  $Ens \notin listeSC$  **alors**

└ ajouter *Ens* dans listeSC

/\* Les N indicateurs dans  $\Omega$  ont été catégorisés \*/

**retourner** listeSC

---

une situation critique susceptible de déclencher une intervention et on l'ajoute à *listeSC*, sinon on refait la même chose pour des listes contenant N-2 indicateurs et ainsi de suite jusqu'à ce la taille des liste soit égale à 1.

La liste d'indicateurs obtenue en sortie de l'algorithme est suggestive, c'est-à-dire que ces liens sont faits *a priori* et les indicateurs sont présentés au tuteur avec les différents liens sémantiques entre eux. Par conséquent, la liberté est laissée au tuteur de modifier cette liste par l'ajout ou la suppression d'indicateurs caractérisant une situation critique. Le tuteur est celui qui décide en dernier lieu, des indicateurs qui ont réellement déclenché son intervention et qui ciblent les problèmes qu'il traite dans son intervention. Ainsi, dans le cas d'un indicateur qui fait partie de la caractérisation de deux situations critiques différentes par exemple, le tuteur a la possibilité d'inclure cet indicateur dans l'une ou l'autre de ces situations critiques, voire de le garder dans les deux.

### 2.3.2.3 Cas d'une intervention tutorale déclenchée par des indicateurs hiérarchisés

Dans notre travail, nous partons du principe que le tuteur était susceptible d'intervenir lorsque des indicateurs n'appartiennent pas à leurs domaines d'acceptabilité. Parmi ces indicateurs, certains peuvent être plus prioritaires que d'autres : ils reflètent des situations critiques pouvant nuire à la bonne réalisation de l'activité, lesquelles situations nécessitent absolument une intervention tutorale. Par exemple, pour un apprenant donné, un indicateur fait état d'un retard de 4 questions par rapport à la moyenne du groupe pour cet apprenant et un autre montre que cet apprenant n'a pas commenté son programme. Dans ce cas, la situation critique qui indique un retard de l'apprenant est plus urgente à traiter par rapport à celle qui indique que l'apprenant n'a pas commenté son programme.

Nous voulons identifier ce type d'indicateurs afin de permettre au tuteur de prendre des décisions de régulation et de déterminer plus rapidement et plus efficacement parmi les situations critiques présentes dans l'activité d'un apprenant, celles qui représentent un problème pouvant nuire à la bonne réalisation de l'activité. Cela décharge le tuteur et lui

évite de déduire lui-même ces informations en cours de session.

Pour atteindre notre objectif, nous proposons d'introduire un attribut *niveau critique* à la définition d'un indicateur.

L'attribut *niveau critique* d'un indicateur est représenté par une pondération afin d'établir le degré de priorité d'un indicateur par rapport à un autre. La pondération d'un indicateur a une valeur normalisée.

La valeur du niveau critique d'un indicateur peut être discrète ou continue.

Des valeurs discrètes peuvent par exemple appartenir à l'ensemble ordonné  $\{1,2,3\}$  pour lequel la valeur 3 refléterait une situation critique bloquante pour l'apprenant et qui nécessiterait un traitement urgent, la valeur 2 une situation critique susceptible d'être bloquante pour l'apprenant et la valeur 1 une situation critique non bloquante pour l'apprenant et dont le non traitement ne l'empêche pas de réaliser son activité. Ceci à l'instar de [Després 2001] qui propose dans les avertissements fournis au tuteur, trois niveaux : rouge, orange et vert pour indiquer le degré d'urgence du problème pointé par l'alerte.

Des valeurs continues par exemple peuvent appartenir à l'intervalle  $] 0 ; 1 ]$  pour lequel 1 correspondrait au niveau critique maximal.

En utilisant l'attribut *niveau critique* de l'indicateur, nous pouvons indiquer au tuteur parmi les indicateurs dont les valeurs n'appartiennent pas à leurs domaines d'acceptabilité, ceux qui ont une valeur de pondération élevée. Cela peut se concrétiser, par exemple, par la visualisation à l'écran tout d'abord des indicateurs dont le niveau critique est le plus élevé ou alors par la mise en surbrillance de ces indicateurs parmi les autres. Ainsi, le tuteur peut rapidement détecter les situations critiques les plus urgentes à traiter et prendre des décisions en conséquence.

Comme la pondération donnée à un indicateur (attribut *niveau critique*) reflète son degré d'urgence et de priorité, le choix d'une situation critique à traiter dans une intervention est influencée par cette pondération. Ainsi, plus grande est la pondération d'un indicateur caractérisant une situation critique, plus grande est l'urgence du traitement de cette situation et donc plus grande est la nécessité que cet indicateur revienne à la normale rapidement par rapport aux autres. Par conséquent, lorsqu'une intervention est déclenchée par plusieurs indicateurs la mesure des effets de cette intervention est influencée par l'évolution des indicateurs qui ont une pondération élevée.

Pour mesurer les effets d'une intervention tutorale lorsque celle-ci est déclenchée par des indicateurs possédant un attribut *niveau critique*, le principe est général est similaire que celui instauré dans l'algorithme 5. Toutefois, nous intégrons ce niveau de priorité dans le calcul de la tendance à travers une pondération de chaque indicateur ayant déclenché l'intervention. L'algorithme 7 décrit comment sont mesurés les effets d'une telle intervention.

Algorithme 7 - Mesure des effets d'une intervention tutorale

**Données** : Le méta-indicateur qui assure le suivi des valeurs des  $n$  indicateurs ayant déclenché l'intervention

**Résultat** : Les effets d'une intervention tutorale

tendance  $\leftarrow \arg \max\{taux_S, taux_A, taux_D, taux_{SE}, taux_{MNC}\}$ ,  
tel que

*/\* Dans l'ensemble cat, S correspond à Succès, A à Amélioration,  
D à Détérioration, SE à Sans Effet et MNC à Modification Non Corrective \*/*

$$cat = \{S, A, D, SE, MNC\}$$

$$taux_{cat} \leftarrow \frac{100 \times \sum_{i=1}^{n_{cat}} \alpha_i * (MI.evolInd_i.valeur = cat)}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \quad (A)$$

*/\*  $\alpha_i$  est la pondération de l'indicateur  $i$  t.q. plus  $\alpha_i$  est grand plus le niveau critique de l'indicateur est grand \*/*

*/\*  $n_{cat}$  est le nombre d'indicateurs dont l'évolution est cat \*/*

**si** (tendance = S) **et** (taux<sub>S</sub> = 100) **alors**

└ l'intervention a eu du succès

*/\* cat' ∈ {A, D, SE, MNC} \*/*

**sinon si** (tendance = cat') **et** (taux<sub>cat'</sub> = 100) **alors**

└ l'intervention a eu un effet cat'.

**sinon si** (tendance = SE **ou** tendance = D **ou** tendance = MNC) **et**

(taux<sub>SE</sub> + taux<sub>D</sub> + taux<sub>MNC</sub> = 100) **alors**

└ l'intervention a échoué.

**sinon si** (tendance = S **ou** tendance = A) **et**

(taux<sub>S</sub> + taux<sub>A</sub> = 100) **alors**

└ l'intervention a eu un effet positif.

**sinon**

└ l'intervention n'a pas eu les effets escomptés

└ mais elle a eu une effectivité dont la tendance est tendance

La donnée d'entrée de cet algorithme est un méta-indicateur possédant un attribut *evolInd* qui assure le suivi de la valeur de chaque indicateur à l'origine de l'intervention. Chacun de ces indicateurs possèdent un niveau critique caractérisé par une pondération  $\alpha$ . En sortie de l'algorithme, on obtient les effets de l'intervention ainsi que le détail de l'évolution de chaque indicateur à son origine.

Par rapport à l'algorithme 5 la modification vient principalement du calcul dans **(A)** qui ici, tient compte du niveau critique de l'indicateur à travers sa pondération. Ainsi, pour calculer le taux d'une catégorie donnée  $\in cat$ , on fait la somme des pondérations des indicateurs dont l'évolution est *cat* c'est-à-dire *MI.evolInd.valeur = cat*. Puis, on normalise cette somme en la multipliant par 100 et on la divise par la somme des pondérations de tous les indicateurs. Et enfin, on obtient la *tendance* en extrayant l'élément de *cat* dont le taux est le plus élevé.

### 2.3.3 Application de l'Approche Orientée Indicateurs

L'approche orientée indicateurs utilise différents attributs caractéristiques de la définition d'un indicateur. Selon le contexte d'apprentissage et le degré de détail escompté pour la mesure des effets d'une intervention tutorale, nous avons identifié différentes méthodes pour l'application de cette approche afin de mesurer et fournir au tuteur des informations sur les effets de son intervention.

Afin de mesurer les effets des interventions du tuteur, la mise en œuvre de l'Approche Orientée Indicateurs nécessite la mise en application d'une méthode que nous appelons **méthode fondamentale**. Elle consiste à fournir au tuteur des indicateurs pédagogiques sur l'activité de l'apprenant. Ces indicateurs pédagogiques doivent avoir un domaine d'acceptabilité de leurs valeurs. Ce domaine d'acceptabilité est établi par l'enseignant-concepteur au moment de la conception de l'indicateur.

L'implémentation de ce niveau nécessite l'utilisation :

- de l'algorithme 5 lorsque l'intervention est déclenchée par une situation critique caractérisée par plusieurs indicateurs ;
- des algorithmes 1, 2, 3 et 4 pour le calcul des méta-indicateurs.

En utilisant les différents attributs des indicateurs identifiés préalablement, trois autres méthodes ont été identifiées. Ces méthodes sont des extensions de la méthode fondamentale.

**La méthode 1** consiste à fournir au tuteur des indicateurs pédagogiques sur l'activité de l'apprenant. Ces indicateurs pédagogiques doivent avoir un domaine d'acceptabilité de leurs valeurs et un attribut *objectif* permettant de les lier entre eux sémantiquement.

La mise en application de ce niveau nécessite la contribution de l'enseignant concepteur qui en amont, au moment de la conception des l'indicateurs, se charge d'établir le domaine d'acceptabilité de ces indicateurs et d'identifier le tag de chaque indicateur.

L'implémentation de cette méthode nécessite l'utilisation :

- de l'algorithme 5 pour mesurer les effets de l'intervention tutorale lorsque celle-ci est déclenchée par une situation critique caractérisée par plusieurs indicateurs ;
- des algorithmes 1, 2, 3 et 4 pour le calcul des méta-indicateurs ;
- de l'algorithme 6 pour pouvoir suggérer au tuteur, au moment de son intervention, des indicateurs liés sémantiquement entre eux afin qu'il puisse identifier ceux qui relèvent du même problème.

**La méthode 2** consiste à fournir au tuteur des indicateurs pédagogiques sur l'activité de l'apprenant. Ces indicateurs pédagogiques doivent avoir un domaine d'acceptabilité de leurs valeurs et un attribut *niveau critique* permettant d'instaurer un niveau de priorité entre eux.

La mise en application de ce niveau nécessite la contribution de l'enseignant-concepteur qui en amont, au moment de la conception de l'indicateur, se charge d'une part, d'établir le domaine d'acceptabilité de ces indicateurs et d'autre part, d'identifier le niveau critique de chaque indicateur défini à travers une hiérarchisation des indicateurs entre eux.

L'implémentation de cette méthode nécessite l'utilisation :

- de l'algorithme 7 pour mesurer les effets de l'intervention tutorale ;

- des algorithmes 1, 2, 3 et 4 pour le calcul des méta-indicateurs.

**La méthode 3** permet de fournir au tuteur des informations sur les effets de ses interventions en utilisant de manière exhaustive l'Approche Orientée Indicateurs. Elle consiste à fournir au tuteur des indicateurs pédagogiques sur l'activité de l'apprenant. Ces indicateurs pédagogiques doivent avoir un domaine d'acceptabilité de leurs valeurs, *objectif* permettant de les lier entre eux sémantiquement et un attribut *niveau critique* permettant d'instaurer un niveau de priorité entre eux.

La mise en application de ce niveau nécessite la contribution de l'enseignant-concepteur au moment de la conception de l'indicateur. Cet enseignant-concepteur doit établir le domaine d'acceptabilité de ces indicateurs, déterminer leurs objectifs à travers un tag et enfin, identifier leurs niveaux critiques.

L'implémentation de cette méthode nécessite l'utilisation :

- de l'algorithme 7 pour mesurer les effets de l'intervention tutorale ;
- des algorithmes 1, 2, 3 et 4 pour le calcul des méta-indicateurs ;
- de l'algorithme 6 pour lier sémantiquement les indicateurs entre eux.

La figure 2.13 résume les différents attributs d'un indicateur utilisé selon l'application de l'Approche Orientée Indicateurs envisagé.

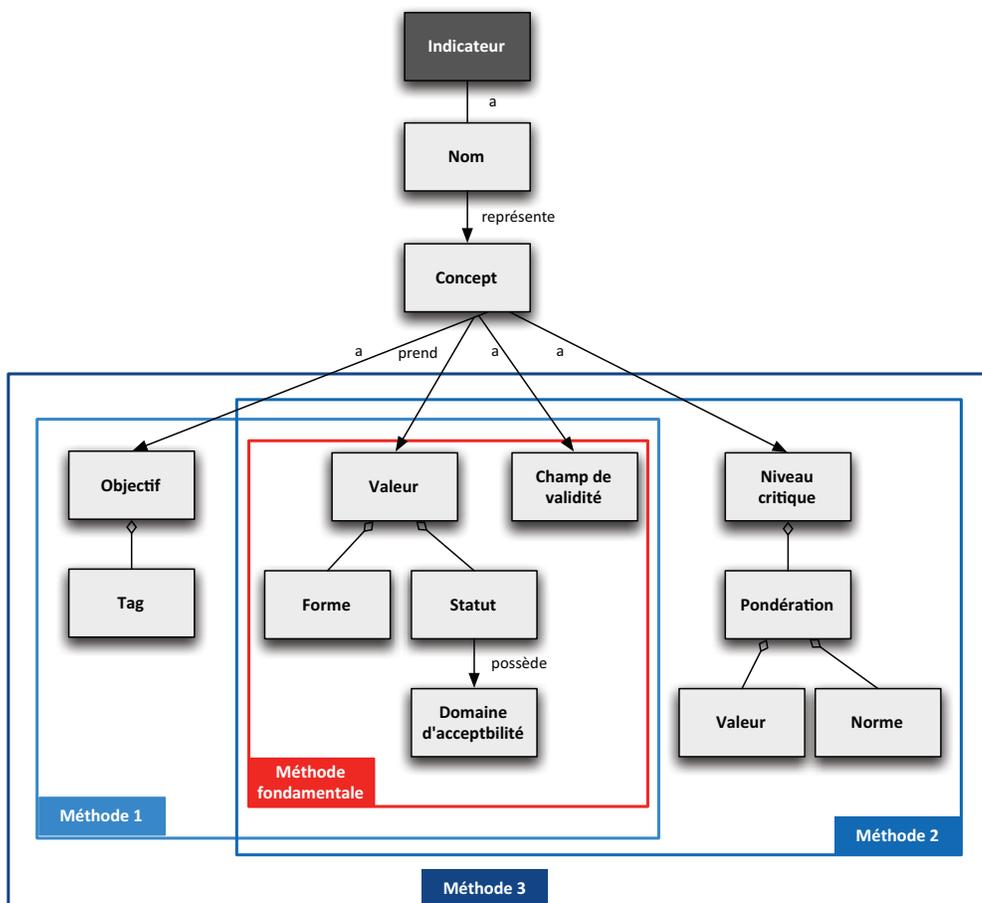


Figure 2.13 - Les attributs d'un indicateur (adapté de [Dimitracopoulou et al. 2005]) selon l'application des différentes méthodes pouvant être déployées pour l'Approche Orientée Indicateurs.

## 2.4 Discussion

### 2.4.1 Une approche générique

Dans les algorithmes de calcul des méta-indicateurs proposés, il n'est fait référence ni au domaine d'apprentissage, ni au type d'activité, ni à l'EIAH utilisé. Pour le calcul d'un méta-indicateur, il n'est tenu compte que de l'attribut domaine d'acceptabilité de l'indicateur dont il suit l'évolution ainsi que des attributs objectif et niveau critique, selon l'application envisagée de l'Approche Orientée Indicateurs.

De ce fait, notre démarche orientée indicateurs est générique et peut s'appliquer à n'importe quel EIAH tracé : elle consiste d'une part, pour l'enseignant-concepteur à définir des indicateurs et leurs domaines d'acceptabilité dans le domaine d'apprentissage considéré et d'autre part, pour l'informaticien, à implémenter les méthodes de calcul génériques des méta-indicateurs.

Les différentes possibilités d'application de l'Approche Orientée Indicateurs supposent un investissement de la part de l'enseignant-concepteur au moment de la conception des indicateurs. Outre la définition des domaines d'acceptabilité de ces indicateurs et selon l'application envisagée, l'enseignant doit identifier les objectifs fixés et/ou déterminer leurs niveaux critiques. Lorsqu'il identifie les objectifs, il procède à un travail de définition sémantique ; ceci à travers l'élaboration d'un graphe de concepts ou d'une ontologie avec l'aide, selon son expertise, d'un analyste. Lorsqu'il détermine les niveaux critiques, il hiérarchise alors les indicateurs selon leur degré de priorité.

### 2.4.2 Le champ d'application de l'Approche Orientée Indicateurs

L'Approche Orientée Indicateurs est une instanciation du modèle TeAMo. Toutefois, elle ne prend pas en compte la phase d'auto-réaction puisque notre objectif était de fournir au tuteur des informations sur les effets de ses actions. Cet objectif est relatif à la phase d'auto-évaluation.

La condition préalable à l'application de l'approche orientée indicateurs est de pouvoir calculer ces indicateurs sur l'activité de l'apprenant. Cela restreint sa mise en œuvre aux EIAH tracés [France et al. 2007] puisqu'il est nécessaire de collecter les traces d'activité des participants à la session d'apprentissage afin de pouvoir calculer les indicateurs et les méta-indicateurs.

Par ailleurs, pour pouvoir calculer les méta-indicateurs, quel que soit le niveau choisi, la condition préalable est d'avoir des indicateurs calibrés, c'est-à-dire des indicateurs ayant un domaine d'acceptabilité. Par conséquent, l'approche proposée permet de rendre compte au tuteur des interventions déclenchées par les indicateurs préalablement conçus. Cela exclut donc les interventions provoquées par des situations critiques non détectables par les indicateurs.

Pour prendre en compte ces situations critiques non détectables par les indicateurs préalablement conçus, il faudrait être capable de réaliser des outils permettant de définir à la volée des indicateurs pouvant être fournis au tuteur. Toutefois, dans l'état actuel de

la littérature (méthodes et outils existants) et compte tenu du temps d'élaboration des indicateurs, il nous semble difficile de déployer ce type d'outils en contexte écologique.

Nous avons évoqué précédemment la possibilité d'adaptation des indicateurs en cours d'utilisation en changeant la norme préalablement établie par la modification du domaine d'acceptabilité de l'indicateur. Cette éventualité est apparue au cours de nos expérimentations. En effet, lors de certaines interventions, les tuteurs voulaient « relâcher » certaines contraintes et adapter la norme au contexte et à l'apprenant.

Même si nous n'avons pas pu expérimenter en contexte écologique, la modification en cours de session de la norme pré-établie, compte-tenu du mode de calcul des méta-indicateurs proposés, on peut considérer que cette option rentre parfaitement dans le champ d'application de notre approche puisqu'il n'est tenu compte du domaine d'acceptabilité qu'au moment du déclenchement du calcul ; or, la modification survient en amont lors de l'intervention.

## 2.5 Conclusion sur le chapitre

Nous avons présenté dans ce chapitre notre proposition pour rendre compte au tuteur des effets de ses interventions : l'approche orientée indicateurs.

Après avoir défini ce qu'est une intervention tutorale dans notre contexte de travail, nous avons conduit une étude théorique sur la notion d'indicateur avant de présenter l'Approche Orientée Indicateurs proprement dite. Différents algorithmes sont proposés pour mesurer les effets d'une intervention tutorale, selon le niveau de mise en œuvre envisagée de l'approche et en fonction des informations issues du calcul du méta-indicateur. Ainsi, selon le contexte de formation envisagée et en fonction des données à disposition ainsi que de l'expertise et/ou implication du concepteur (tuteur, équipe pédagogique, etc), il est possible de choisir une mise en œuvre adaptée.

## **Chapitre 3**

# **Mise en œuvre de l'Approche Orientée Indicateurs**



Pour mettre en œuvre l'approche orientée indicateurs, nous avons adopté une démarche de conception mixte, à la fois participative (intégration de l'utilisateur dans le processus de conception) et itérative en utilisant l'EIAH tracé Hop3x.

L'objectif est de fournir au tuteur des outils lui permettant de visualiser des informations sur les effets de ses interventions. Pour cela, nous voulons calculer puis fournir au tuteur, d'une part, des indicateurs sur l'activité de l'apprenant et d'autre part, des méta-indicateurs assurant le suivi de l'évolution des indicateurs à l'origine de ses interventions.

Des outils et des fonctionnalités ont été développés dans Hop3x afin de permettre la visualisation de ces informations qui fournissent au tuteur des informations sur ses activités à travers une assistance informatique relative à la régulation de l'activité de l'apprenant et à l'auto-régulation tutorale conformément au modèle TeAMo (section 1.3).

Fournir au tuteur ces informations nécessitent d'une part, la modélisation et le calcul des indicateurs effectués *via* l'outil d'analyse UTL qui utilise le méta-langage UTL et le langage associé DCL4UTL. Et d'autre part, le calcul des méta-indicateurs réalisé *via* un outil de gestion des interventions que nous avons conçu.

### 3.1 Choix du contexte et du domaine d'apprentissage

L'EIAH Hop3x est un prototype développé et disponible au LIUM. Il est utilisé dans le cadre d'enseignement de la programmation informatique et notamment, de la programmation orientée objet.

Nous avons choisi d'utiliser cet EIAH puisqu'il était possible le faire évoluer compte tenu de son potentiel d'implémentation (développement modulaire) que nous avons analysé en 2009.

L'intérêt principal de cet EIAH est le fait qu'il soit tracé [France et al. 2007]. Il est donc possible de récolter les traces d'activités de l'apprenant et de les utiliser afin de calculer les indicateurs.

L'utilisation de l'EIAH Hop3x nous intéresse plus particulièrement dans le cadre des activités de travaux pratiques de l'Unité d'Enseignement (U.E.) « Programmation Orientée Objet et Java » qui est dispensée aux étudiants de 3<sup>ème</sup> année d'Informatique à l'Université du Maine [DeptInfo 2012]. En effet, l'enseignement de la POO est présente partout et offre autant de terrains d'expérimentations.

Par ailleurs, il y avait un réel besoin d'assistance informatique. En effet, l'outil utilisé pour les TP offrait au tuteur une visualisation en temps réel de l'activité de l'apprenant. Toutefois, il ne pouvait pas capturer tous les moments intéressants et les situations critiques dans l'activité de l'apprenant. En outre, le tuteur devait effectuer à chaque fois une analyse de la production de l'apprenant pour percevoir ce type de situation.

Les activités de TP étaient riches en besoin d'observation *a priori* et donc d'indicateurs potentiellement intéressants du point de vue pédagogique. Cela nous a permis d'éprouver l'Approche Orientée Indicateurs sur une grande quantité de données et ainsi d'avoir une meilleure vision de l'impact de notre proposition.

Le choix de ce contexte d'apprentissage a également été dicté par la volonté d'implication et la disponibilité de l'équipe pédagogique responsable de l'U.E. Cette équipe pédagogique était prête à s'investir dans l'analyse des activités de TP proposées aux apprenants afin d'extraire leurs besoins d'observation et participer aux différentes expérimentations envisagées.

## 3.2 Présentation de l'EIAH Hop3x

Hop3x est un EIAH tracé qui n'est pas dépendant d'un système d'exploitation particulier. Ce système permet au tuteur de suivre en temps réel l'activité de programmation des apprenants. Hop3x est un dispositif de type client-serveur. Il est constitué de trois environnements : Hop3x-Serveur, Hop3x-Étudiant et Hop3x-Enseignant.

La figure 3.1 présente l'architecture générale de l'EIAH tracé Hop3x.

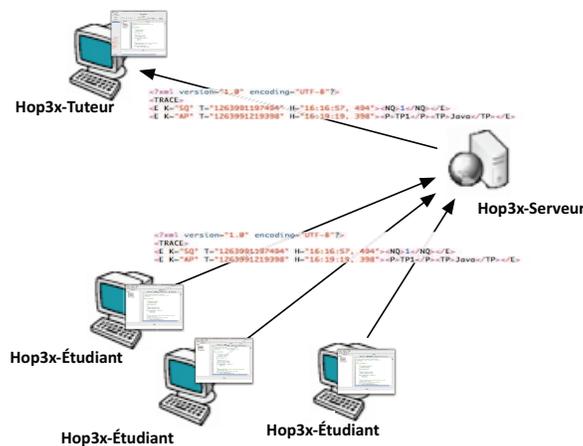


Figure 3.1 – Architecture générale de l'EIAH Hop3x.

### 3.2.1 L'application Hop3x-Serveur

Hop3x-Serveur assure la collecte et la sauvegarde des traces d'interaction des utilisateurs sous forme d'événements Hop3x en utilisant le format XML. La figure 3.2 présente un extrait d'un fichier de traces d'activité d'un apprenant ayant utilisé Hop3x. Ces événements sont générés automatiquement comme trace de l'activité de l'apprenant lorsque celui-ci effectue une action. Tous les événements sont datés et mentionnent l'heure à laquelle a été effectuée l'action. Un événement spécifie le nom du fichier ou du projet cible de l'action et précise la position de l'action dans le cas d'une insertion de texte ou d'une suppression, par exemple.

Un événement Hop3x peut être de type création (K="AP") ou suppression (K="SP") de projet, ajout (K="AF") ou suppression (K="SF") de fichier, insertion (K="IT") ou suppression (K="ST") de texte, compilation manuelle (K="CM"), exécution (K="E"), sélection question (K="SQ").

En annexe A, le tableau A.1 résume les principaux événements Hop3x.



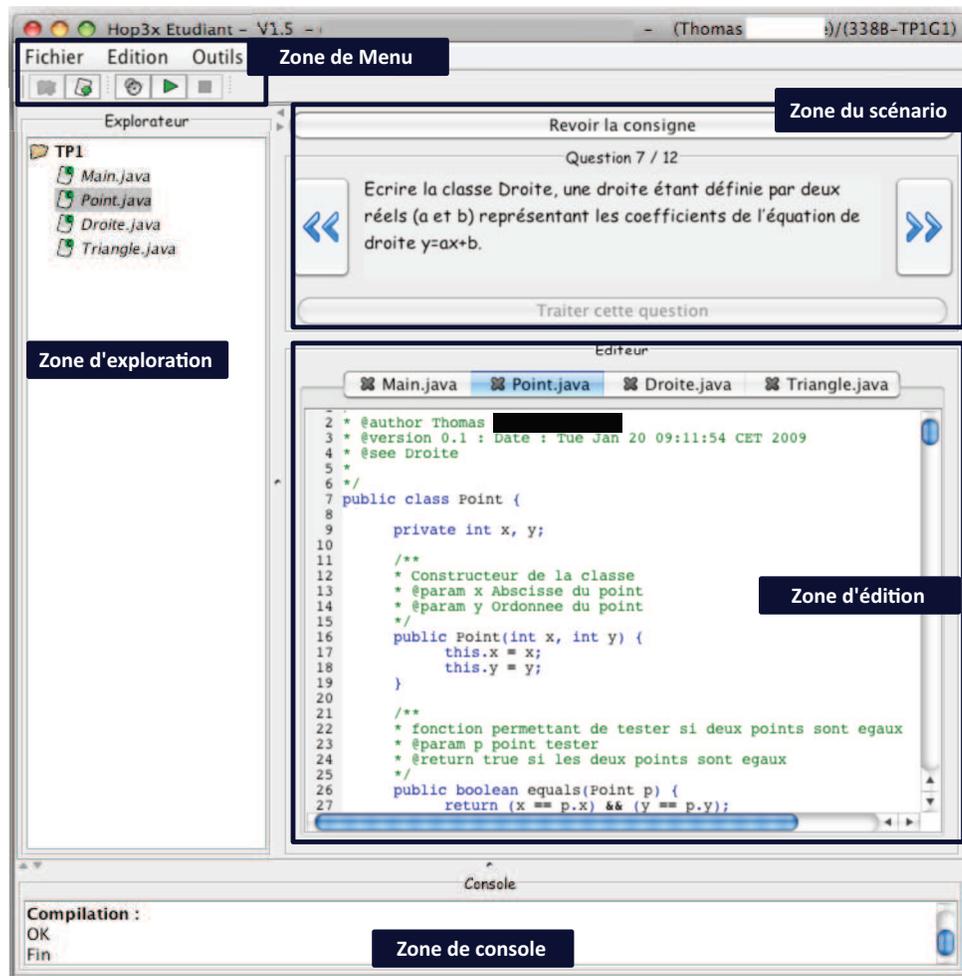


Figure 3.3 – L'interface de l'environnement Hop3x-Étudiant.

### 3.2.3 L'environnement Tuteur : Hop3x-Enseignant

Hop3x-Enseignant est un outil de supervision destiné au tuteur. Cet environnement de suivi lui permet de suivre individuellement l'activité d'un groupe d'apprenants engagés dans la réalisation de travaux pratiques.

L'environnement permet le suivi en temps réel de l'activité de l'apprenant. Pour cela, les événements produits par les apprenants connectés à la session sont envoyés de manière synchrone depuis le serveur vers le poste client de tous les tuteurs connectés.

Une fonctionnalité de rejeu grâce aux éléments de contrôle permet de reconstituer l'activité de l'apprenant à un moment donné. Des boutons de navigation permettent au tuteur de déclencher la lecture des événements à partir d'une date déterminée, de faire une pause dans la lecture ou d'arrêter le rejeu tout en contrôlant sa vitesse (lecture des événements plus ou moins rapide) ainsi que son sens (lecture des événements en avant ou en arrière).

L'interface de l'environnement Hop3x-Enseignant est composée de quatre zones principales : la zone de suivi de l'activité de l'apprenant, la zone de classe virtuelle, la zone de contrôle et la zone de menu. la figure 3.4 présente cette interface ainsi que la délimitation des différentes zones.

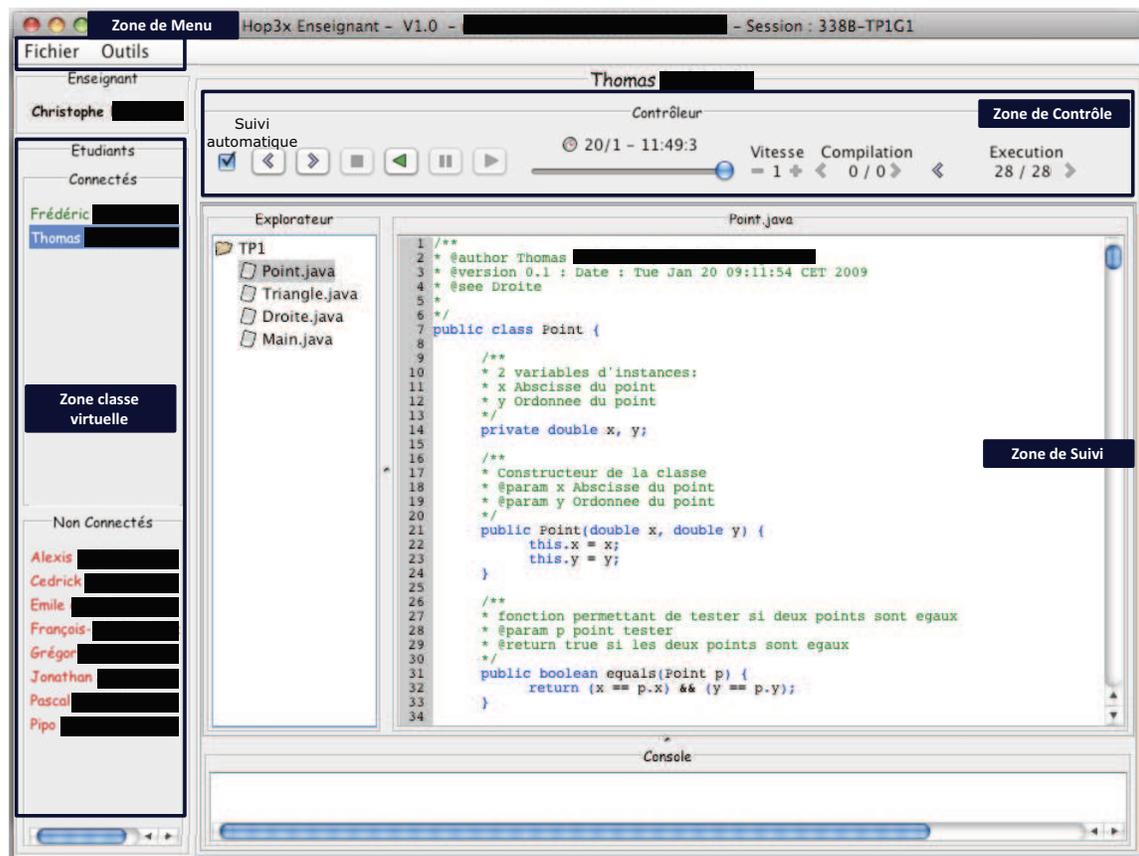


Figure 3.4 – L'interface de l'environnement Hop3x-Enseignant.

**La zone de suivi de l'activité de l'apprenant** est constituée des mêmes composants principaux que ceux de l'interface apprenant. Une zone d'exploration du projet permet au tuteur de naviguer entre les fichiers. Une zone de sortie console et une zone d'édition pour la visualisation en temps réel de ce que fait l'apprenant : ses actions (compilations, exécutions, codage) ainsi que les moments où il est inactif dans l'environnement.

**La zone classe virtuelle** permet au tuteur d'avoir la liste des apprenants inscrits à la session d'apprentissage ainsi que leurs statuts (connectés/déconnectés). C'est aussi une zone de navigation qui autorise le tuteur à sélectionner l'apprenant dont il souhaite visualiser l'activité dans la zone de suivi

**La zone de contrôle** permet au tuteur de faire du rejeu à travers la visualisation de la production de l'apprenant à un instant donné. Le rejeu peut se faire soit de manière continue en positionnant la tête de lecture à une date déterminée et en déclenchant la lecture des événements, soit de manière discrète à travers une navigation de compilation en compilation par exemple.

Afin de mettre en œuvre l'Approche Orientée Indicateurs en utilisant Hop3x, nous avons développé différents outils et fonctionnalités. Cela afin d'assurer également l'instrumentation du modèle TeAMo à travers des outils dédiés à la régulation de l'activité de l'apprenant d'une part, et à l'auto-régulation tutorale d'autre part. Nous avons ainsi réalisé une interface composée de deux espaces : espace Apprenant et espace Tuteur, permettant au tuteur de visualiser les informations relatives à la régulation de l'activité de l'apprenant et à l'auto-régulation tutorale. La figure 3.5 présente cette interface.

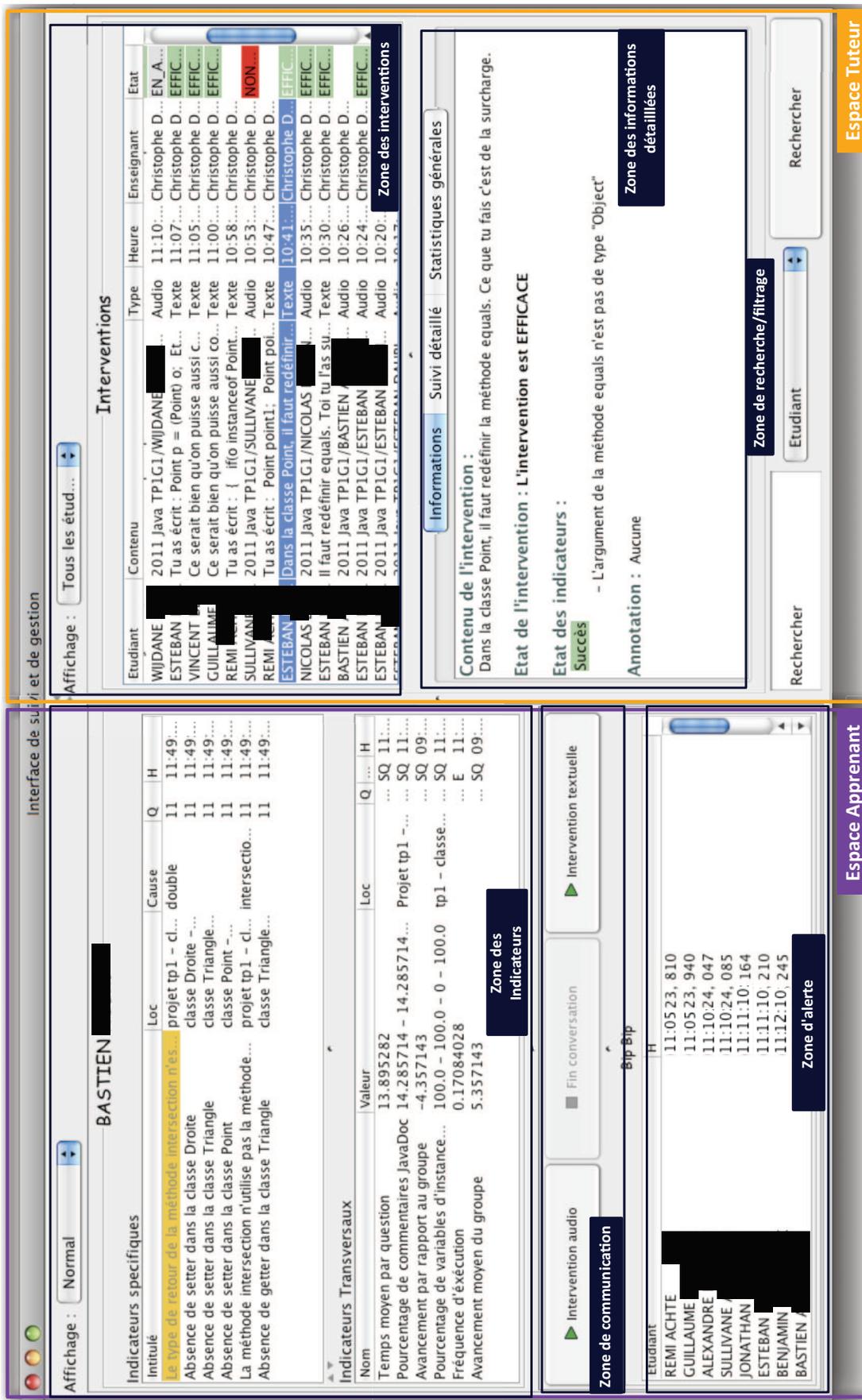


Figure 3.5 – L'interface de l'environnement Hop3x-Enseignant (version en multi-fenêtrage).

### 3.2.3.1 L'espace Apprenant

L'espace Apprenant est constitué de trois zones. Chacune de ces zones a été réalisé afin de soutenir la régulation de l'activité de l'apprenant à travers l'instrumentation des différentes phases du modèle TeAMo (cf. section 1.3) et conformément à l'Approche Orientée Indicateurs.

Hop3x assure déjà l'instrumentation de la phase d'observation du modèle TeAMo à travers l'interface de visualisation en temps réel de l'activité de l'apprenant. *La zone des indicateurs* et *la zone d'alerte* correspondent à l'instrumentation de la phase d'évaluation et *la zone de communication* correspond elle au soutien à la phase de réaction.

#### 3.2.3.1.1 La zone des indicateurs

Afin de permettre au tuteur de visualiser les indicateurs sur l'activité de l'apprenant, un outil de visualisation de ces indicateurs a été mise en place dans cette zone.

Compte tenu du nombre d'indicateurs définis pour les activités à réaliser (en moyenne 80 indicateurs par activité), la visualisation d'une telle quantité est fastidieuse pour le tuteur. Seuls les indicateurs n'appartenant pas à leurs domaines d'acceptabilité et faisant état donc de l'existence de situations critiques, sont fournis au tuteur.

La zone des indicateurs est constituée d'une partie dédiée aux indicateurs, dits spécifiques et d'une autre dédiée, aux indicateurs dits transversaux. Les indicateurs spécifiques sont des indicateurs de besoins d'observation issus d'un scénario pédagogique particulier en POO, alors que les indicateurs transversaux ne sont pas liés à un scénario pédagogique particulier.

Les indicateurs sont présentés au tuteur avec

- un intitulé dont le contenu est compréhensible par le tuteur<sup>1</sup> ;
- une localisation qui précise la localisation de ce que représente l'indicateur dans l'activité de l'apprenant ;
- la cause de la non-acceptabilité de la valeur de l'indicateur. Le contenu est construit automatiquement à partir d'une carte de correspondance entre le domaine d'acceptabilité de l'indicateur, sa valeur réelle et son nom ;
- la question traitée par l'apprenant au moment du calcul de l'indicateur ;
- l'heure à laquelle l'indicateur a été calculé.

Ces indicateurs peuvent être recalculés à la demande par le tuteur. Le résultat de cette requête de calcul explicite engendre la mise à jour des valeurs des indicateurs visualisés.

Le tuteur a la possibilité de personnaliser la visualisation des indicateurs en « cachant » certains indicateurs de la liste des indicateurs qui lui sont présentés. Cette option de filtrage a été utilisée lors des expérimentations, lorsque le tuteur estime qu'un indicateur n'est pas/plus pertinent pour l'apprenant. À tout moment de la session, le tuteur a la possibilité de visualiser à nouveau les indicateurs qu'il a exclus.

Cette interface permet la mise en application de l'approche déclarative que nous détaillons en section 3.4.1. Cette approche a pour objectif d'identifier les indicateurs

1. Ce contenu est construit automatiquement à partir d'une carte de correspondance entre le nom de l'indicateur calculé fourni par le module de calcul d'indicateurs (outil d'analyse UTL que nous présentons en Annexe D.3) et un intitulé.

liés à une intervention tutorale. Elle consiste pour le tuteur en une sélection d'un ou plusieurs indicateurs dans la liste des indicateurs qui lui sont présentés au moment de son intervention : c'est la sélection pré-intervention. Le tuteur a la possibilité, par ailleurs, de modifier cette sélection grâce à la fiche d'intervention qui lui est soumise post-intervention. Une fonctionnalité permet au tuteur, lorsqu'il sélectionne un indicateur, de mettre en surbrillance tous les indicateurs qui y sont liés afin qu'il puisse également les sélectionner s'il le désire pour la caractérisation de la situation critique traitée, dans son intervention.

En outre, si le tuteur sélectionne un indicateur ayant été à l'origine d'une précédente intervention, il est alerté par cet état de fait à l'écran. Une mise en surbrillance de l'indicateur mis en cause (cf. Figure 3.5 pour l'indicateur en surbrillance jaune) est d'une part proposée, une mise en surbrillance de l'intervention correspondante dans l'espace Tuteur est également offerte.

Ce lien entre indicateurs et intervention indique au tuteur que l'indicateur mis en cause a déjà été traité, nonobstant les effets de la précédente intervention. Il permet au tuteur de prendre des décisions de régulation et d'auto-régulation adéquates.

#### 3.2.3.1.2 La zone d'alerte

Afin d'avertir le tuteur d'un changement dans l'activité de l'apprenant, des alertes lui sont fournies. Ces alertes sont envoyées au tuteur en fonction du résultat du calcul des indicateurs de l'activité de l'apprenant. Ainsi, suite au calcul de ces indicateurs, le tuteur est averti de l'existence de valeurs d'indicateurs n'appartenant pas à leurs domaines d'acceptabilité et donc de l'apparition de situations critiques dans l'activité de l'apprenant. Il peut ainsi prendre des décisions de régulation et intervenir s'il le juge nécessaire. L'outil d'alerte indique le nom de l'apprenant dont l'activité contient au moins une situation critique et l'heure à laquelle l'alerte est envoyée.

#### 3.2.3.1.3 La zone de communication

Afin d'assister la phase de réaction et ainsi permettre au tuteur d'intervenir, nous avons développée des outils d'intervention permettant la communication entre le tuteur et l'apprenant. Cette zone de communication permet au tuteur d'intervenir en mode texte ou en mode audio.

Une intervention textuelle consiste pour le tuteur à envoyer un message à l'apprenant. Le contenu de cette intervention textuelle peut contenir une portion du code du programme de l'apprenant. Pour cela, le tuteur sélectionne la partie qu'il veut montrer à l'apprenant et celle-ci s'intègre automatiquement dans le message. Cela s'avère utile lorsque le tuteur veut cibler un détail particulier du programme de l'apprenant.

La figure 3.6 présente la fenêtre de communication qui s'ouvre lorsque le tuteur rédige un message à l'attention de l'apprenant. En cliquant sur le bouton envoyer le tuteur, le message apparaît sur l'écran de l'apprenant ; par ailleurs, ce dernier peut à tout moment, revoir les messages envoyés par le tuteur.

Lors des expérimentations, ce mode de communication a été très souvent utilisé car il est moins intrusif pour l'apprenant, mais aussi moins lourd à entreprendre puisqu'il n'engage pas les interlocuteurs à une communication synchrone bidirectionnelle, souvent

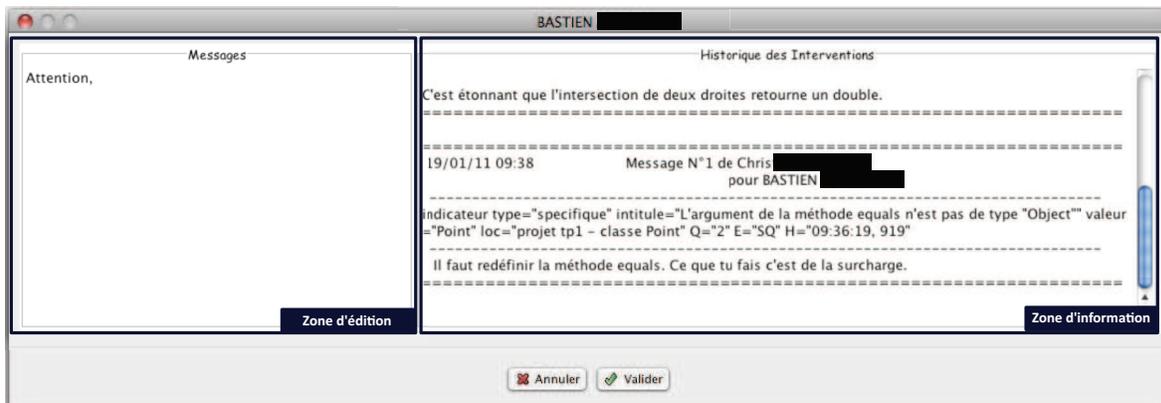


Figure 3.6 – Interface permettant au tuteur de rédiger le contenu d’une intervention textuelle.

chronophage. L’analyse de ces expérimentations a montré que ce type d’intervention a été le plus souvent utilisé pour des interventions relatives à des concepts simples, à des rappels de consignes ou à des remarques.

Une des fonctionnalités de cet outil a été mis en place lors de notre dernière expérimentation suite à un besoin explicite tutorial : il s’agit de l’envoi d’un message texte groupé. En effet, le tuteur, dans certaines circonstances et notamment, lorsqu’une même situation critique existe dans l’activité de plusieurs apprenants, veut effectuer la même intervention pour ce groupe d’apprenants. Dans ce cas, concrètement, une seule intervention est effectuée par le tuteur. Toutefois, un méta-indicateur est créé automatiquement pour le suivi des indicateurs de chaque apprenant. Une autre utilisation de cette fonctionnalité est le rappel de consignes groupées aux apprenants ; par exemple, la compilation régulière du programme.

Une intervention en mode audio consiste pour le tuteur à engager une conversation audio avec l’apprenant. L’initiative du début et de la fin de cette conversation appartient exclusivement au tuteur.

Le contenu de l’intervention audio est enregistré sur le poste enseignant. Le tuteur a la possibilité de ré-écouter cet enregistrement.

Lors des expérimentations, ce mode de communication a été moins souvent utilisé par rapport à celui en mode texte. L’analyse de ces expérimentations a montré que le tuteur choisit ce type d’intervention lorsque le concept mis en cause était un concept compliqué ; par exemple, lorsqu’il fournissait des explications sur la différence entre la notion de redéfinition et de surcharge (Question 2 - TP1, cf. section 4.1.1 ). Pour une intervention sur des notions difficiles de ce type, la communication bidirectionnelle est préférée par le tuteur.

### 3.2.3.2 L’espace Tuteur

L’espace Tuteur est composé de trois zones : *la zone des interventions*, *la zone des informations détaillées* et *la zone de recherche/filtrage*. Ces zones ont été réalisées afin d’apporter une aide à l’auto-régulation tutorale à travers l’instrumentation des phases

d'auto-observation et d'auto-évaluation du modèle TeAMo (cf. section 1.3) et conformément à l'Approche Orientée Indicateurs.

### 3.2.3.2.1 La zone des interventions

Cette zone permet au tuteur de visualiser les interventions préalablement effectuées. La figure 3.7 présente cette zone des interventions, lesquelles sont présentées avec différentes informations telles que :

- le nom de l'apprenant bénéficiaire ;
- le contenu de l'intervention ;  
Si l'intervention est de type texte, une partie du contenu de l'intervention est visible si celui-ci est trop long. Le tuteur peut passer la souris sur cette zone afin de visualiser le contenu entier de l'intervention. Pour le cas des interventions de type audio, l'url du fichier audio enregistré est indiquée au tuteur.  
Ce contenu est par ailleurs visible dans la zone des informations détaillées ;
- le type de l'intervention : texte ou audio ;
- l'heure à laquelle l'intervention a été effectuée ;
- l'état de l'intervention qui correspond au résultat du calcul du méta-indicateur ; celui-ci indique si l'intervention a été effective ou non. Lorsque le calcul du méta-indicateur n'a pas encore été déclenché, l'état de l'intervention indique « en attente ». Cet état peut ne rien indiquer lorsqu'il n'y a pas eu d'indicateurs sélectionnés lors de l'intervention. Dans ce cas, aucun méta-indicateur n'est créé.  
Un code couleur a été mis en place afin de permettre au tuteur d'identifier rapidement les effets réels de son intervention : gris pour les interventions en attente, vert pour les interventions effectives, rouge pour les interventions qui ont échoué, vert-orange pour une des interventions n'ayant pas eu les effets escomptés, mais dont la tendance tend plutôt vers l'effectivité positive et rouge-orange pour les autres.

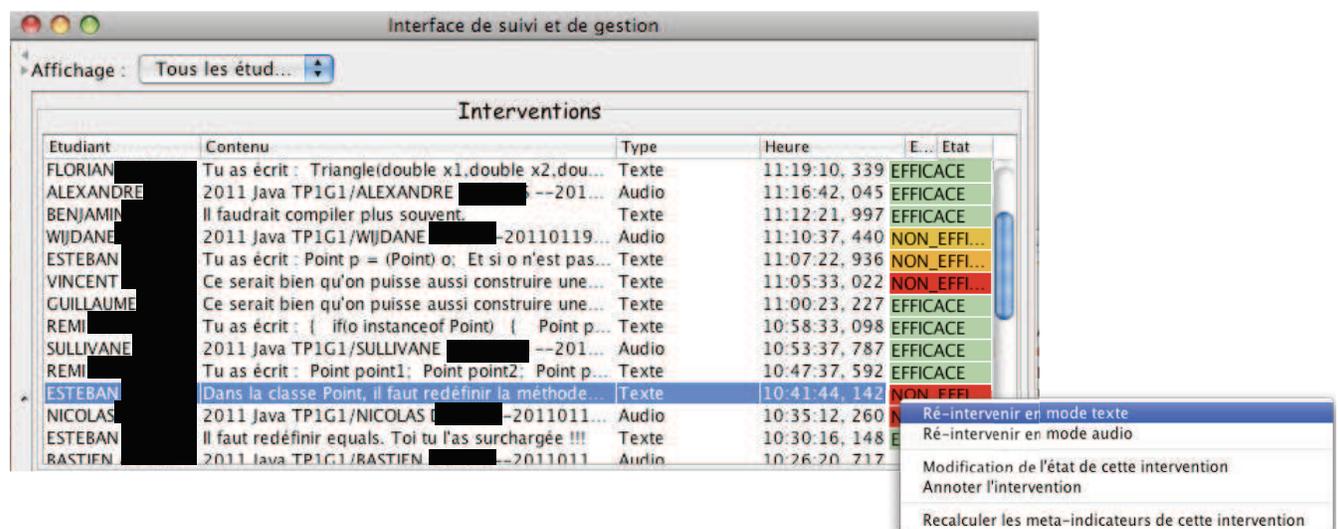


Figure 3.7 – L'interface permettant de visualiser la zone d'interventions

Le tuteur a la possibilité de demander le recalcul du méta-indicateur d'une intervention. Pour cela, il sélectionne l'intervention, fait un clic droit et choisit l'option « Recalcul du méta-indicateur » (cf. figure 3.7). Le résultat de cette requête de calcul engendre la mise à jour des valeurs du méta-indicateur visualisé.

Cette interface joue le rôle de répertoire des interventions. Le tuteur a la possibilité de visualiser toutes les interventions effectuées et d'en faire un suivi global. Ces interventions lui sont présentées par défaut par ordre chronologique (du plus récent au plus ancien). Une fonctionnalité de tri permet au tuteur de choisir le critère de visualisation selon les informations caractéristiques de l'intervention qui lui sont présentées : type d'intervention, état de l'intervention, etc.

En outre, cette interface permet au tuteur de choisir entre un mode de suivi global du groupe ou un mode de suivi individuel. Dans le mode de suivi global, toutes les interventions sont visibles et peuvent être supervisées en même temps. Dans le mode de suivi individuel, seules les interventions de l'apprenant sélectionné par le tuteur dans la zone Classe virtuelle sont visibles.

Ce type de suivi individuel a été utilisé au cours des expérimentations lorsque le tuteur effectue plusieurs interventions et que le suivi global ne donne plus la possibilité de voir toutes les interventions en une seule fois.

Il permet le basculement automatique de toutes les informations visualisées dans l'espace Apprenant et dans l'espace Tuteur exclusivement sur l'apprenant sélectionné. Ainsi, le tuteur peut voir rapidement le nombre d'interventions effectuées pour un apprenant donné, mais aussi les apprenants pour lesquels il n'est jamais intervenu.

De la même manière que pour la zone des indicateurs, le tuteur a la possibilité de « cacher » certaines interventions dont il ne veut pas/plus assurer la supervision. Lors des expérimentations, cela s'est produit par exemple parce les interventions ont été effectives ou encore lorsqu'il n'y a pas eu d'indicateurs sélectionnés au moment de l'intervention. À tout moment, le tuteur peut choisir de visualiser à nouveau ces informations cachées.

En sélectionnant une intervention, diverses possibilités sont fournies au tuteur. Il peut :

- demander le recalcul du méta-indicateur ;
- annoter l'intervention ;
- changer le statut d'une intervention. Cette option permet au tuteur de considérer une intervention effective et d'arrêter le calcul du méta-indicateur. Selon les circonstances, le tuteur peut estimer qu'une intervention est effective en dépit du fait que les valeurs des indicateurs qui l'ont déclenché ne retournent pas dans leurs domaines d'acceptabilité.

Lors des expérimentations, cette option a été choisie par les tuteurs lorsqu'ils considéraient que l'apprenant avait effectué la remédiation demandée et que l'intervention avait eu les effets escomptés bien, que la valeur du méta-indicateur ne soit pas *Succès*.

- ré-intervenir en choisissant une intervention textuelle ou audio. L'option de ré-intervention permet au tuteur de lier explicitement la nouvelle intervention à l'intervention sélectionnée. Une ré-intervention est considérée comme une intervention

qui porte sur exactement la même situation critique qu'une intervention initialement effectuée, appelée intervention originelle.

### 3.2.3.2.2 La zone des informations détaillées

Cet outil de suivi détaillée d'une intervention se situe dans la zone des informations détaillées de l'espace Tuteur. Cette zone est constituée de trois onglets : l'onglet information, l'onglet informations détaillées et l'onglet statistiques. Elle permet au tuteur de visualiser les informations plus précises sur une intervention sélectionnée dans la zone des interventions.

L'onglet « information » donne au tuteur le détail du méta-indicateur. Pour cela, une présentation de l'évolution de chaque indicateur dont il assure le suivi de l'évolution est effectuée.

En outre, un récapitulatif détaillé des caractéristiques de l'intervention originelle est fourni au tuteur : contenu, type, etc.

L'onglet « informations » détaillées présente dans le détail au tuteur l'historique de l'intervention originelle en énumérant toutes les ré-interventions liées et les caractéristiques de ces ré-interventions (type d'intervention, contenu, etc.).

Le tuteur peut visualiser dans cet onglet le récapitulatif des différentes valeurs du méta-indicateur donnant le feedback sur les effets de l'intervention sélectionnée. Par ailleurs, pour chacune de ces valeurs, le détail de l'évolution des indicateurs dont il assure le suivi est également fourni.

L'onglet « statistiques globales » donne au tuteur des informations d'ordre un peu plus générale telles que le nombre d'interventions moyen par étudiant, le nombre d'interventions audio ou texte, le nombre d'interventions maximal et l'apprenant concerné ainsi que les apprenants pour lesquels le tuteur n'est pas encore intervenu.

### 3.2.3.2.3 La zone de recherche/filtrage

Cette zone permet au tuteur d'effectuer une recherche d'interventions selon des critères spécifiques : tuteur, apprenant, contenu de l'intervention, etc. Par exemple, le tuteur peut rechercher toutes les interventions effectuées pour un apprenant.

Hop3x permet le suivi d'une session d'apprentissage par plusieurs tuteurs. Nous avons également prévu ce co-tutorat dans le suivi des interventions afin qu'en cours de session un autre tuteur puisse venir assurer le suivi. La continuité de l'accompagnement est ainsi préservée qu'elle que soit la situation d'enseignement.

La problématique de la visibilité et la visualisation des interventions d'un tuteur par un autre peut être soulevée. Cette question peut être réglée par des degrés d'accessibilité. Par exemple par défaut, les interventions sont visibles, mais le tuteur qui réalise l'intervention a la possibilité de spécifier ce qui peut être accessible aux autres (contenu, effets de l'intervention, etc.).

La zone de recherche filtrage a été utilisée en session pour rechercher un mot clé dans une intervention déjà effectuée ; le tuteur voulait refaire la même intervention pour un autre apprenant. Pour trier les interventions, qui par défaut, sont triées par ordre chronologique,

les tuteurs choisissaient de mettre en haut de la liste celles qui n'avaient pas eu les effets escomptés.

### 3.3 Élaboration des indicateurs

#### 3.3.1 Modélisation et calcul des indicateurs

Des travaux de recherche se sont intéressés à l'élaboration d'indicateurs. Certains se sont attachés à définir des indicateurs dans un contexte particulier ; nous pensons notamment aux travaux de [Bousbia et al. 2009] dans le cadre du web pour les indicateurs concernant la détection des styles d'apprentissage, ou à ceux de [May 2009] et [Bratitsis et Dimitracopoulou 2005] dans le cadre de forums pour les indicateurs d'activité. Notre objectif n'est pas de spécifier des indicateurs dans un contexte particulier ni d'élaborer des méthodes de calculs *ad hoc* pour la mise en œuvre de l'Approche Orientée Indicateurs. Nous voulons utiliser des méthodes génériques permettant de modéliser et de calculer ces indicateurs à partir de la trace. Dans cette section ; nous présentons des travaux qui se sont intéressés à la mise en place de telles méthodes.

##### 3.3.1.1 UTL : Usage Tracking Language

Sur les fondements des travaux issus des projets du réseau européen Kaléidoscope et notamment du projet DPLUS [DPULS 2005], UTL est un méta-langage qui a été conçu afin de faciliter l'analyse des traces d'interactions [Choquet et Iksal 2007]. Il permet la description de données nécessaires à l'analyse des traces, indépendamment du langage de scénarisation et du format de représentation des différentes traces. Il a pour objectif de définir des besoins d'observation et de spécifier les moyens techniques pour acquérir les données à observer. Par ailleurs, UTL vise à capitaliser le savoir-faire en terme de technique d'analyse de l'observation (indicateurs, méthodes de calcul). Le modèle conceptuel du langage UTL est composé de trois parties (Figure 3.8) :

- **UTL-Patron** (UTL-P) décrit la structure d'une donnée en s'inspirant de la description des données établies par le projet européen DPLUS [DPULS 2005] ;
- **UTL-Scenario** (UTL-S) lie la description des indicateurs au scénario pédagogique ;
- **UTL-Trace** (UTL-T) lie la description d'une donnée collectée à la donnée observée dans l'EIAH.

Les deux principaux types de données modélisées dans UTL sont repris de la typologie identifiée dans [DPULS 2005] : les données primaires et les données dérivées.

Une donnée primaire n'est ni calculée ni établie à partir d'autres données. Elle peut être de type :

- *additional datum*, c'est-à-dire une donnée additionnelle liée à la situation pédagogique et dont la nature peut être très diverse *e.g.* une taxonomie, une donnée *ad hoc* ;
- *content datum*, c'est-à-dire une donnée de production laissée volontairement par les participants à la session d'apprentissage telle que les travaux réalisés par l'apprenant ou un rapport établi par le tuteur sur la qualité de l'activité ;

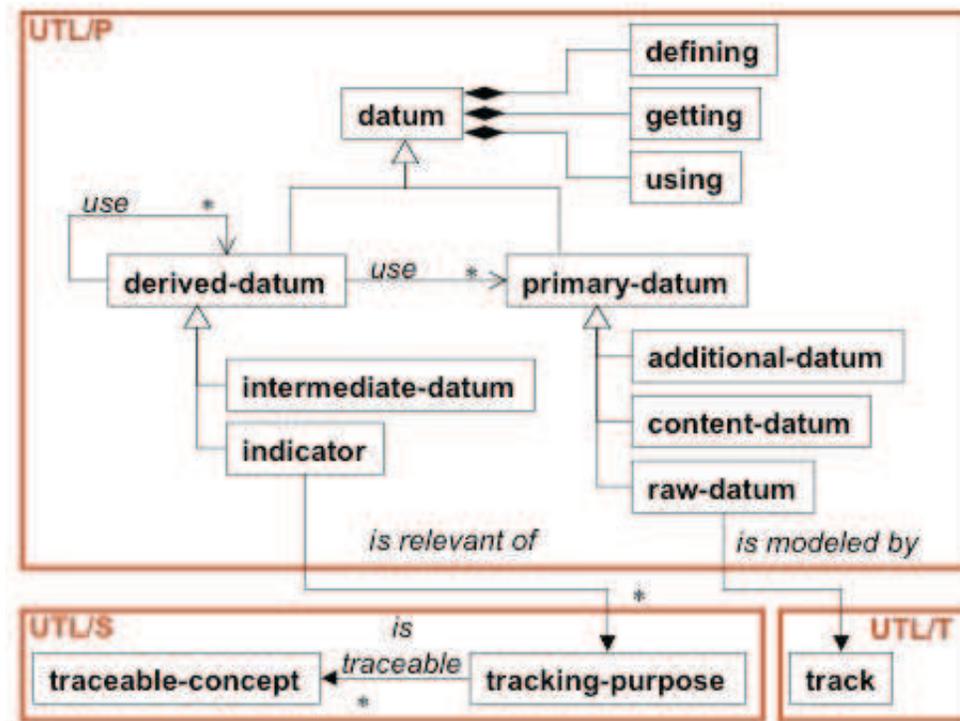


Figure 3.8 – Le modèle conceptuel du méta-langage UTL [Choquet et Iksal 2007]

- *raw datum*, c'est-à-dire une donnée brute issue de la transformation de la trace collectée avant, pendant ou après la session d'apprentissage dans un format indépendant du dispositif d'apprentissage; par exemple, les fichiers *logs* ou les messages postés dans un forum.

Une donnée dérivée est calculée ou établie à partir d'autres données dérivées ou de données primaires. Elle peut être, soit une donnée intermédiaire, soit un indicateur. Une donnée intermédiaire est une donnée nécessaire au calcul d'un indicateur; toutefois, elle n'a pas de signification pédagogique en soi. En revanche, un indicateur est une donnée pédagogiquement significative, témoignant de la qualité de l'interaction, de l'activité et de l'apprentissage dans un EIAH [Choquet et Iksal 2007].

Les types de données de UTL-P sont décrits selon trois facettes du modèle **DGU** (Defining-Getting-Using) présenté dans la figure 3.9. La facette *defining* concerne la modélisation du besoin d'observation. La facette *getting* concerne la modélisation du moyen d'observation. La facette *using* concerne l'utilisation faite de la donnée observée.

Le méta-langage UTL permet la description d'un indicateur; il détaille les données nécessaires à son obtention ainsi que l'usage qui va en être fait. UTL dispose d'un langage associé, DC4UTL qui permet de spécifier de manière formelle des méthodes de calcul d'indicateurs grâce aux travaux de [Pham Thi Ngoc et al. 2009]. [Pham Thi Ngoc 2011] propose une méthode générique pour la modélisation du calcul d'indicateurs à partir des traces modélisées avec UTL.

En ayant recours à cette description, on peut distinguer quatre étapes pour définir une

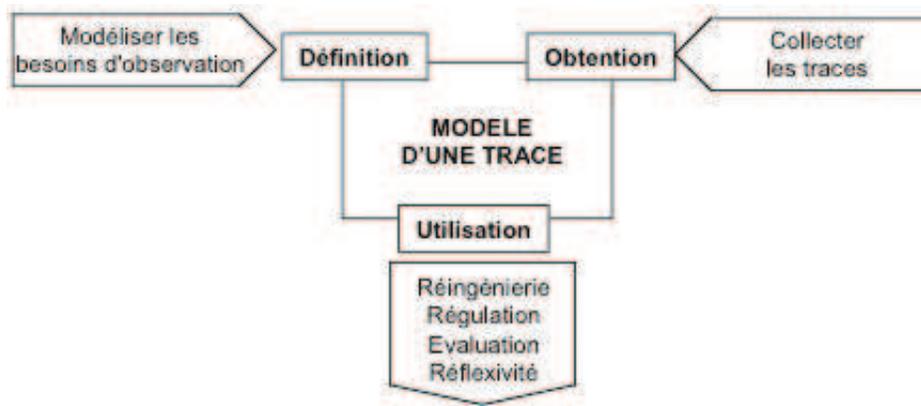


Figure 3.9 – Le modèle DGU [Choquet et Iksal 2007]

méthode de calcul dans le langage DCL4UTL [Pham Thi Ngoc 2011] :

- **Étape 1** : modélisation des données brutes UTL à partir du contenu de la trace ;
- **Étape 2** : modélisation des données additionnelles ;
- **Étape 3** : modélisation des indicateurs UTL et des données intermédiaires.

Le langage UTL est utilisé pour formaliser le calcul des indicateurs à partir des données brutes UTL et des autres type de données UTL nécessaires pour effectuer ce calcul d'indicateurs. Cette étape est décrite en détail dans [Iksal et al. 2010]. Chaque méthode de calcul peut inclure des opérateurs internes ou externes.

Ces trois étapes doivent être effectuées avant la session d'apprentissage. L'éditeur UTL permet à un analyste de réaliser ces tâches. Il permet également à des enseignants experts ou novices avec l'aide d'un analyste d'effectuer eux-mêmes ces tâches.

- **Étape 4** : calcul puis capitalisation des indicateurs. L'interpréteur de DCL4UTL traite cette étape. Cette étape est déclenchée à partir d'événements spécifiques qualifiés d'intéressants puisque c'est lors de leur apparition que les tuteurs ont besoin d'observer l'éventuelle existence d'une situation critique dans l'activité de l'apprenant. C'est lors de la spécification des besoins d'observation que les enseignants indiquent le moment où ils ont besoin des informations fournies par les indicateurs. Dans Hop3x, ces moments surviennent lorsqu'un apprenant change de question ou lorsqu'il compile son programme par exemple.

### 3.3.1.2 Les systèmes à base de traces

Les systèmes à base de traces modélisées (SBT) s'inspirent de l'approche MUSETTE (Modéliser les Usages et les Tâches pour Tracer l'Expérience) [Champin et al. 2003]. Partant du fait qu'un utilisateur est en interaction avec son environnement, l'approche MUSETTE propose une assistance informatique fondée sur les traces des utilisateurs d'un système à travers une ontologie de haut niveau pour la représentation des traces [Mille et al. 2006].

Les systèmes à base de traces [Settoui et al. 2006] sont des systèmes informatiques permettant et facilitant l'exploitation des traces : ils reposent sur les modèle de traces. Un modèle de traces est un « *ensemble d'objets étiquetés représentant le vocabulaire de la trace* »

et une trace est considérée comme une « séquence temporelle d'observés ». Le principe des SBT s'appuie sur les transformations (manuelle ou automatique) subies par la trace brute afin d'atteindre un niveau d'abstraction significatif pour l'utilisateur [Settoui 2011]. Dans les SBT, une trace est liée à son modèle ainsi qu'à des règles de transformation<sup>2</sup>.

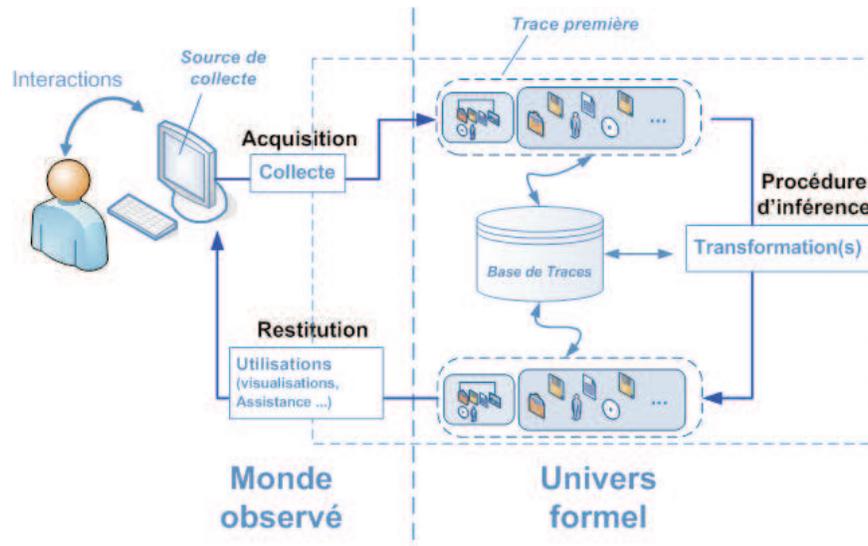


Figure 3.10 – Fonctionnement général d'un SBT [Settoui 2011]

Comme le montre la figure 3.10, l'utilisation d'un SBT nécessite une étape de collecte de données. Celle-ci engendre une M-trace dite première qui peut être manipulée au sein du SBT à l'issue du processus de collecte. L'exploitation de cette trace consiste en sa transformation, ce qui engendre une trace dite transformée. Les transformations subies par les traces peuvent être manuelles ou automatiques.

Une transformation manuelle consiste en un changement effectué par un utilisateur dans la composition des éléments de la trace par modification, ajout ou suppression d'observés<sup>3</sup>. Une transformation automatique est effectuée à travers des modèles de transformation (ensemble de règles avec des filtres de sélection ou des réécritures de motifs) permettant les opérations de sélection, de réécriture de motifs et de fusion temporelle.

Les SBT peuvent être utilisés dans un EIAH, soit pour visualiser les traces, soit pour l'exportation et l'envoi des traces au service d'un autre système, soit pour le calcul des indicateurs après application de certaines transformations.

Concernant le calcul des indicateurs notamment, les travaux de [Djouad et al. 2010] s'appuient sur les règles de transformation pour édicter des règles de calcul d'indicateurs. Se fondant sur un modèle de traces, un indicateur est considéré comme une donnée calculée à partir d'une ou plusieurs traces modélisées. La figure 3.11 décrit la démarche globale pour calculer un indicateur. Ce calcul s'effectue en quatre étapes qui se déroulent comme suit [Djouad 2011] :

2. La notion de M-trace est introduite pour désigner une trace modélisée, c'est-à-dire liée à son modèle de traces.

3. Un observé se réfère à toute information structurée issue d'une observation [Settoui 2011].

- Définition d'un modèle de trace  $I$  pour construire un indicateur  $I$  ;
- Définition une séquence de transformations permettant de passer de la trace première modélisée vers le modèle de l'indicateur  $I$ .
- Préparation des données : collecter les observés de la trace première à partir de l'EIAH, conformément au modèle de l'étape 2 ;
- Exécution de la séquence de transformation définie dans l'étape 2 sur la trace première (collectée à l'étape 3). Le résultat obtenu est la trace de l'indicateur  $I$  conformément à son modèle de trace associé (étape 1). La valeur de l'indicateur est obtenue en appliquant la règle de calcul associée<sup>4</sup>.

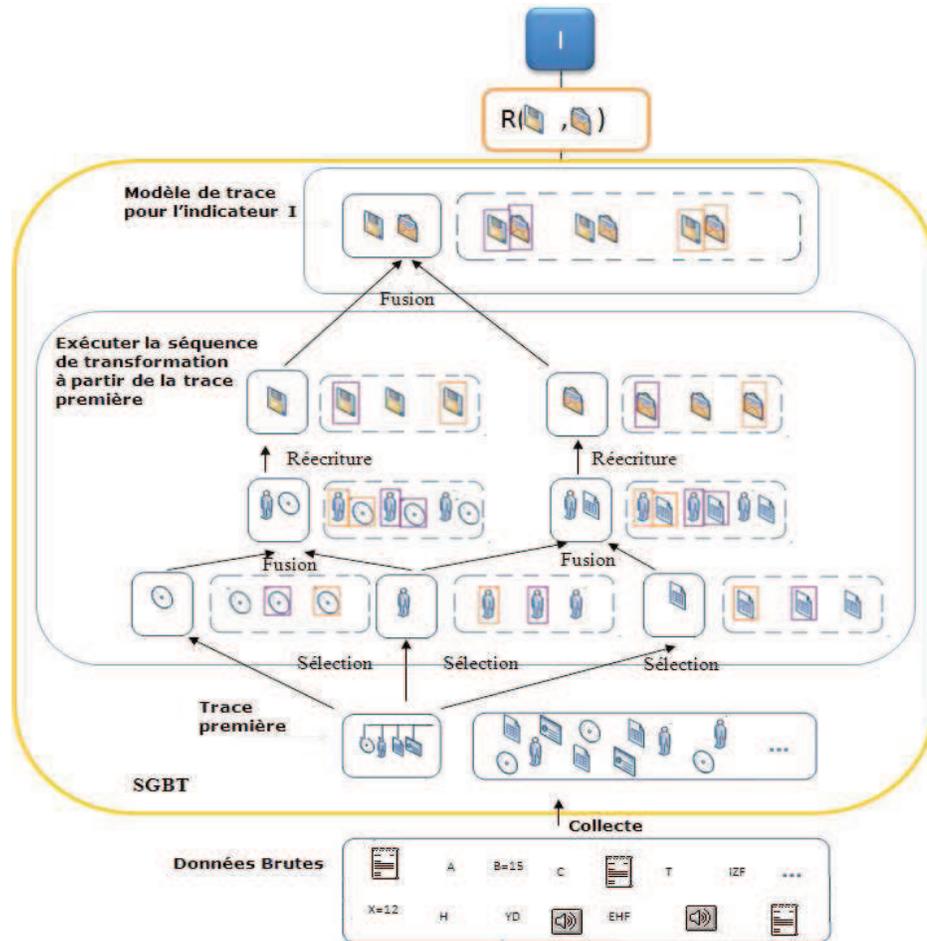


Figure 3.11 – Séquence de transformations (quatre étapes) : de la collecte au calcul de l'indicateur [Djouad 2011]

### 3.3.1.3 Learning Object Management Tool

Dans [Broisin et Vidal 2007], les auteurs proposent une architecture conduite par les modèles pour la gestion des traces d'activités. La modélisation utilisée est une extension

4. Un indicateur  $I$  est défini par  $I = R_i, MT_{RI}$  où  $I$  est associé à une  $Trace(I)$ , laquelle est composée de son modèle de trace  $MT_{RI}$ . Une règle de calcul s'applique sur une trace respectant le modèle de trace associé à l'indicateur et permet le passage de la  $Trace(I)$  vers la valeur de l'indicateur  $I$  [Djouad 2011].

du méta-modèle CIM (*Common Information Model*) en permettant la structuration des traces d'activités dans des EIAH fondées sur le web.

LOMA (*Learning Object management Tool*) est un outil fondé sur cette architecture, laquelle est distribuée et décentralisée. Par ailleurs, elle s'appuie sur les technologies des services web et est conforme au WBEM (*Web Based Enterprise Management*).

LOMA exploite et utilise des traces issues de systèmes hétérogènes. Afin de faciliter l'interopérabilité et la communication entre ces EIAH hétérogènes dont sont issus les traces, l'architecture proposée s'appuie sur la virtualisation des objets pédagogiques qui fournit une vue unifiée des ressources stockées dans les différents viviers de connaissances [Broisin et Vidal 2005].

L'objectif de la proposition est d'assurer l'observation des activités relatives aux objets pédagogiques intégrés dans les différentes plateformes de formation et les viviers de connaissances. Ainsi, le tuteur a la possibilité de faire des requêtes à travers l'outil et de visualiser l'ensemble des traces d'exploitation de ces objets pédagogiques en faisant une recherche, une consultation, un téléchargement, etc. Cette visualisation offre au tuteur la possibilité d'avoir des indicateurs sur l'activité de l'apprenant ; par exemple, des indicateurs sur les objet pédagogiques manipulés par un apprenant pour chacune des activités ou des indicateurs sur l'usage des objets pédagogiques.

### 3.3.2 Le choix de l'utilisation d'UTL

La modélisation proposée par [Broisin et Vidal 2007], fondée sur une approche dirigée par les modèles, autorise la gestion des traces issues de systèmes hétérogènes. Il s'agit d'un modèle UML générique, lui-même fondé sur le méta-modèle CIM. Cette proposition associe une architecture à ce modèle et permet la supervision de l'activité de l'apprenant à travers l'exploitation des traces. Au travers de requêtes *via* le langage CQL (*CIM Query Language*), il est possible d'obtenir des indicateurs sur l'activité de l'apprenant. Toutefois, malgré une généricité réelle, cette proposition n'est pas adaptée à nos travaux. Non seulement elle vise spécifiquement des traces d'activités web, mais elle ne dispose pas, en outre, ni de méthodes permettant la modélisation générique du calcul des indicateurs, ni d'outils de calcul automatique d'indicateurs.

En ce qui concerne les SBT [Settouti 2011], leur principal intérêt pour ce que nous voulons faire, c'est qu'ils prévoient tout le cycle de traitement des traces de la collecte à la visualisation des indicateurs, en passant par les différents transformations. Par ailleurs, grâce aux travaux de [Djouad et al. 2010] fondés sur les SBT, il est possible de calculer des indicateurs en faisant des transformations automatiques sur les traces modélisées. Toutefois, au niveau des méthodes de calcul des indicateurs, il n'est possible avec les SBT d'effectuer que trois transformations : sélection, réécriture et fusion et de n'utiliser que deux opérateurs : compter et filtrer. Or, certains indicateurs nécessitent des traitements plus complexes [Pham Thi Ngoc 2011].

Le méta-langage UTL est générique et permet de définir et de modéliser des données d'observation ainsi que les besoins d'observation associés [Choquet et Iksal 2007]. Par ailleurs, à travers le langage DC4UTL [Pham Thi Ngoc et al. 2009], UTL permet de spécifier

de manière formelle les méthodes de calcul complexes des indicateurs à partir des traces collectées [Pham Thi Ngoc 2011].

En outre, l'outil qui permet le calcul des indicateurs, utilisant le méta-langage UTL pour la description des données nécessaires à ce calcul et le langage DC4UTL pour la description des méthodes de calcul, est disponible et a déjà été testé (cf. Annexe D.3).

Notre choix se porte donc sur l'utilisation du langage UTL puisque celui-ci répond à nos besoins de modélisation en termes de besoins d'observation et de méthodes de calcul des indicateurs. D'un point de vue pratique, l'avantage réside également dans de la proximité entre les membres de l'équipe EIAH du LIUM pour l'implémentation des outils à développer. Cela a facilité les échanges et a permis de respecter les délais et les différentes contraintes pour la mise en place des expérimentations.

### 3.3.3 Les indicateurs avec UTL

#### 3.3.3.1 La modélisation et le calcul des indicateurs

Une assistance à la modélisation des données UTL est disponible sur le web [EditeurUTL 2012]. Cet éditeur permet la description des données UTL indépendamment du format de la trace et notamment, la description des indicateurs UTL à partir des trois facettes DGU (cf. figure 3.9), conformément au modèle d'information d'un indicateur établi dans [Choquet et Iksal 2007] (Figure 3.12).

Les indicateurs UTL utilisés dans le cadre de ce travail ont été modélisés *via* cet éditeur. La facette *defining* permet d'exprimer un besoin d'observation. L'annexe D.1.1 décrit un exemple de besoin d'observation UTL.

À travers la facette *getting*, toutes les données (primaires ou dérivées) nécessaires au calcul de l'indicateur sont décrites. En outre, la méthode de calcul de cet indicateur peut être faite, soit *via* une méthode externe, soit en utilisant le langage déclaratif DCL4UTL. En annexe D.1.2, la figure D.1.2 détaille la méthode de calcul utilisée pour obtenir l'indicateur qui vérifie l'existence d'une classe nommée Point dans le programme de l'apprenant.

La facette *using* décrit l'utilisation faite de l'indicateur et définit le format du résultat de cet indicateur. L'annexe D.1.3 détaille le format des indicateurs modélisés avec UTL. Ce format spécifie les informations obtenues après calcul de l'indicateur.

À partir de la description des données et de la spécification de la méthode de calcul *via* l'éditeur web un fichier au format XML est généré. Ce fichier est utilisé par l'outil d'analyse UTL qui permet de calculer en temps réel les indicateurs. Une description détaillée de cet outil d'analyse est réalisée en Annexe D.3.

#### 3.3.3.2 Les données nécessaires au calcul des indicateurs

Les traces d'activités de l'apprenant issues de l'EIAH Hop3x sont modélisées en utilisant le méta-langage UTL. Ces traces d'activités sont notamment modélisées en tant que données brutes UTL. Les différents types de données UTL modélisées nécessaires au calcul des indicateurs dans Hop3x sont décrits en Annexe D.2.

Toutefois, nous avons besoin de calculer des indicateurs spécifiques à la programmation orientée objet, tels que la visibilité d'une variable d'instance, le pourcentage de

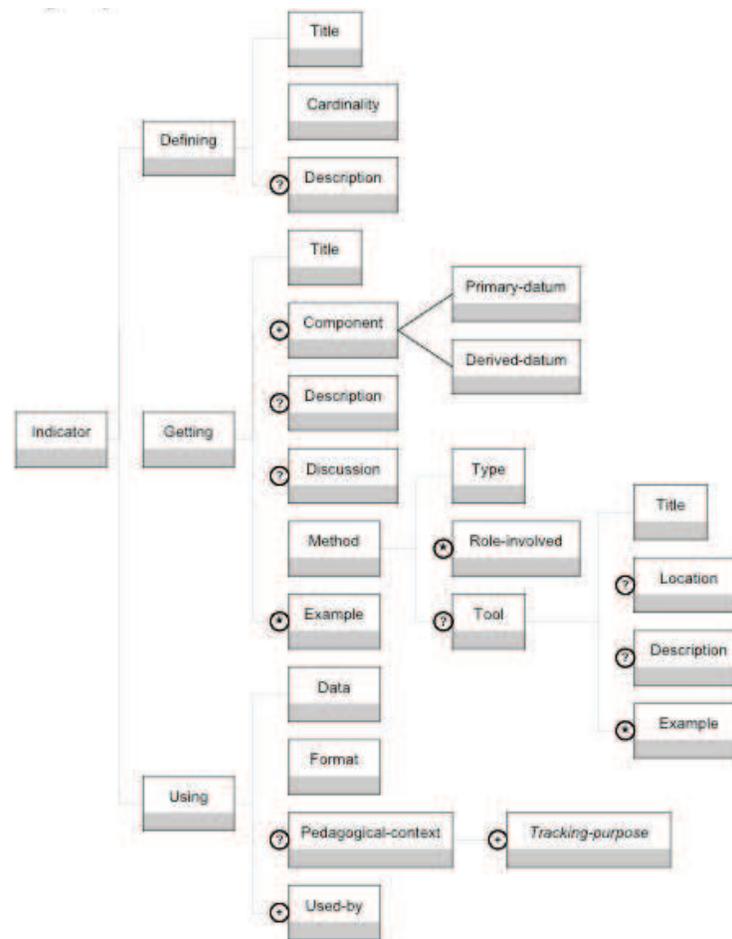


Figure 3.12 – Le modèle d'information d'un indicateur UTL [Choquet et Iksal 2007] .

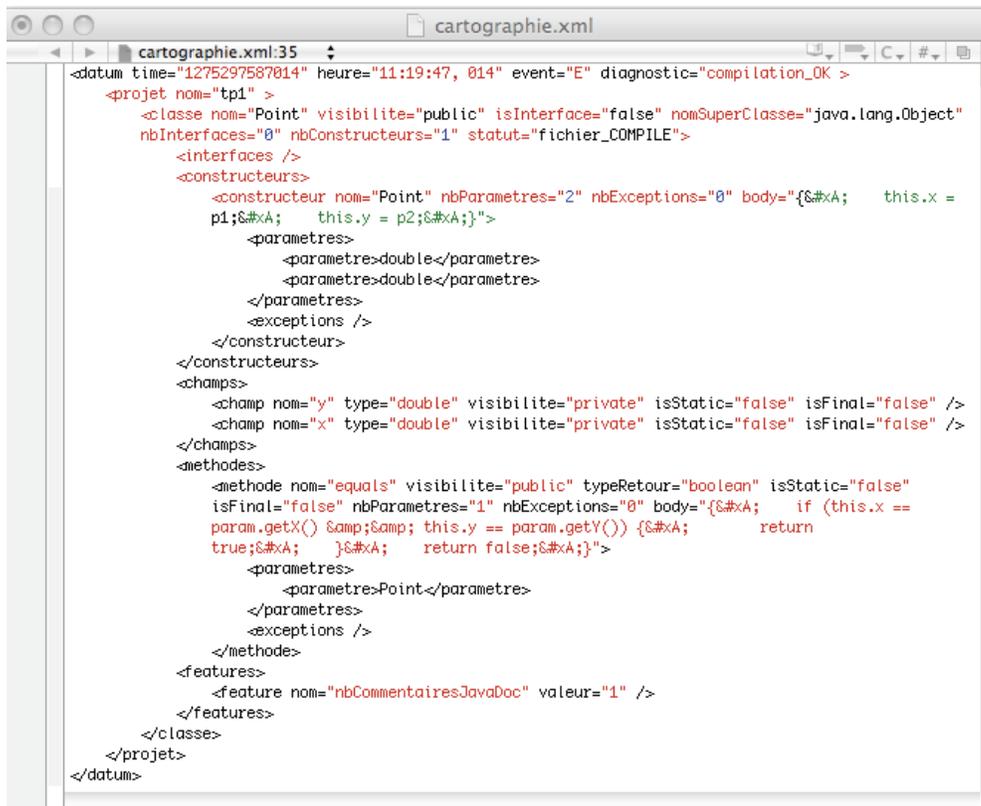
commentaires *JavaDoc* dans une classe, etc. Les informations nécessaires au calcul de ces indicateurs ne peuvent être fait directement à travers UTL à partir de la trace d'activité de l'apprenant.

Pour obtenir ces informations, nous avons implémenté un module permettant d'extraire des informations sur l'activité de l'apprenant. Ce module que nous appelons **module d'introspection** utilise l'introspection Java et effectue une analyse détaillée de la production de l'apprenant. Le résultat de cette analyse est ce que nous appelons une **cartographie du projet de l'apprenant**.

La figure 3.13 illustre un exemple de cartographie.

La cartographie du projet de l'apprenant fait un état des lieux des différents éléments composant le projet Java de l'apprenant : le nom du projet, le nombre de classes créées, les liens entre les classes ainsi que des détails sur :

- les classes : nom, visibilité, interfaces implémentées, etc.
- les constructeurs : nom, visibilité, nombre de paramètres, corps, etc.
- les méthodes : nom, visibilité, type de retour, types des paramètres, corps, etc.
- les champs : nom, visibilité, type, etc.
- ...



```

<datum time="1275297587014" heure="11:19:47, 014" event="E" diagnostic="compilation_OK >
  <projet nom="tp1" >
    <classe nom="Point" visibilite="public" isInterface="false" nomSuperClasse="java.lang.Object"
      nbInterfaces="0" nbConstructeurs="1" statut="fichier_COMPILE">
      <interfaces />
      <constructeurs>
        <constructeur nom="Point" nbParametres="2" nbExceptions="0" body="{&#xA;   this.x =
          p1;&#xA;   this.y = p2;&#xA;}">
          <parametres>
            <parametre>double</parametre>
            <parametre>double</parametre>
          </parametres>
          <exceptions />
        </constructeur>
      </constructeurs>
      <champs>
        <champ nom="y" type="double" visibilite="private" isStatic="false" isFinal="false" />
        <champ nom="x" type="double" visibilite="private" isStatic="false" isFinal="false" />
      </champs>
      <methodes>
        <methode nom="equals" visibilite="public" typeRetour="boolean" isStatic="false"
          isFinal="false" nbParametres="1" nbExceptions="0" body="{&#xA;   if (this.x ==
          param.getX() &amp;&amp; this.y == param.getY()) {&#xA;     return
          true;&#xA;   }&#xA;   return false;&#xA;}">
          <parametres>
            <parametre>Point</parametre>
          </parametres>
          <exceptions />
        </methode>
      </methodes>
      <features>
        <feature nom="nbCommentairesJavaDoc" valeur="1" />
      </features>
    </classe>
  </projet>
</datum>

```

Figure 3.13 – Exemple de cartographie du projet d'un apprenant.

Cette cartographie a été modélisée en tant que donnée de production UTL afin de permettre le calcul des indicateurs ne pouvant être obtenus directement à partir de la trace d'activité. L'annexe D.2.4 décrit la modélisation de cette cartographie en tant que donnée UTL.

### 3.4 L'élaboration des méta-indicateurs

Les méta-indicateurs ne sont pas conçus par l'enseignant-concepteur de l'activité. Ils ne sont pas identifiés et définis comme les indicateurs de l'activité de l'apprenant à partir de besoins d'observation ou de scénarios pédagogiques.

Suite à une intervention tutorale, un méta-indicateur est créé automatiquement afin d'assurer le suivi des valeurs des indicateurs caractérisant la situation critique ayant provoqué cette intervention. Le calcul de ce méta-indicateur est donc subordonné aux indicateurs caractérisant cette situation critique. Ainsi, pour pouvoir calculer un méta-indicateur, il est nécessaire d'identifier ces indicateurs. Pour cela, les interventions tutorales sont tracées et nous avons opté pour une approche déclarative qui consiste à demander au tuteur de sélectionner les indicateurs à l'origine de son intervention.

Afin d'assurer le calcul des méta-indicateurs, nous avons implémenté un module de gestion des interventions que nous présentons dans cette section.

#### 3.4.1 Les indicateurs caractérisant une situation critique

Une des questions de recherche posée dès l'introduction de ce travail concernait l'identification de la situation critique de départ. Pour cela, nous utilisons les indicateurs pédagogiques de l'activité de l'apprenant (cf. chapitre 2).

La question qui se pose est de savoir comment identifier ces indicateurs à l'origine de l'intervention du tuteur? Cette identification peut être faite automatiquement ou de manière déclarative en demandant au tuteur de fournir l'information.

L'identification automatique a un avantage : sa transparence pour le tuteur. Cependant, elle est coûteuse. De plus, son principal inconvénient dans ce que nous voulons faire provient de la difficulté à identifier précisément ces indicateurs à l'origine d'une intervention tutorale. En effet, la détection automatique suppose une analyse du contenu textuel ou audio; cela relève du domaine du TAL (Traitement Automatique du Langage) et soulève toutes les problématiques liées à ce domaine. Il y a un risque élevé d'erreurs lié notamment aux problèmes de la transcription audio et de l'analyse textuelle du contenu de l'intervention. Par conséquent, nous estimons que la précision et l'exactitude des informations ainsi obtenues ne sont pas garanties pour assurer une identification satisfaisante des indicateurs caractérisant la situation critique à l'origine d'une intervention tutorale. Or, cette identification est fondamentale pour ce que nous voulons faire, puisque l'Approche Orientée Indicateurs permet de fournir au tuteur les effets de ses interventions sur la base du suivi de ces indicateurs

Nous avons donc opté pour l'approche déclarative concernant l'identification des indicateurs caractérisant la situation critique à l'origine de l'intervention

[Lekira et al. 2011b]. Nous estimons que le tuteur est la personne la plus compétente pour cela, puisqu'elle sait ce qui a réellement engendré et motivé son intervention. C'est une pratique courante dans le domaine des EIAH. Elle consiste à demander à l'utilisateur les informations manquantes plutôt que d'essayer de les deviner [Self 1988], à l'instar de [George 2001] en ce qui concerne les ouvreurs de phrase.

Cette approche déclarative pour identifier les indicateurs à l'origine de l'intervention tutorale a été un des objectifs de nos expérimentations. En effet, elle soulève deux principaux problèmes :

- le risque d'ajouter une activité dans l'activité, c'est-à-dire d'ajouter une charge de travail au tuteur qui peut trouver cela contraignant en session et qui peut refuser de donner l'information ;
- le tuteur peut choisir des indicateurs qui ne correspondent pas au contenu réel de son intervention.

Nous avons donc cherché à mesurer cela par l'expérimentation (*cf.* section 4.3). Dans un premier temps, nous avons conçu une interface proposant au tuteur de sélectionner les indicateurs à l'origine de son intervention à chaque fois qu'il souhaitait intervenir auprès d'un apprenant.

L'analyse de la première expérimentation menée nous a fourni des éléments qui montrent que le tuteur a accepté cette approche déclarative puisque dans la grande majorité des cas (82% des interventions), le tuteur fournissait l'information. Au niveau de la correspondance du contenu de l'intervention et des indicateurs sélectionnés, les premiers résultats ont montré que dans la plupart des interventions (60% des interventions), il y avait une parfaite correspondance entre le contenu des interventions et les indicateurs sélectionnés par le tuteur pour déterminer ce qui a engendré son intervention. Toutefois, dans près de 36% des interventions, la correspondance n'était que partielle. On constate dans ces cas-là que le tuteur était amené à évoquer d'autres problèmes au cours de son intervention.

Pour pallier ce problème de correspondance partielle entre les indicateurs sélectionnés et le contenu de l'intervention tutorale, un outil permettant de proposer au tuteur une fiche d'intervention a été réalisé et testé lors d'une nouvelle expérimentation.

Cette fiche d'intervention fait le récapitulatif post-intervention des indicateurs préalablement sélectionnés par le tuteur (zone des indicateurs sélectionnés) et des indicateurs n'appartenant pas à leurs domaines d'acceptabilité au moment de l'intervention (zone des indicateurs disponibles).

La figure 3.14 présente la fenêtre permettant au tuteur de visualiser cette fiche d'intervention.

Le tuteur a alors la possibilité de modifier la liste des indicateurs sélectionnés en ajoutant ou supprimant des indicateurs. Il peut également annoter son intervention à ce moment là (zone d'annotation).

Les résultats d'analyse de cette deuxième expérimentation concernant l'identification des indicateurs à l'origine d'une intervention tutorale ont été suffisamment satisfaisants pour que nous puissions suivre les effets réels de l'intervention à travers les méta-indicateurs. En effet, dans 95% des interventions, il y a une correspondance totale entre les indicateurs sélectionnés et le contenu de l'intervention. Nous détaillons ces résultats dans la section 4.4.

Fiche d'intervention (récapitulatif)

### Les indicateurs sélectionnés

Indicateurs spécifiques	Valeur	Loc	Q	E	H	M...
Le type de retour de la méthode intersection n'es...	double	projet...	11	SQ	11...	SQ

Zone de indicateurs sélectionnés

### Les indicateurs disponibles lors de l'intervention

Indicateurs spécifiques	Valeur	Loc	Q	E	H
Absence de setter dans la...		classe Droite...			SQ 11...
Absence de setter dans la...		classe Triangl...			SQ 11...
Absence de setter dans la...		classe Point -...			SQ 11...
La méthode intersection n...	intersection...	projet tp1 - cl...			SQ 11...
Absence de getter dans l...		classe Triangl...			SQ 11...

<< Ajouter
Supprimer >>

### Indicateurs Transversaux

Indicateurs Transversaux	Valeur	Loc	Q	E	H
Temps moyen par quest...	13.895282				SQ 1...
Pourcentage de commen...	14.2857...	Projet tp1 - c...			SQ 1...
Avancement par rapport...	-4.37143				SQ 1...
Pourcentage de variable...	100.0 -...	tp1 - cl...			SQ 1...

Zone de indicateurs disponibles

### Annotation

Zone d'annotation

Valider

Figure 3.14 – La fiche d'intervention soumise au tuteur après son intervention.

### 3.4.2 La trace d'intervention du tuteur

Afin de pouvoir assurer le suivi des effets d'une intervention tutorale et de calculer le méta-indicateur correspondant, nous avons besoin de tracer cette intervention. Pour cela, suite à chaque intervention tutorale, la trace de cette intervention est conservée comme événement Hop3x. Cette trace ainsi recueillie au niveau de l'environnement Hop3x-Enseignant est envoyée au serveur qui se charge de la sauvegarder.

L'intervention tutorale ainsi tracée est notamment composée de ses éléments caractéristiques que nous avons identifiés et définis dans la section 2.1. Elle fournit des informations sur :

- le moment de l'intervention ;
- l'enseignant qui initie l'intervention ;
- l'apprenant qui bénéficie de l'intervention ;
- l'identifiant de la session ;
- le type de l'intervention qui peut être audio ou texte ;
- la modalité de l'intervention qui peut être proactive ou réactive ;
- le contenu de l'intervention. Lorsque l'intervention est de type audio, ce contenu correspond à l'url de l'emplacement du fichier audio sur le poste enseignant ;
- les indicateurs sélectionnés lors de l'intervention.

La figure 3.15 détaille le contenu de cette trace d'intervention.

```

1
2 <INTERVENTION T="1295431642936" Heure="11:07:22, 936">
3   <ENSEIGNANT>Pierre ██████████ </ENSEIGNANT>
4   <ETUDIANT>Esteban ██████████ </ETUDIANT>
5   <SESSION>2011 Java TP1G1</SESSION>
6   <TYPE>Texte</TYPE>
7   <MODALITE>Proactive</MODALITE>
8   <CONTENU>Tu as écrit :
9     Point p = (Point) o;
10
11     Et si o n'est pas un Point ???
12 </CONTENU>
13 <INDICATEURS>
14   <INDICATEUR nom="PEDALO-I-ClassPointMethodEqualsUsesInstanceOf" intitule="La méthode
15   equals n'utilise pas l'operateur instanceof" temps="1295431448640" heure="11:04:08, 640" valeur=""
16   typeDomaine="valeur" valeurReference="instanceof" concept="Redefinition" questionCourante="10"
17   questionCible="2" typeEvenement="SQ" typeFeedback="Event" momentFeedback="SQ">
18 </INDICATEUR>
19 </INDICATEURS>
20 </INTERVENTION>
  
```

Figure 3.15 – Description d'une intervention tracée dans Hop3x.

### 3.4.3 Le module de gestion des interventions

Afin de pouvoir calculer les méta-indicateurs, nous avons réalisé un module de gestion des interventions. Ce module assure l'administration des interventions effectuées en créant automatiquement un méta-indicateur pour chaque intervention. Il se charge également du déclenchement du calculs des méta-indicateurs ainsi que la mesure des effets des

interventions tutorales.

Il est constitué de plusieurs composants :

- **le composant base d'interventions** qui récupère et sauvegarde la trace d'activité du tuteur et notamment, sa trace d'intervention ;
- **le composant gestion des événements** qui repère et récupère les événements susceptibles de déclencher le calcul des méta-indicateurs ;
- **le composant gestion des interventions en cours** qui administre les interventions dont le méta-indicateur est encore susceptible de faire l'objet d'un recalcul ;
- **le composant calculateur d'indicateurs** qui s'occupe du (re)calcul des indicateurs à l'origine de l'intervention tutorale ;
- **le composant mise à jour des méta-indicateurs** qui s'occupe du calcul des méta-indicateurs à partir des nouvelles valeurs des indicateurs recalculés ;

La figure 3.16 présente l'architecture générale du module de gestion des interventions.

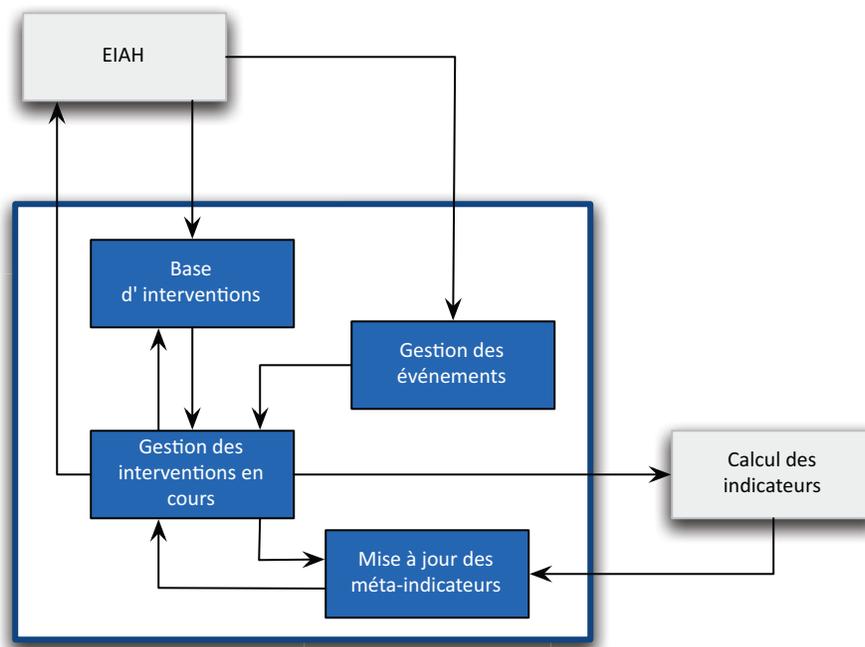


Figure 3.16 – Le module de gestion des interventions (gestionnaire des interventions).

Les composants *EIAH* et *Calcul d'indicateurs* sont des composants périphériques à notre module. Toutefois, ils sont nécessaires aux échanges et au calcul de données. Dans notre travail, le composant *EIAH* correspond à Hop3x et le composant *Calcul d'indicateurs* correspond à l'outil d'analyse UTL (cf. annexe D.3).

L'*EIAH* se charge d'envoyer la trace d'activités des participants à la session d'apprentissage : la trace d'interventions du tuteur notamment. Le résultat des calculs et le retour sur les effets d'une intervention tutorale avec ses détails est envoyé par l'outil de gestion à l'*EIAH*. Le composant calcul d'indicateurs se charge de réceptionner les requêtes de calcul groupé d'un ensemble d'indicateurs dont le méta-indicateur assure le suivi afin de mettre à jour leurs valeurs. La mise à jour de la valeur du méta-indicateur est alors possible.

### 3.4.3.1 Le composant *gestion des événements*

Ce composant s'occupe des événements susceptibles de déclencher le calcul des méta-indicateurs. Il reçoit des données (événements) provenant de l'EIAH dont certaines provoquent le calcul des méta-indicateurs.

Le calcul d'un méta-indicateur peut être initié :

- à la demande du tuteur. Dans ce cas, le tuteur a la maîtrise de l'action. Toutefois, cela peut être contraignant puisque d'une part, cela lui ajoute une charge de travail supplémentaire. D'autre part, il doit penser à demander ce calcul.
- suite à une action spécifique de l'apprenant. Dans ce cas, le tuteur n'a pas la maîtrise du déclenchement du calcul. Cependant, nous pouvons supposer qu'il s'est passé quelque chose dans l'activité de l'apprenant du fait de cette action spécifique ; il est donc pertinent de calculer les méta-indicateurs à ce moment ;
- au bout d'un intervalle de temps donné ou à une certaine périodicité. Cela décharge le tuteur de l'obligation de rafraîchir les méta-indicateurs car celle-ci est automatique. En revanche, il y a un risque que les indicateurs ne soient pas à jour au moment du calcul du méta-indicateurs et donc que les méta-indicateurs ne soient pas à jour au moment où le tuteur les consulte ;
- dès que les données nécessaires à son calcul sont disponibles, c'est-à-dire dès qu'une mise à jour des valeurs des indicateurs dont il suit l'évolution est effectuée. Dans ce cas, le calcul est automatique et ne nécessite pas une action du tuteur. Cependant, cette solution est coûteuse puisqu'elle est susceptible de générer beaucoup de (re)calculs de méta-indicateurs. Ces calculs en permanence peuvent ainsi amener à de nombreuses mises à jour inutiles.

Dans l'implémentation réalisée pour Hop3x, le calcul des méta-indicateurs peut être déclenché par défaut suite à une action spécifique de l'apprenant. En concertation avec l'équipe pédagogique, il s'agit du passage d'une question à une autre, c'est-à-dire l'événement sélection question ( $K="SQ"$ ) dans Hop3x.

Par ailleurs, nous avons prévu la possibilité pour le tuteur de modifier à la volée, lors de son intervention, le déclenchement du calcul du méta-indicateur. Cela en indiquant un intervalle de temps donné ou une autre action spécifique de l'apprenant telle qu'une compilation ou une exécution.

En outre, le tuteur peut également demander à tout moment le recalcul du méta-indicateur lié à une intervention donnée.

Nous n'avons pas opté pour la solution qui consiste à calculer en permanence les méta-indicateurs puisque comme nous l'avons évoqué précédemment elle est trop coûteuse et susceptible d'engendrer de nombreuses mises à jour inutiles.

L'arrêt de la mise à jour du méta-indicateur et donc, de son calcul survient lorsque les indicateurs à l'origine de l'intervention tutorale retournent dans leurs domaines d'acceptabilité.

Nous avons également prévu l'arrêt du calcul des méta-indicateurs dans le cas pour le tuteur estime que par rapport au problème qu'il a traité, l'intervention a eu les effets qu'il escomptait malgré le fait que tous les indicateurs qui caractérisent la situation

critique n'aient pas retrouvé une valeur acceptable. En effet, les expérimentations menées ont montré que parfois le tuteur relâchait les contraintes en modifiant post-intervention l'objectif de l'intervention. Dans ce cas, il peut être amené à considérer que par rapport à cet objectif, son intervention a eu les effets escomptés bien que les indicateurs à l'origine de l'intervention initiale ne retrouvent pas de valeur acceptable.

Cette solution peut être toutefois améliorée en permettant la modification à la volée du domaine d'acceptabilité d'un indicateur.

En résumé, ce composant envoie au composant *gestion des interventions en cours* des demandes de calcul pour un méta-indicateur donné lorsqu'il reçoit un événement en ce sens. Il envoie également envoyer un ordre d'arrêt lorsqu'il réceptionne un événement indiquant que le tuteur estime qu'une intervention donnée a eu les effets escomptés bien que les valeurs de tous les indicateurs à son origine ne soient pas acceptables

### 3.4.3.2 Le composant *base d'interventions*

Ce composant se charge de répertorier toutes les données relatives aux interventions. Il sauvegarde les données provenant de l'EIAH et notamment la trace d'activités du tuteur. Cette trace d'activité se compose des interventions effectuées ainsi que des ré-interventions liées. Il s'agit également des requêtes de calcul des méta-indicateurs lorsque le tuteur demande explicitement un feedback sur les effets d'une intervention spécifique.

Ce composant procure des données au composant *gestion des interventions en cours*, lequel en échange lui envoie pour sauvegarde toutes les informations, établies ou calculées, relatives aux interventions effectuées. Ces informations concernent notamment les mises à jour des valeurs des méta-indicateurs.

### 3.4.3.3 Le composant *gestion des interventions en cours*

Ce composant reçoit les interventions dont il faut calculer les méta-indicateurs du composant *capitalisation des interventions*. Il envoie à ce dernier, les données mises à jour afin de compléter les informations concernant les interventions sauvegardées.

Par ailleurs, ce composant reçoit du composant *gestion des événements* l'ordre de déclencher ou d'arrêter le calcul d'un méta-indicateur. Dans le cas d'un déclenchement du calcul, il se charge alors d'envoyer une requête de calcul groupé au composant *calcul des indicateurs*. Le composant *mise à jour des méta-indicateurs* lui fournit en retour la nouvelle valeur du méta-indicateur ainsi que le détail de l'évolution de chaque indicateur à l'origine de l'intervention.

Enfin, ces données, une fois mises à jour, sont envoyées à l'EIAH, lequel dans le cas de Hop3x, se charge de les sauvegarder sur le serveur et de l'envoyer au tuteur.

La figure 3.17 décrit le format d'un méta-indicateur calculé par le module de gestion des interventions. Un méta-indicateur est constitué de plusieurs données :

- son identifiant ;
- sa valeur ;
- toutes les informations concernant l'intervention originelle.

Lorsque des ré-interventions sont effectuées par le tuteur (le tuteur intervient de

nouveau sur la même situation critique), cette ré-intervention est aussi sauvegardée dans le format du méta-indicateur à travers la balise `<REINTERVENTION>` et elle contient les mêmes informations que la balise `<INTERVENTION>`;

- toutes les informations concernant l'intervention originelle ;
- le détail du calcul du méta-indicateur à travers la balise `<STATUT>` recense le résultat des recalculs successifs de chaque indicateur dont il assure le suivi. La balise `<STATUT>` de l'indicateur spécifie l'évolution de la valeur de cet indicateur (*evolInd*), le moment du recalcul de l'indicateur ainsi que la nouvelle valeur de l'indicateur.

```

1
2 <METAINDICATEUR id="TP1G1_05" valeur="Succes">
3   <INTERVENTION T="1295426313564" Heure="09:38:33, 564">
4     <ENSEIGNANT>Pierre ██████████</ENSEIGNANT>
5     <ETUDIANT>Bastien ██████████</ETUDIANT>
6     <SESSION>2011 Java TP1G1</SESSION>
7     <TYPE>Texte</TYPE>
8     <MODALITE>Proactive</MODALITE>
9     <CONTENU>Il faut redéfinir la méthode equals. Ce que tu fais c'est de la surcharge.</CONTENU>
10    <INDICATEURS>
11      <INDICATEUR nom="PEDALO-I-ClassPointMethodEqualsArgumentObject" intitule="L'argument de la
12      · méthode equals n'est pas de type &quot;Object&quot;" temps="1295426179919" heure="09:36:19, 919"
13      · valeur="Point" typeDomaine="valeur" valeurReference="Object" concept="Redefinition" questionCourante="2"
14      · questionCible="2" typeEvenement="SQ" typeFeedback="Event" momentFeedback="SQ">
15    </INDICATEUR>
16  </INDICATEURS>
17 </INTERVENTION>
18 <FEEDBACK>
19   <INDICATEUR nom="PEDALO-I-ClassPointMethodEqualsArgumentObject">
20     <STATUT T="129542855595" valeur="Point">Sans Effet</STATUT>
21     <STATUT T="1295428753967" valeur="Point">Sans Effet</STATUT>
22     <STATUT T="1295428804584" valeur="Object">Succes</STATUT>
23   </INDICATEUR>
24 </FEEDBACK>
25 </METAINDICATEUR>

```

Figure 3.17 – Description d'une donnée méta-indicateur.

#### 3.4.3.4 Le composant *mise à jour des méta-indicateurs*

Ce composant se charge de mettre à jour la valeur du méta-indicateur et donc de mesurer les effets de l'intervention qui y est associée. Enfin, il envoie le résultat au composant *gestion des interventions en cours*.

Pour effectuer le calcul des méta-indicateurs, il reçoit du composant *calcul des indicateurs* le résultat du calcul des valeurs des indicateurs dont il suit l'évolution.

C'est un calcul que nous qualifions de groupé : tous les indicateurs, dont l'évolution est suivie par le méta-indicateur, vont être recalculés. En fonction de la nouvelle valeur de l'indicateur, le composant effectue la mesure de l'écart entre la valeur attendue et la valeur réelle de l'indicateur. Il calcule ainsi la valeur du méta-indicateur ou la valeur de l'attribut *evolInd* du méta-indicateur dans le cas où la situation critique serait caractérisée par plusieurs indicateurs. Dans la figure 3.17, le méta-indicateur suit l'évolution d'un seul indicateur et a été calculé trois fois. Sa valeur a été successivement *Sans Effet*, *Sans Effet* et *Succes*.

Toutefois, il peut y avoir un problème de disponibilité des données pour le calcul des

méta-indicateurs. Ce problème vient principalement de celui évoqué préalablement et qui concerne le calcul des indicateurs.

En effet, si l'indicateur n'est pas calculable au moment du calcul du méta-indicateur, la mise à jour de la valeur de celui-ci ne peut se faire que de manière partielle, voire peut ne pas se faire. Lorsque certaines données nécessaires au calcul des indicateurs ne sont pas disponibles, le tuteur en est informé afin qu'il puisse mettre en œuvre les mesures nécessaires pour pallier le problème. Ce problème vient essentiellement des erreurs de compilation de l'apprenant. Le tuteur peut alors intervenir en demandant à l'apprenant de corriger ses erreurs de compilation avant de continuer à avancer.

### **3.5 L'architecture de l'environnement**

En synthèse de la mise en œuvre de l'Approche Orientée Indicateurs dans Hop3x, nous présentons dans cette section l'architecture de cet EIAH combiné aux différents modules et outils nécessaires au calcul des indicateurs et des méta-indicateurs.

La figure 3.18 détaille cette architecture.

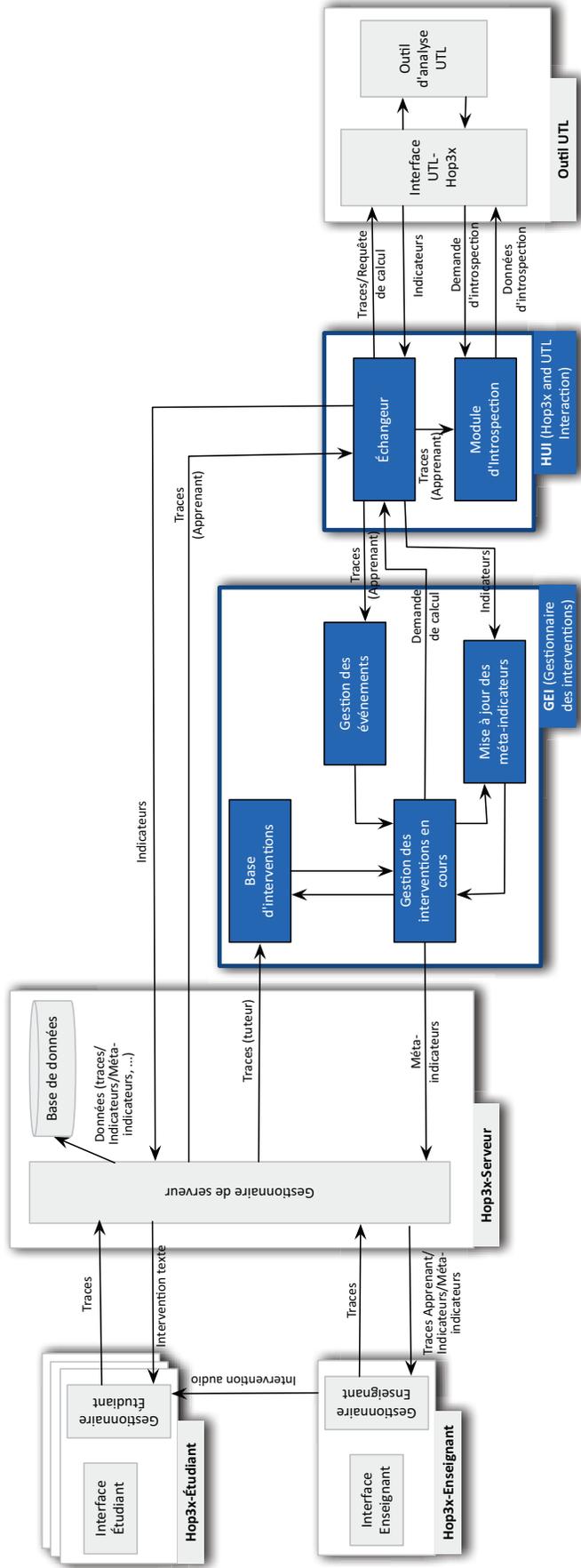


Figure 3.18 – L'architecture de l'EIAH Hop3x combiné aux différents modules et outils nécessaires au calcul des indicateurs et des méta-indicateurs.

Nous avons choisi un développement modulaire afin de permettre une certaine flexibilité dans la conception et ainsi, en cas de modification (approche de conception itérative), de ne pas remettre en cause tout le système.

Hop3x est un système de type client-serveur. Nous avons réalisé deux modules : la **HUI** (Hop3x UTL Interaction) et le **GEI** (gestionnaire des interventions), qui sont clients de l'application serveur de Hop3x. Ces modules sont couplés à Hop3x-Serveur, lequel peut être démarré avec l'option « régulation de l'activité de l'apprenant » qui déclenche le démarrage de la HUI et « auto-régulation tutorale » qui déclenche le démarrage du GEI.

Dans Hop3x-Serveur, *le gestionnaire de serveur* s'occupe des tâches de sauvegarde et de redistribution des données aux différents clients.

L'environnement Hop3x-Étudiant envoie la trace de l'apprenant à Hop3x-Serveur. Le gestionnaire de serveur se charge de sauvegarder cette trace et par ailleurs, de l'envoyer aux clients enseignants connectés ainsi qu'à la HUI.

L'environnement Hop3x-Étudiant reçoit du serveur les événements qui sont relatifs aux interventions tutorales et notamment les interventions de type texte. Les interventions audio passent directement du client enseignant au client étudiant et le fichier audio correspondant est sauvegardé sur le poste enseignant.

L'environnement Hop3x-Enseignant envoie la trace du tuteur au niveau du serveur qui d'une part, sauvegarde cette trace et d'autre part, l'envoie au GEI. En échange, cet environnement reçoit de Hop3x-Serveur : la trace de l'apprenant pour assurer un suivi en temps réel de ce que fait l'apprenant, les indicateurs pédagogiques sur l'activité de l'apprenant afin de prendre des décisions de régulation et les méta-indicateurs afin d'avoir un retour sur les effets de ses interventions.

La HUI reçoit de Hop3x-Serveur les traces d'activités et envoie en échange les indicateurs calculés à partir de ces traces d'activités. Il est constitué de deux composants : le composant *échangeur* et le composant *Module d'introspection*. Ce module sert d'interface pour l'échange des données avec l'outil UTL, lequel est constitué de deux composants : *l'Interface UTL-Hop3x* qui s'occupe de l'échange de données avec Hop3x et *l'outil d'analyse UTL* qui permet le calcul des indicateurs et dont le fonctionnement est décrit dans l'annexe D.3.

L'échange de données entre la HUI et l'outil UTL se fait *via* une communication par socket en utilisant un formalisme XML. Un dialogue à deux niveaux s'établit entre ces deux systèmes.

Le premier dialogue s'effectue autour de l'échange des traces d'activités et des indicateurs calculés à partir de ces traces. Le composant *échangeur* envoie, en temps réel, les traces d'activités des apprenants sous forme d'événements Hop3x ainsi que les demandes de recalcul d'indicateurs (demande provenant du tuteur ou demande provenant du GEI) au composant *Interface UTL-Hop3x* et reçoit de ce dernier les indicateurs calculés.

Le deuxième dialogue a été mis en place afin de permettre l'échange de données de production UTL entre le composant *Module d'Introspection* et l'outil UTL. Le composant *Module d'Introspection* reçoit des requêtes en ce sens lorsque l'outil UTL veut calculer des indicateurs nécessitant ce type de données (pour les indicateurs spécifiques notamment). Ce

composant qui reçoit du composant *échangeur*, la trace d'activité de l'apprenant reconstitue la production de l'apprenant à un instant donné et l'analyse afin d'élaborer une cartographie du projet de l'apprenant. Celle-ci donne le détail du programme d'un apprenant du composant (cf. section 3.3.3.2). Par la suite, il envoie au composant *Interface UTL-Hop3x*, cette cartographie comme résultat de la requête.

En ce qui concerne le fonctionnement du GEI, celui-ci a été détaillé en amont dans la section 3.4.3. Ce module reçoit de Hop3x-Serveur, la trace d'activités du tuteur et envoie en échange les méta-indicateurs calculés. Les informations relatives à l'activité de l'apprenant sont obtenues de la HUI : le composant *échangeur* envoie au composant *gestion des événements*, la trace de l'apprenant. Ce composant se charge alors de trier les événements qui l'intéresse, c'est-à-dire ceux qui sont susceptibles de déclencher le calcul des méta-indicateurs. Suite à une demande de calcul d'indicateurs provenant du composant *gestion des interventions en cours*, le composant *échangeur* envoie les indicateurs calculés au composant *Mise à jour des méta-indicateurs*.

### 3.6 Conclusion du chapitre

Nous avons présenté dans ce chapitre la mise en œuvre de l'Approche Orientée Indicateurs à travers la réalisation de différents outils permettant de fournir au tuteur des indicateurs sur l'activité de l'apprenant et des méta-indicateurs pour mesurer les effets de ses interventions.

Pour cela, nous avons utilisé un EIAH existant et disponible au LIUM : Hop3x. Cet EIAH permet le suivi synchrone de travaux pratiques dans le domaine de la programmation et notamment de la programmation orientée objet.

Les indicateurs ont été modélisés avec le méta-langage UTL qui est générique. Ces indicateurs ont été obtenus en utilisant l'outil associé à UTL (outil UTL) et qui permet le calcul en temps réel de ces indicateurs.

Afin de pouvoir obtenir ces indicateurs dans Hop3x à partir de la trace d'activité de l'apprenant fournie par cet EIAH, nous avons développé un module (HUI) permettant l'interfaçage entre l'EIAH Hop3x; l'outil UTL fournit les indicateurs calculés à partir de la trace.

Par ailleurs, afin de calculer les méta-indicateurs et ainsi rendre compte au tuteur des effets de ses interventions, ces interventions ont été tracées et sauvegardées. Elles servent à alimenter le module de gestion des interventions que nous avons implémenté afin d'assurer le calcul des méta-indicateurs.

Des outils de communication ont été réalisés afin de permettre au tuteur d'intervenir auprès de l'apprenant. Différents outils de visualisation ont également été conçus afin de permettre au tuteur de voir à l'écran les différentes informations qui ont été calculées ou établies : les indicateurs, les alertes, les interventions, les méta-indicateurs, les ré-interventions, etc.

Conformément à notre démarche de conception initiale qui est participative, l'équipe pédagogique a été impliquée dans la conception de différents outils et modules et

notamment, au niveau des outils de visualisation et des fonctionnalités s'y afférant. Cette démarche de conception est aussi itérative. De plus, grâce aux différentes expérimentations, une amélioration successive du prototype a pu être réalisée.



## **Chapitre 4**

# **Expérimentations, observations et résultats**



Ce chapitre est consacré à la présentations des différents expérimentations menées dans le cadre de ce travail de thèse et de leurs résultats. Quatre expérimentations ont été entreprises en contexte écologique afin d'explorer, observer et valider différents aspects de nos propositions.

L'expérimentation initiale est une expérimentation que nous qualifions d'exploratoire. La première version de l'EIAH Hop3x a été utilisée. L'objectif de cette expérimentation était d'observer en situation réelle, les besoins en support informatique du tuteur lorsqu'il régule ses activités. Cette mise à l'essai nous a permis d'une part, d'alimenter un corpus de traces d'interaction et d'autre part, d'identifier les principaux besoins du tuteur (besoins d'observation, indicateurs, etc.). Les résultats nous ont par ailleurs permis d'affiner les spécifications des outils à réaliser pour mettre en œuvre notre proposition.

La première expérimentation consistait à opérationnaliser une partie de notre proposition à travers le développement d'outils supports à la régulation de l'activité de l'apprenant. Cette expérimentation nous a également permis d'affiner notre approche.

La deuxième expérimentation a eu un double objectif; d'une part celui d'évaluer l'ajustement apporté aux fonctionnalités de l'environnement Hop3x et d'autre part, d'éprouver l'utilisation et le calcul d'indicateurs *via* l'outil UTL.

La troisième expérimentation a porté sur une évaluation globale de notre proposition. L'objectif était d'observer, dans l'usage, l'impact de la mise à disposition d'informations, non seulement sur les effets d'une intervention tutorale mais aussi sur les performances du tuteur. Enfin, il nous fallait observer l'impact que tout ceci induisait sur les performances de l'apprenant.

Avant de décrire chacune de ces expérimentations, nous présentons les activités réalisées par les apprenants dans ce cadre de ces expérimentations. Ensuite, nous détaillons les besoins d'observation identifiés à partir du scénario pédagogique et des objectifs de ces activités. Enfin, nous décrivons les indicateurs identifiés et définis à partir de ces besoins d'observation.

## 4.1 Les activités à réaliser

### 4.1.1 Description des activités pédagogiques

Nous nous sommes intéressée à deux scénarios pour la L3 Informatique : l'un se déroule sur une séance de trois heures et l'autre sur deux séances de trois heures. Il s'agit d'activités de travaux pratiques (TP) réalisées avec Hop3x. Chaque activité se déroule sur une session d'apprentissage de trois heures. Les scénarios pédagogiques se présentent sous forme d'exercices pouvant être liés les uns aux autres. Un exercice est composé d'étapes qui se présentent sous forme de questions.

Le scénario pédagogique est présenté à l'apprenant sous la forme d'une séquence de questions qu'il est supposé résoudre successivement. Toutefois, le découpage en exercices permet à l'apprenant de répondre à la question de son choix, sous réserve que les éléments nécessaires à sa résolution ne soient pas dépendants de questions non encore traitées.

Dans chaque activité, le scénario prévoit la mise en œuvre de concepts liés à la programmation orientée objet (POO), préalablement vus en cours magistral et en travaux dirigés.

Outre la mise en œuvre de ces notions clés vues en cours et en travaux dirigés, un objectif inhérent à l'activité de travaux pratiques concerne l'acquisition par l'apprenant de compétences- métiers et de savoir-faire liés au domaine d'apprentissage [Lekira et al. 2011c]. Par conséquent, l'apprenant lors des sessions de TP, devait veiller aux bonnes pratiques de programmation. Parmi ces pratiques, certaines sont relatives à la programmation en général comme le fait de compiler régulièrement son programme ou d'écrire un programme de façon claire et aérée, et d'autres sont liées à la programmation Java telles que les commentaires écrits en *JavaDoc* [JavaDoc 2012] ou le respect de la convention de programmation *JavaStyle* [JavaStyle 2012].

Le scénario de la première activité de travaux pratiques (**TP1**) donne l'opportunité à l'apprenant de prendre en main l'outil. Il prévoit six exercices répartis en douze questions. Les concepts de POO à mettre en œuvre à travers ce scénario concernent les classes, les méthodes, les instances, les messages, l'encapsulation et le polymorphisme. Le tableau 4.1 détaille les différentes questions composant le scénario du TP.

Le second scénario qui se déroule sur deux séances (**TP2** et **TP3**) prévoit quatre exercices répartis en 10 questions pour le TP2 et un exercice réparti en huit questions pour le TP3. L'objectif de ces activités de travaux pratiques est double : d'une part, asseoir la compréhension des concepts vus lors du TP1 et d'autre part, mettre en œuvre de nouveaux concepts : l'héritage, les exceptions et les interfaces. Le tableau B.1 et le tableau B.2 détaillent en annexe B les différentes questions composant ces scénarios.

## 4.1.2 Les besoins d'observation liés aux activités d'apprentissage

### 4.1.2.1 Identification des besoins d'observation

Pour pouvoir définir des indicateurs de l'activité pertinents, il est essentiel d'identifier les besoins d'observation liés à l'activité. De récents travaux se sont intéressés à l'expression de ces besoins d'observation [Zendagui et al. 2008]. L'étude de cette problématique a montré qu'il y a un manque d'outils et de méthodes permettant à l'enseignant-concepteur (et plus largement à l'équipe pédagogique) de décrire ce qu'il veut observer pour gérer l'activité d'apprentissage lors de la phase de conception du scénario pédagogique [Zendagui 2010].

Pour notre part, les problématiques liées à l'assistance informatique pour spécification des besoins d'observation ne sont pas directement associées à notre travail. Toutefois, comme le soulignent les auteurs dans [Zendagui et al. 2009], la spécification de ces besoins d'observation dépend de l'expressivité sémantique du scénario pédagogique ainsi que de l'expertise des enseignants-concepteurs.

Afin d'identifier les besoins d'observation quant à ces activités de travaux pratiques nous nous sommes appuyée sur l'expertise de l'équipe pédagogique de l'U.E. avec laquelle nous avons travaillé en étroite collaboration. En effet, l'identification des besoins d'observation s'est faite à partir :

Tableau 4.1 – Scénario pédagogique utilisé pour la première activité de travaux pratiques (TP1).

Travaux pratiques n°1 (Scénario d'apprentissage)		
Question 1	Écrire la classe <b>Point</b> composée de deux champs (valeurs réelles) représentant les coordonnées d'un point en x et y.	Exercice 1
Question 2	Redéfinir la méthode <i>equals</i> pour la classe Point.	
Question 3	Ajouter un comportement, que l'on appellera <b>distance</b> , permettant à un objet de la classe Point de calculer la distance qui le sépare d'un autre point.	
Question 4	Un triangle étant défini par trois points, Ecrire la classe <b>Triangle</b> .	Exercice 2
Question 5	Ajouter un comportement, que l'on appellera <b>perimetre</b> , permettant à un objet de la classe Triangle de calculer son périmètre.	
Question 6	Ajouter un comportement, que l'on appellera <b>surface</b> , permettant de calculer la surface d'un triangle	
Question 7	Écrire la classe <b>Droite</b> , une droite étant définie par deux réels (a et b) représentant les coefficients de l'équation de droite $y=ax+b$	Exercice 3
Question 8	Faire le nécessaire pour qu'il soit possible de créer une droite à partir de deux points (i.e la droite qui passe par ces deux points).	
Question 9	Ajouter, à la classe Point, un comportement, que l'on appellera <b>estSurDroite</b> , permettant à un point de tester s'il se trouve sur une droite.	Exercice 4
Question 10	Ajouter, à la classe Droite, un comportement, que l'on appellera <b>estParallele</b> , permettant à une droite de tester si elle est parallèle à une autre.	
Question 11	Ajouter, à la classe Droite, un comportement, que l'on appellera <b>intersection</b> , permettant à une droite de calculer son intersection avec une autre droite.	Exercice 5
Question 12	Faire le nécessaire pour qu'il soit possible de créer un Triangle à partir de trois droites.	
		Exercice 6

- du scénario pédagogique et des objectifs de chaque activité ;
- des compte-rendus d'observations que nous avons soumis à l'équipe pédagogique. Ces compte-rendus ont été effectués à l'issue de l'analyse de traces d'activité recueillies en contexte écologique. Cette analyse avait pour objectif d'identifier des erreurs typiques ou récurrentes effectuées par les apprenants en session ainsi que de déterminer les points clés de l'activité pour lesquels la plupart des apprenants étaient confrontés à des difficultés. Par exemple, nous avons pu observer que près de 42% des apprenants avaient des problèmes relatifs à la protection de leurs variables d'instance dans la première question du TP1 et que 56% avaient mis un paramètre qui n'était pas de type *Object* dans la redéfinition de la méthode *equals* (Question 5 dans l'activité n°2)

Ces besoins d'observation se sont par ailleurs affinés au fil des expérimentations puisque parmi ceux initialement identifiés, certains ont disparu. Par ailleurs, d'autres besoins sont apparus justement grâce à l'analyse des expérimentations et au travail de ré-ingénierie effectué par l'enseignant-concepteur au niveau du scénario et de l'équipe pédagogique accompagnée des tuteurs pour ce qui concerne les besoins d'observation.

#### 4.1.2.2 Les besoins d'observation des activités d'apprentissage

Nous présentons dans cette section les besoins d'observation mis en lumière lors de la première expérimentation et qui ont été affinés tout au long des différentes expérimentations ultérieures.

Nous n'allons pas présenter dans cette section, tous les besoins d'observation liés aux deux scénarios considérés. Nous ne conserverons que le premier scénario qui se déroule sur le TP1, pour lequel nous allons examiner trois questions « typiques ».

Tout d'abord, intéressons-nous à la question 1 dont l'énoncé est le suivant : *Écrire la classe Point composée de deux champs (valeurs réelles) représentant les coordonnées d'un point en x et y.*

Pour cette question, les objectifs pédagogiques concernent la maîtrise de quatre notions spécifiques de POO : classe, variable d'instance, constructeurs et encapsulation.

Certains des besoins d'observation liés à cette question sont implicites, d'après la formulation de la question. Ainsi, une catégorisation des besoins d'observation a été faite par l'enseignant-concepteur qui les a répartis en trois sections pour coïncider à la pratique : *doit faire*, *devrait penser à faire* et *ne doit pas faire*.

Ici, la section *ne doit pas faire* est vide. En ce qui concerne la section *doit faire*, le besoin d'observation concerne la vérification de la création d'une classe publique nommée *Point* avec deux variables d'instances de type réels et dont la visibilité est *private* champs *x* et *y* réels et privés. Dans la section *devrait penser à faire*, deux besoins d'observation ont été identifiés : vérifier la création d'un constructeur avec paramètres et la création de méthodes d'accès aux variables d'instances *x* et *y*.

La question 2 du TP1 est formulée comme suit : *Redéfinir la méthode equals pour la classe Point.*

Les objectifs pédagogiques sont relatifs à la maîtrise des concepts de POO : classe, méthode,

redéfinition, polymorphisme et envoi de message.

Ici, c'est la section *devrait penser à faire* qui est vide. En ce qui concerne la section *doit faire*, le besoin d'observation concerne la vérification de la création d'une méthode nommée *equals* dans la classe *Point* et dont la signature est la suivante *public boolean equals (Object)*. Dans la section *ne doit pas faire*, cinq besoins d'observation ont été identifiés : vérifier qu'il n'y a pas de messages binaires (concept d'objet receveur), s'assurer que la méthode n'a pas de paramètre de type *Point*, et enfin vérifier que le type de retour de la méthode n'est pas omis. Si jamais tel est le cas, il faut également vérifier qu'il est bien de type booléen.

Nous notons ici que la section *doit faire* et *ne doit pas faire* se croisent : les éléments de la section *ne doit pas faire* ont été identifiés grâce notamment, aux observations issues de l'analyse des traces et concernent les erreurs récurrentes constatées dans la réalisation de l'activité. En revanche, les éléments de la section *doit faire* concerne essentiellement les besoins d'observation *a priori*, lesquels sont directement identifiés à partir de la question et de sa formulation.

Enfin, en ce qui concerne la question 5 du TP1, sa formulation est la suivante : *Ajouter un comportement, que l'on appellera perimetre, permettant à un objet de la classe Triangle de calculer son périmètre.*

Les objectifs pédagogiques concernent la maîtrise des concepts de POO suivants : classe, variable d'instance, méthode et envoi de message. Dans la section *doit faire*, le besoin d'observation concerne la vérification de la création d'une méthode nommée *perimetre* dans la classe *triangle* et dont la signature est la suivante *public float/double perimetre()*. Quant à la section *devrait penser à faire*, le besoin d'observation identifié est relatif à l'utilisation de la méthode *distance* préalablement créée à la question 3 du TP. Enfin, dans la section *ne doit pas faire*, un besoin d'observation a été identifié : vérifier que la méthode n'est pas écrite avec un paramètre de type *Triangle*.

Par ailleurs, des besoins d'observation liés aux tâches du tuteur dans le cadre d'une supervision synchrone d'activité de travaux pratiques ont été identifiés. En effet, dans un contexte de supervision synchrone d'un groupe d'apprenants réalisant une activité de travaux pratiques, trois tâches tutorales ont été identifiées [Lekira et al. 2011c] :

- **Tâche 1** : s'assurer que l'apprenant réalise l'activité dans le temps imparti ; il doit alors gérer la progression de chaque apprenant en fonction du temps ;
- **Tâche 2** : accompagner l'apprenant dans la mise en œuvre des concepts théoriques introduits en cours et en TD ;
- **Tâche 3** : amener l'apprenant à acquérir les compétences-métiers et les savoir-faire liés au domaine.

Les besoins d'observations relatifs à la tâche 2 sont ceux directement liés au scénario pédagogique et que nous qualifions de spécifiques. Les autres besoins d'observation sont ceux que nous qualifions de transversaux : ils ne sont pas inhérents à un scénario. Ils sont généralement liés aux tâches 1 et 3. Par exemple, un besoin d'observation lié à la tâche 1 est le temps moyen passé par un apprenant pour le traitement d'une question.

### 4.1.3 Description des indicateurs

A partir des besoins d'observation identifiés par l'équipe pédagogique, nous avons défini un certain nombre d'indicateurs. Ils ont été soumis à l'aval des tuteurs qui allaient les utiliser. Ainsi, en concertation avec l'équipe pédagogique, 71 indicateurs spécifiques ont été définis pour le TP1, 97 indicateurs pour le TP2 et 57 indicateurs pour le TP3. Les indicateurs transversaux à toutes ces activités comptent une vingtaine de membres.

En annexe C se trouve une liste exhaustive des indicateurs identifiés et définis dans le cadre de ces trois activités de travaux pratiques. Nous présentons dans cette section les indicateurs liés aux besoins d'observation vus dans la section précédente.

Les besoins d'observation de la question 1 du TP1 nous mènent à la définition de 9 indicateurs qui se décomposent comme suit : la section *doit faire* dont le besoin d'observation concerne la vérification de la création d'une classe publique nommée Point avec deux variables d'instances de type réels et dont la visibilité est *private* champs x et y réels et privés entraîne la définition des indicateurs vérifiant :

- la création d'une classe dont le domaine d'acceptabilité (DA) est de type valeur et dont la valeur de la référence est la création d'une classe nommée Point ;
- la visibilité de la classe la classe Point dont le DA est de type valeur, lequel a la valeur *public* ;
- le nombre de champs de la classe Point dont le DA est de type valeur, lequel a la valeur 2 ;
- le type des champs de la classe Point dont le DA est de type ensemble, lequel a la valeur *float, double* ;
- la visibilité des champs de la classe dont le DA est de type valeur, lequel a la valeur *private* ;

Dans la section *devrait penser à faire*, deux besoins d'observation ont été identifiés : vérifier la création d'un constructeur avec paramètres et la création de méthodes d'accès aux variables d'instances x et y conduisant à la définition de quatre indicateurs vérifiant :

- la création d'un constructeur spécifique à 2 arguments dans la classe Point ;
- le type des paramètres de ce constructeur qui doit être *réel* ;
- la création d'accesseurs en lecture pour les variables d'instance privées de la classe Point ;
- la création d'accesseurs en écriture pour les variables d'instance privées de la classe Point ;

Le tableau 4.2 résume les besoins d'observations et les indicateurs identifiés pour les questions 2 et 5 du TP1.

Concernant les indicateurs dits transversaux qui ne dépendent pas d'un scénario particulier et qui sont liés aux trois tâches, des exemples sont donnés ci-après :

- Temps moyen passé pour le traitement d'une question (*Tâche 1*) ;
- Progression moyenne du groupe (*Tâche 1*) ;
- Progression relative d'un apprenant par rapport à la progression moyenne du groupe (*Tâche 1*) ;
- Pourcentage de méthodes commentées en *JavaDoc* dans une classe (*Tâche 3*) ;

- Le nom d'une variable d'instance doit débuter par une minuscule (*Tâche 3*);
- Le nom d'une variable d'instance doit être significatif (*Tâche 3*);
- Existence d'un *new X* dans une classe X (cet indicateur vérifie qu'il n'y a pas d'appel à l'opérateur *new* qui crée une instance de la classe à l'intérieur de la définition de cette classe) (*Tâche 2*);
- Respect du concept d'objet/receveur (une méthode d'instance doit faire référence à une variable d'instance ou à une autre méthode d'instance) (*Tâche 2*);

Tableau 4.2 – Indicateurs correspondant aux besoins d'observation des questions 2 et 5 du TP1

Question 2 (TP1)			
Énoncé	Redéfinir la méthode <i>equals</i> pour la classe Point.		
Objectifs	Maîtriser les concepts suivants : classe, méthode, redéfinition, polymorphisme et envoi de message		
Besoin d'observation	<i>Doit faire</i>	<i>Devrait penser à faire</i>	<i>Ne doit pas faire</i>
	Ecrire une méthode ayant la signature : <i>public boolean equals (Object)</i>		-Un message binaire -Avoir un paramètre de type Point -Mettre une majuscule à <i>equals</i> -Omettre le type de retour -Utiliser un type de retour qui ne soit pas boolean
Indicateurs	-Création d'une méthode <i>equals</i> -La méthode <i>equals</i> doit être publique -La méthode <i>equals</i> doit utiliser l'opérateur <i>instanceof</i>		-La méthode <i>equals</i> doit avoir un seul argument -L'argument de la méthode <i>equals</i> doit être de type Object -Le type de retour de la méthode <i>equals</i> doit être un booléen
Question 5 (TP1)			
Énoncé	Ajouter un comportement, que l'on appellera <b>perimetre</b> , permettant à un objet de la classe Triangle de calculer son périmètre.		
Objectifs	Maîtriser les concepts suivants : classe, variable d'instance, méthode et envoi de message		
Besoin d'observation	<i>Doit faire</i>	<i>Devrait penser à faire</i>	<i>Ne doit pas faire</i>
	Ecrire une méthode <i>public float/double perimetre()</i>	-Utiliser la méthode distance écrite à la question 3	- Ecrire la méthode avec un argument Triangle
Indicateurs	-Création d'une méthode <i>perimetre</i> -La méthode <i>perimetre</i> doit être publique -La méthode <i>perimetre</i> doit retourner un réel	-La méthode <i>perimetre</i> doit utiliser la méthode distance	- La méthode <i>perimetre</i> ne doit pas avoir d'argument

## 4.2 Expérimentation 1 : expérimentation exploratoire

### 4.2.1 Objectifs

Cette expérimentation que nous qualifions d'exploratoire vise à enrichir notre proposition initiale élaborée à partir des études théoriques faites en amont.

Elle a également pour objectif de recueillir des traces d'activités afin d'alimenter un corpus de traces à des fins d'analyse *a posteriori*. Il nous faut d'une part, observer et extraire des situations critiques apparues en cours de session et identifier ainsi des indicateurs pédagogiques à définir. D'autre part, il est important de tester ces indicateurs définis sur ces traces existantes.

Cette analyse des traces d'activités *a posteriori* a été effectuée en utilisant dans l'EIAH Hop3x, la fonctionnalité de simulation de session. Cette simulation sert en post-sessions aux tuteurs mais également à l'équipe pédagogique ou aux chercheurs pour l'analyse de l'activité. La simulation se déroule comme si les apprenants étaient en session grâce aux traces d'activités préalablement recueillies en contexte écologique. La simulation peut être utilisée en mode temps réel ou événementiel. Le mode temps réel respecte les moments d'inactions de l'apprenant dans l'environnement c'est-à-dire que la simulation se déroule exactement comme en session et sa durée est la même que celle prévue pour la session. Le mode événementiel effectue une lecture de la trace par événement et l'utilisateur peut choisir la vitesse de cette lecture (*e.g.* 1 événement par seconde, 5 événements par seconde). La durée de la simulation est ainsi inférieure ou supérieure à la durée réelle de la session.

### 4.2.2 Contexte

De janvier à mars 2009, cette phase exploratoire a impliqué deux tuteurs et quarante-huit étudiants, répartis en deux groupes de dix-huit et un groupe de quatorze étudiants.

Chaque groupe d'apprenants a participé à trois sessions d'apprentissage, d'une durée de trois heures chacune. Ces sessions d'apprentissage font partie d'une U.E. (Unité d'Enseignement) sur « la programmation orientée objet et Java », dispensée au semestre 6, aux étudiants de troisième année de Licence en Informatique, à l'Université du Maine.

Les apprenants étaient novices en programmation Java mais avaient déjà suivi une U.E. d'« Introduction à la Programmation Orientée Objet » dans laquelle ont été introduits les concepts de base de la POO tels que les classes, les objets, les instances, les messages, l'héritage, l'encapsulation, le polymorphisme, etc.

Avant chaque session d'apprentissage avec Hop3x, des cours magistraux (CM) et des travaux dirigés (TD) étaient dispensés aux apprenants ; ceux-ci portaient sur les notions et concepts que les apprenants avaient à mettre en pratique lors des sessions de TP.

La première séance de travaux pratiques (**TP1**) donnait l'opportunité aux apprenants de prendre en main l'outil. Ils devaient, lors de ce TP, mettre en œuvre certains concepts de la POO tels que les classes, les instances, les constructeurs, les messages, le polymorphisme ainsi que les bonnes pratiques de programmation telles que les commentaires *JavaDoc*, le respect de la *JavaStyle*, la compilation régulière de leurs programmes, l'écriture d'un

programme clair et aéré, etc.

La deuxième (**TP2**) et la troisième (**TP3**) séances de travaux pratiques étaient liées (même thème, Cf. Sujet TP en annexe). Ces TP avaient pour objectif, d'une part, d'asseoir la compréhension des concepts vus lors de la première séance et d'autre part, de mettre en œuvre les concepts de la POO tels que l'héritage, les exceptions et les interfaces.

L'environnement Hop3x-Enseignant utilisé dans cette expérimentation était composé uniquement de l'interface de visualisation en temps réel de l'activité de l'apprenant (cf. figure 3.4), c'est-à-dire d'une interface ne comprenant ni l'espace Apprenant relatif à la régulation de l'activité de l'apprenant (visualisation des indicateurs), ni l'espace Tuteur relatif à l'auto-régulation tutorale (visualisation des méta-indicateurs).

### 4.2.3 Recueil des données

Les sources des données recueillies proviennent :

- des traces d'interaction des apprenants sauvegardées sous forme d'événements Hop3x dans des bases de données durant le déroulement de la session. Ces traces ont, par la suite, été analysées ;
- des entretiens post-sessions avec les tuteurs qui ont permis de confronter notre proposition d'assistance aux activités tutorales aux besoins que les tuteurs estimaient avoir.

### 4.2.4 Observations et bilan

Cette première expérimentation nous a tout d'abord permis d'explicitier les besoins d'assistance informatique pour le tuteur humain lorsqu'il a à gérer à la fois son activité et celle de l'apprenant. En effet, lors de la régulation de l'activité de l'apprenant, un outil de suivi en temps réel de cette activité est nécessaire pour que le tuteur puisse avoir une perception de ce que fait réellement l'apprenant. Mais cela ne suffit pas toujours puisque dans le cas des activités d'apprentissage ayant un mode de suivi synchrone, le tuteur ne peut assimiler la surinformation induite par le suivi de plusieurs apprenants à la fois. Il est donc impératif, dans ce cas, de proposer au tuteur des informations plus succinctes et synthétiques sur l'activité de l'apprenant [Lekira 2010]. Les annotations durant les sessions ainsi que les entretiens post-session avec les tuteurs nous ont d'ailleurs donné la possibilité de conforter ce besoin en informations synthétiques puisqu'un tuteur affirmait : « La masse d'informations n'était pas gérable telle quelle ».

Par ailleurs, nous avons pu recueillir des traces d'activités en contexte écologique. L'analyse de ces traces nous ont permis d'extraire des situations critiques récurrentes au niveau de l'activité de l'apprenant. Confrontées aux besoins d'observation émis par les tuteurs à partir du scénario pédagogique et des objectifs de l'activité, ces situations observées ont permis l'identification puis la définition d'indicateurs pédagogiques sur l'activité de l'apprenant.

Ces indicateurs définis ont, dans un premier temps, été testé grâce au corpus de traces recueillies en utilisant la fonctionnalité de simulation de l'EIAH Hop3x. Ils ont ensuite été utilisés dans toutes les expérimentations ultérieures.

## 4.3 Expérimentation 2

### 4.3.1 Objectifs

Suite à l'expérimentation 1, des indicateurs sur l'activité de l'apprenant ont été identifiés et définis, le premier objectif de cette seconde expérimentation était d'observer et de mesurer, dans l'usage, l'impact de l'utilisation de ces indicateurs.

Pour pouvoir donner un retour au tuteur sur les effets de ses interventions, une condition préalable est de capturer les causes de cette intervention. Pour cela, nous devons identifier les indicateurs qui caractérisent la situation critique à l'origine de l'intervention tutorale. Pour identifier ces indicateurs, nous avons opté pour une approche déclarative décrite préalablement dans la section 3.4.1.

Le deuxième objectif de cette expérimentation est double. Il consiste d'une part, à voir si cette approche déclarative pouvait être acceptée par les tuteurs et d'autre part, à vérifier si la déclaration correspondait bien aux contenus des interventions.

### 4.3.2 Contexte

De janvier à février 2010, cette deuxième expérimentation a impliqué deux tuteurs (les mêmes que ceux de l'expérimentation 1) et trente-six étudiants de L3 Informatique à l'Université du Maine, répartis en deux groupes de dix-huit y ont participé.

Cette expérimentation s'est déroulée dans le même contexte et les mêmes conditions (contexte d'apprentissage, activités, scénarios pédagogiques, etc.) que celles de l'expérimentation 1 (*cf.* section 4.2.2).

Lors de cette expérimentation, l'environnement Hop3x-Enseignant utilisé était composé de l'interface de suivi en temps réel de l'activité de l'apprenant (*cf.* figure 3.4) et de l'interface offrant une assistance à la régulation de l'activité de l'apprenant : l'espace Apprenant permet la visualisation des indicateurs et des alertes ainsi que la sélection d'un ou plusieurs indicateurs dans le cadre de l'approche déclarative.

L'interface (Espace Tuteur de Hop3x-Enseignant) qui offre au tuteur la possibilité de visualiser les méta-indicateurs et d'assurer le suivi de ses interventions n'était pas disponible durant cette expérimentation.

### 4.3.3 Recueil des données

Les sources des données recueillies proviennent :

- des traces d'interaction des apprenants et des tuteurs, sauvegardées lors des sessions d'apprentissage ;
- des indicateurs pédagogiques sur l'activité de l'apprenant, calculés en temps réel ;
- des fichiers audios enregistrées lors des conversations entre le tuteur et l'apprenant ;
- des entretiens post-sessions avec les tuteurs.

### 4.3.4 Observations et résultats

Dans le cadre de nos observations, nous avons analysé les 242 interventions que les tuteurs ont effectuées durant l'expérimentation. Parmi, ces interventions, 29 (11 %) sont réactives et 213 (près de 89 %) sont proactives. Les interventions réactives sont celles dans lesquelles le tuteur intervient à cause de l'appel à l'aide d'un apprenant. Les interventions proactives sont celles dans lesquelles le tuteur intervient de sa propre initiative, généralement suite à une alerte provenant d'indicateurs n'ayant pas la valeur attendue.

#### 4.3.4.1 Pertinence et impact des indicateurs définis

Dans cette section, nous voulons examiner la pertinence des indicateurs qui ont été utilisés et à partir desquels les interventions tutorales ont été déclenchées. Ces indicateurs ont été identifiés et définis, d'une part, grâce aux traces d'activité des apprenants recueillies lors de la mise à l'essai (cf. section 4.2) qui nous ont permis d'extraire certaines situations critiques récurrentes et, d'autre part, à partir des besoins d'observation de l'équipe pédagogique, du scénario pédagogique et des objectifs de l'activité.

Pour étudier l'utilité et la pertinence de ces indicateurs définis, mis en place en collaboration avec l'équipe pédagogique, nous voulons observer l'apport de l'utilisation de ces indicateurs en observant l'impact de cette utilisation sur l'activité de l'apprenant. Pour cela, nous comparons les performances d'un groupe pour lequel des indicateurs sur l'activité de l'apprenant ont été fournis au tuteur (**Groupe B**) à un autre groupe (**Groupe A**) pour lequel les tuteurs n'avaient pas d'indicateurs disponibles.

Le groupe A fait référence aux apprenants qui ont participé à l'expérimentation 1 de 2009 dans laquelle la version initiale de l'EIAH Hop3x avait été utilisée (cf. section 4.2).

Le groupe B fait référence aux apprenants qui ont participé à l'expérimentation 2 de 2010 dans laquelle une version de l'EIAH Hop3x, permettant aux tuteurs de visualiser des indicateurs relatifs à l'activité de l'apprenant, avait été utilisée.

Il n'y a pas de différence significative entre ces deux expérimentations en terme de quantité de productions des apprenants. En moyenne, on a décompté, pour un TP de trois heures, par étudiant, 4050 événements Hop3x pour le Groupe A, et 3995 événements pour le Groupe B.

Pour cette étude, nous avons extrait des situations critiques (**SC**) c'est-à-dire des situations dans lesquelles les valeurs d'indicateurs n'appartiennent pas à leur domaine d'acceptabilité. Parmi ces situations, certaines ont évolué positivement; les valeurs des indicateurs retrouvent une valeur normale à la fin de la session, d'autres non.

Lors de l'analyse des données recueillies, nous avons remarqué que les tuteurs avaient ignoré certaines SC. Les entretiens post-sessions (de l'expérimentation 2 de 2010) avec les tuteurs ont confirmé qu'ils avaient volontairement mis de côté certains indicateurs parce qu'ils ont réalisé en cours de session que ces indicateurs n'étaient plus pertinents. En termes de ré-ingénierie, cette constatation a permis à l'équipe pédagogique d'une part, de modifier leurs besoins d'observation et leur scénario pédagogique, et d'autre part de

supprimer ces indicateurs non utilisés de la liste des indicateurs à fournir aux tuteurs en cours de session.

Les deux groupes sont homogènes en regard du nombre de SC apparues durant les sessions : en moyenne, par étudiant, il y a eu 16,85 SC pour le groupe A et 17,72 pour le groupe B.

Comme le montre la figure 4.1, 53,61 % des SC ont été résolues pour le groupe A. Pour le groupe B, ce taux est de 73,52 %. Le taux final de résolution des SC, pour le groupe B, est 19.91 points plus élevé que pour le groupe A.

Nous constatons que le groupe B, pour lequel les tuteurs avaient des indicateurs, a été capable de mieux résoudre ses SC que le groupe 1, pour lequel les tuteurs n'avaient pas d'indicateurs disponibles. Cette différence est statistiquement significative. Pour cela, nous avons utilisé un test de comparaison de proportion (z-test)<sup>1</sup>, pour un risque d'erreur  $\alpha=5\%$ , l'hypothèse  $H_0 : p_1 \geq p_2$  et  $H_1 : p_1 < p_2$ ; la statistique du test,  $T=7,96 > u_{0,95} = 1,64$  ( $u_{0,95}$  étant la fractile de la loi normale centrée réduite d'ordre 0,95) donc, on décide  $H_1$ .

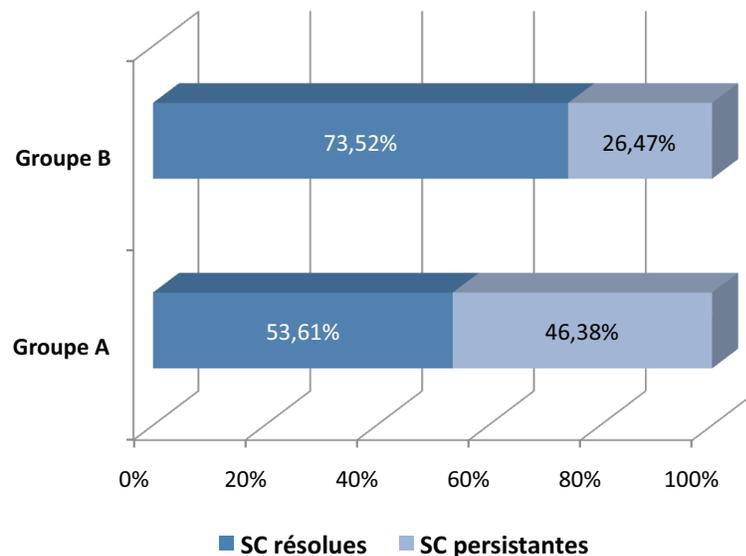


Figure 4.1 – État en fin de session des SC apparues en cours de session.

Néanmoins, il y a 26,47 % de SC non résolues pour le groupe B en dépit des interventions tutorales. Pour aller plus loin dans notre analyse, nous mettons en perspective les SC par rapport à leurs résolutions et aux interventions tutorales.

Pour le groupe A, les moyens techniques mis en œuvre ne nous ont pas permis de capturer informatiquement les interventions tutorales. Toutefois, grâce aux entretiens post-session avec les tuteurs, nous avons pu obtenir le nombre d'interventions par session : celui-ci est de six en moyenne, par session de TP. Ce nombre d'interventions est peu élevé comparé à celui du groupe B qui est de 27 interventions par session en moyenne. Cette différence peut être expliquée par le fait que dans le groupe A, les tuteurs bénéficiaient de peu d'informations ciblées sur l'activité de l'apprenant. De plus, ils intervenaient principalement

1. Exemple de calcul pour le test de proportion (z-test) : <http://www.acastat.com/Statbook/ztest1.htm>.

en réponse à des requêtes d'étudiants (interventions réactives). Comme on peut le voir sur la figure 4.1, 53,61 % des SC ont tout de même été résolues pour le groupe A. Nous pouvons ainsi supposer qu'il a eu un taux d'auto-correction élevé : les étudiants ont partiellement résolu les SC eux-mêmes.

Par ailleurs, pour le groupe B, nous remarquons que grâce aux indicateurs, les tuteurs sont intervenus 4,5 fois plus que dans le groupe A.

Pour évaluer l'impact des interventions dans la résolution des SC, la figure 4.2 détaille la répartition de ces SC, pour le groupe B, en fonction de leurs résolutions et des interventions tutorales.

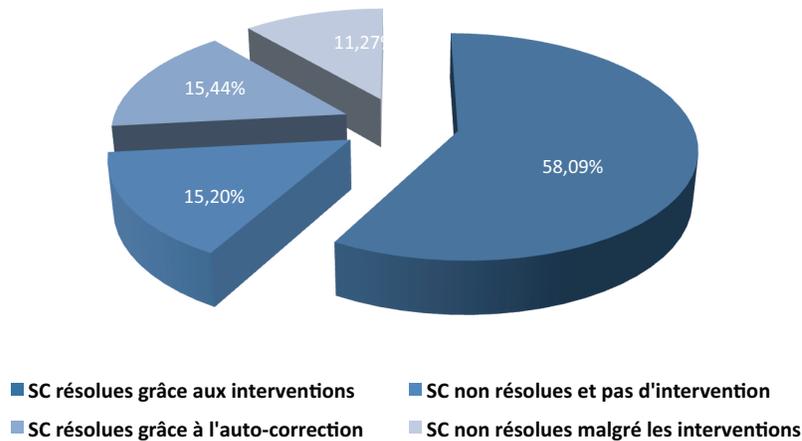


Figure 4.2 – Répartition des SC apparues en cours de session, pour le groupe B, en fonction de leurs résolutions et des interventions tutorales.

Comme le montre la figure 4.2, 58,09 % des SC ont été résolues grâce aux interventions tutorales; cela représente 83,74 % des interventions tutorales, tandis que 15,44 % ont été résolues par l'auto-correction des étudiants. Ces chiffres représentent la part des SC résolues à la fin de la session soit 73,52 % (cf. Figure 4.1).

La part des SC non résolues malgré une intervention (11,27 % des SC) se rapporte principalement à des problèmes difficiles à résoudre pour les étudiants. Ces problèmes sont relatifs à des notions clés en POO telles que la différence entre la surcharge et la redéfinition d'une méthode. Dans de telles situations, pour diminuer le taux d'échecs des interventions tutorales, le suivi des interventions tutorales présente son intérêt. Il s'agit non seulement de fournir au tuteur un retour sur les effets de ses interventions, mais aussi de lui donner l'opportunité de détecter rapidement les interventions qui ont eu du succès et celles qui ont partiellement ou complètement échoué. Dans le cas des interventions qui n'ont pas eu les effets escomptés, le tuteur, alerté par le feedback fourni par le système, sera alors en mesure de ré-intervenir rapidement pour pallier ces SC non résolues.

Concernant les SC qui n'ont pas fait l'objet d'une intervention tutorale et qui persistent à la fin de la session (15,20 % des SC), nous remarquons que ces SC se réfèrent essentiellement à deux catégories de problèmes. La première concerne l'absence de méthodes d'accès pour des variables d'instance privées. La seconde relève de la non-utilisation de méthodes préalablement créées dans la suite de l'activité.

L'apparition de ces SC n'est pas bloquante pour les étudiants puisqu'ils peuvent continuer leurs activités. Dans ces cas de SC non bloquantes, comme les tuteurs font un suivi de plusieurs apprenants en même temps, ils sont amenés à faire des choix. Nous pouvons supposer qu'ils ont donné une certaine priorité aux SC et qu'ils ont décidé de traiter, en premier, les SC qu'ils considéraient primordiales et bloquantes. Afin de cibler ces situations, nous proposons d'ajouter un attribut à la définition d'un indicateur pédagogique : son niveau critique. Cet attribut permettra de fournir au tuteur un degré d'alerte en fonction de la nature de la situation qui peut être bloquante, potentiellement bloquante ou non bloquante.

Les résultats expérimentaux montrent que fournir au tuteur des indicateurs sur l'activité de l'apprenant a un impact positif sur les performances des apprenants. En effet, les apprenants, encadrés par des tuteurs ayant à leurs dispositions des indicateurs, ont mieux réussi à résoudre les situations critiques auxquelles ils étaient confrontés que ceux, encadrés par des tuteurs sans indicateurs disponibles [Lekira et al. 2011c].

Par ailleurs, le fait de fournir au tuteur des indicateurs tend à améliorer la pratique tutorale puisque qu'avec les indicateurs, les tuteurs sont intervenus beaucoup plus que sans indicateurs : l'interaction tuteur-apprenant se trouve ainsi renforcée. De plus, la majorité des interventions tutorales ont eu du succès : les situations critiques visées ont été résolues et les indicateurs correspondants ont repris des valeurs acceptables à la fin de la session.

#### **4.3.4.2 Aide à l'identification de l'intention d'intervention tutorale**

Comme nous l'avons précisé au préalable, pour pouvoir fournir au tuteur un retour sur les effets de son intervention, il est nécessaire de savoir ce qui pousse le tuteur à intervenir et donc à identifier la situation critique et les indicateurs qui la caractérise.

L'identification de ces indicateurs à l'origine de l'intervention tutorale peut se faire, soit de manière automatique, soit de manière déclarative. Comme nous l'avons évoqué précédemment en section 3.4.1, l'identification automatique est trop coûteuse. En outre, elle contient un risque élevé d'erreurs lié notamment aux problèmes de la transcription audio et de l'analyse textuelle du contenu de l'intervention.

L'approche déclarative est l'option que nous avons choisie pour l'identification de l'intention d'intervention du tuteur. Elle consiste à demander au tuteur de déclarer ce qu'il veut faire dans son intervention à travers la sélection d'un certain nombre d'indicateurs.

Cette approche déclarative soulève deux principaux problèmes qui peuvent venir perturber voire faire échouer l'identification de l'intention d'intervention tutorale. D'une part, elle ajoute une tâche supplémentaire au tuteur puisqu'il doit fournir des renseignements sur son intention, en cours de session, à travers la sélection d'indicateurs. Cette tâche peut devenir contraignante, l'incitant ainsi à ne pas l'exécuter. D'autre part, le contenu de l'intervention peut ne pas correspondre aux problèmes pointés par les indicateurs sélectionnés au préalable par le tuteur.

#### 4.3.4.2.1 L'approche déclarative est-elle contraignante ?

La figure 4.3 montre la répartition des interventions proactives selon la présence ou non d'indicateurs sélectionnés par le tuteur lors de son intervention.

Parmi les 213 interventions proactives, les tuteurs ont sélectionné des indicateurs dans 82 % des cas (soit 175 interventions). Dans les 18 % restants, la moitié correspond aux cas où les tuteurs sont intervenus sur des aspects qui ne sont pas capturés par les indicateurs mis en place. L'autre moitié correspond aux interventions dans lesquelles les tuteurs ont omis de sélectionner des indicateurs lors de leurs interventions alors qu'ils étaient disponibles.

Ces résultats montrent que la plupart du temps (82 % des interventions), les tuteurs ont déclaré leurs intentions d'intervention puisqu'ils ont sélectionné des indicateurs. Il semble donc que l'utilisation de l'approche déclarative pour identifier les indicateurs caractérisant la SC à l'origine d'une intervention, ne soit pas contraignante pour les tuteurs et que la surcharge occasionnée soit acceptable.

#### 4.3.4.2.2 Le tuteur fait-il réellement ce qu'il a déclaré vouloir faire ?

Nous avons ensuite voulu savoir s'il y avait correspondance entre ce que le tuteur déclarait vouloir faire (sélection des indicateurs) et ce qu'il faisait réellement (contenu de l'intervention), en nous intéressant aux 175 interventions dans lesquelles les tuteurs avaient sélectionné des indicateurs avant d'intervenir.

Pour vérifier la correspondance entre le contenu de l'intervention tutorale et les indicateurs sélectionnés, nous avons analysé les 93 interventions audio et les 82 interventions textuelles.

La figure 4.3 montre la correspondance entre les interventions tutorales avec sélection d'indicateurs et le contenu des dites interventions. Dans près de 60 % des interventions considérées, le tuteur traite de l'intégralité des situations jugées intéressantes, révélées par les indicateurs sélectionnés.

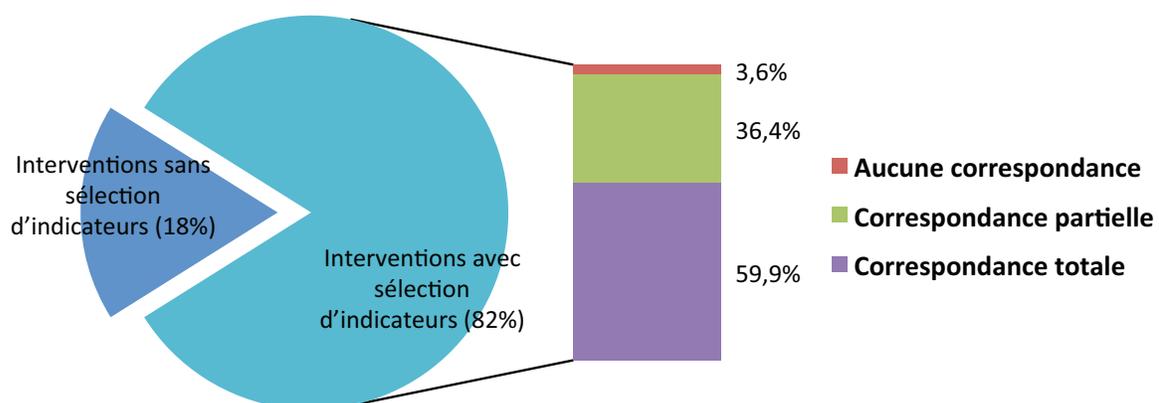


Figure 4.3 – Répartition des interventions selon la sélection d'indicateurs.

Les circonstances dans lesquelles le contenu des interventions tutorales ne correspond pas aux situations révélées par les indicateurs sélectionnés par le tuteur sont peu

nombreuses : 3,6 %. le tuteur traite alors de problèmes n'ayant aucun lien avec les indicateurs qu'il a préalablement sélectionnés. Dans ces cas, il peut s'agir de fausses manipulations liées à l'interface de visualisation des indicateurs. Un tuteur confirme d'ailleurs que plusieurs fois, il s'est rendu compte *a posteriori* de cette sélection non voulue et inopportune.

La catégorie des correspondances partielles fait référence aux 36,6 % des interventions considérées.

Dans cette catégorie, près de 94 % des interventions renvoient aux situations dans lesquelles les tuteurs traitaient plus de problèmes dans leurs interventions que ceux déclarés en amont. Ils avaient tout de même rempli le contrat puisqu'ils ont effectivement abordé les situations liées aux indicateurs sélectionnés.

En revanche, dans les 6 % restants, les tuteurs n'ont pas traité toutes les situations intéressantes qu'ils avaient déclaré vouloir résoudre. En analysant le contenu des interventions, qui étaient essentiellement des interventions audio, nous avons remarqué que la durée de ces interventions excédaient les cinq minutes. Nous avons ainsi constaté que dans tous les cas, l'apprenant visé par l'intervention avait des difficultés à résoudre le premier problème que le tuteur traitait avec lui. Le tuteur prenait alors son temps pour lui expliquer de manière détaillée (pas à pas) comment résoudre le problème. Ainsi, nous pouvons supposer que dans de telles situations, le tuteur ne voulait pas surcharger l'apprenant en tentant de résoudre plusieurs problèmes dans une même intervention ou en lui fournissant trop d'informations. Le tuteur essayait plutôt d'aider l'apprenant de manière graduelle : surmonter les premières difficultés constituait un impératif pour poursuivre l'exercice.

Ces résultats montrent que la plupart du temps (60 % des interventions considérées), il y a une correspondance totale entre ce que les tuteurs ont déclaré vouloir faire et ce qu'ils ont fait réellement dans leurs interventions : cela tend à montrer l'intérêt et l'efficacité de notre approche déclarative [Lekira et al. 2011b].

Néanmoins, ces résultats ne sont pas satisfaisants pour ce que nous voulons faire. En effet, étudier avec l'apprenant des situations non déclarées pré-intervention ou *a contrario* ne pas évoquer des situations déclarées préalablement lors d'une intervention pose un problème au niveau de l'identification de l'intention d'intervention. Ces cas représentent toutefois une part non négligeable des interventions considérées (près de 36,6 %). Une intention d'intervention incomplète engendrera inéluctablement des manques ou des erreurs, lors du calcul des effets d'une intervention tutorale ; ce qui n'est pas acceptable pour la validation de notre proposition.

#### 4.3.5 Bilan

Cette première expérimentation nous a permis de mettre à l'épreuve les fondements de l'Approche Orientée Indicateurs qui consiste dans un premier temps à fournir au tuteur des indicateurs sur l'activité de l'apprenant afin qu'il puisse s'y fonder pour prendre des décisions d'intervention.

En contexte écologique, nous avons pu observer l'utilisation des indicateurs définis.

L'utilisation de ces indicateurs par les tuteurs a eu un impact positif sur l'activité de l'apprenant puisque l'analyse des traces d'activité a montré que les apprenants accompagnés par des tuteurs à qui sont fournis des indicateurs réussissent mieux à résoudre leurs situations critiques que ceux accompagnés par des tuteurs n'ayant pas ce type d'informations à leur disposition.

Parmi ces indicateurs proposés aux tuteurs en cours de session, certains ont été exclus lors des expérimentations ultérieures puisque les tuteurs ne les ont plus trouvés pertinents. Cela s'explique par deux principaux facteurs : le manque de temps et le nombre d'apprenants à gérer. En effet, certains indicateurs ne sont pas utilisés et ne font jamais l'objet d'une intervention tutorale bien que les valeurs de ces indicateurs n'appartiennent pas à leurs domaines d'acceptabilité.

D'autres indicateurs ont été modifiés afin de mieux correspondre aux situations critiques apparues en cours de session. Cette modification s'est essentiellement opérée dans le domaine d'acceptabilité de la valeur de l'indicateur qui a été ajusté. Enfin, certains ont été ajoutés pour cibler des situations non répertoriées au préalable mais qui sont apparues au cours de l'expérimentation.

En ce qui concerne l'approche déclarative, les résultats sont encourageants puisque cette manière de détecter les situations critiques à l'origine d'une intervention tutorale n'est pas contraignante pour le tuteur : en cours de session, le tuteur sélectionne bien les indicateurs qui ciblent ce dont il va traiter lors de son intervention. En revanche, le problème de la détection partielle de l'intention d'intervention du tuteur et donc des indicateurs à l'origine de l'intervention, n'est pas négligeable puisque, pour ce que nous voulons faire, cela est incommode. En effet, cette détection partielle implique que près du tiers des feedbacks effectués sur les effets des interventions tutorales est susceptible de ne pas être exhaustif. Ce feedback partiel peut amener le tuteur à avoir une vision biaisée de son activité puisqu'il ne reçoit pas toutes les informations. Par conséquent, le tuteur peut être amené à avoir une réflexion pédagogique qui ne tient pas compte de tous les aspects de la situation et prendre des décisions de régulation non adéquates.

Pour pallier ce problème de l'identification partielle des indicateurs à l'origine d'une intervention tutorale, nous proposons de mettre en place une fiche d'intervention qui permet au tuteur, après une intervention, d'avoir le compte rendu des indicateurs qu'il a sélectionnés au préalable et qui sont supposés refléter ce dont il a traité lors de son intervention. Cette fiche d'intervention donne au tuteur la possibilité de modifier (ajout ou suppression d'indicateurs), la liste des indicateurs préalablement sélectionnés afin de faire concorder cette liste à ce qui a été réellement traité dans l'intervention.

L'outil permettant de gérer cette fiche d'intervention a été réalisé au sein de l'environnement Hop3x-Enseignant. Cet outil a été testé au cours de la troisième expérimentation que nous avons menée et que nous présentons dans la section suivante.

## 4.4 Expérimentation 3

### 4.4.1 Objectifs

L'objectif de cette troisième expérimentation (**Expérimentation 3**) était d'assurer l'identification de l'intention d'intervention tutorale et de pallier le problème de l'identification partielle de cette intention en développant dans l'EIAH Hop3x l'outil permettant de fournir au tuteur la fiche d'intervention permettant de faire correspondre le contenu de l'intervention aux indicateurs sélectionnés.

### 4.4.2 Contexte

Nous avons mené cette troisième campagne d'expérimentation entre mai 2010 et juin 2010. Elle a impliqué deux tuteurs, enseignants au département SRC (Services et Réseaux de Communication) de l'IUT (Institut Universitaire de Technologie) de Laval et quatre-vingt dix étudiants en fin de première année d'IUT en SRC (Services et Réseaux de Communication), répartis en six groupes de quinze.

Une séance de travaux pratiques de trois heures a été mise en place dans laquelle les étudiants ont travaillé sur l'activité TP1 (*cf.* Tableau 4.1) dans les mêmes conditions que lors des précédentes expérimentations.

L'environnement Hop3x-Enseignant utilisé dans cette expérimentation est la même que celui utilisé lors de l'expérimentation 3. Il a été ajouté à cet environnement la fiche d'intervention a posteriori (*cf.* 3.4.1).

### 4.4.3 Recueil des données

Les sources des données recueillies proviennent :

- des traces d'interaction des apprenants et des tuteurs sauvegardées lors des sessions d'apprentissage ;
- des fichiers audios enregistrés lors des conversations entre le tuteur et l'apprenant ;
- des indicateurs pédagogiques sur l'activité de l'apprenant calculés en temps réel ;
- des entretiens post-sessions avec les tuteurs.

### 4.4.4 Observations et résultats

Lors de cette expérimentation, 122 interventions ont été faites à raison de 27 interventions réactives et de 95 interventions proactives (78 % des interventions). Sur ces 95 interventions proactives, nous avons obtenu comme résultat :

- Dans 87 % des cas (soit 83 interventions), le tuteur a effectivement sélectionné des indicateurs lors de ses interventions (soit avant soit après l'intervention).
- Dans 10 % des cas, le tuteur est intervenu sur des aspects non capturés par les indicateurs mis en place dans Hop3x.
- Dans 3 % des cas, le tuteur n'a pas sélectionné d'indicateurs lors de leurs interventions alors qu'ils étaient disponibles.

Nous nous intéressons à nouveau aux interventions proactives avec sélection d'indicateurs soit 83 interventions. Le tableau 4.3 montre la relation entre indicateurs sélectionnés pré-intervention ou post-intervention et le contenu de l'intervention.

Tableau 4.3 – Relation entre indicateurs sélectionnés pré-intervention et post-intervention en fonction de la correspondance des indicateurs avec le contenu des interventions.

Sélection indicateurs	Correspondance totale	Aucune correspondance	Correspondance partielle	Aucune sélection
Pré-intervention	30%	2%	48%	20%
Post-intervention	95%	0%	5%	0%

Les cas de correspondance totale augmentent de 65 % entre la sélection pré-intervention et post-intervention. Cela tend à souligner l'intérêt de la sélection post-intervention puisque le taux final de ces cas favorables est très satisfaisant (95 %). En revanche, il y a dégradation entre les résultats de l'expérimentation 2 et les résultats de la sélection pré-intervention : les cas de correspondance totale passent de 60 à 30 % et les cas de correspondance partielle augmentent de 12 %. Pour expliquer ce phénomène, nous avons analysé les traces et constaté que l'introduction de l'ajustement post-intervention modifie le comportement du tuteur. La plupart du temps, le tuteur ne sélectionne avant l'intervention que l'indicateur correspondant au premier problème qu'il va traiter, voire ne sélectionne aucun indicateur, et privilégie la sélection post-intervention des indicateurs pointant sur les problèmes traités lors de l'intervention.

Les résultats de cette expérimentation tendent à conforter notre hypothèse selon laquelle donner au tuteur la possibilité d'ajuster post-intervention sa sélection permet bien l'identification (dans 95 % des interventions proactives) des indicateurs sur lesquels les interventions ont porté. De plus, le taux de correspondance partielle qui était problématique dans l'expérimentation 1 (36 % des cas), n'est plus que de 5 % (cf. section 4.4).

Tableau 4.4 – Comparaison entre expérimentation 1 et 2 concernant la relation entre indicateurs sélectionnés et le contenu des interventions.

	Correspondance totale	Aucune correspondance	Correspondance partielle
Expérimentation 1	59,9%	3,6%	36,4%
Expérimentation 2	95%	0%	5%

#### 4.4.5 Bilan

Ces expérimentations (expérimentation 2 et expérimentation 3) nous ont donné les moyens de vérifier et de valider l'approche déclarative qui consiste à identifier les indicateurs pointant sur la situation évoquée dans une intervention tutorale.

On pourrait alors penser alors qu'il serait possible de supprimer la sélection

pré-intervention et de ne garder que la sélection post-intervention, d'après les résultats de l'expérimentation 2. Nous avons choisi de garder les deux possibilités puisque dans la majorité des cas (près de 80 % d'après le 4.3), le tuteur sélectionne des indicateurs pré-intervention. Par ailleurs, il est plus aisée de compléter et d'ajuster une sélection que de la créer post-intervention. Cela demande notamment moins d'efforts de mémoire et comporte moins de risque d'erreurs.

## 4.5 Expérimentation 4

### 4.5.1 Objectifs

L'objectif principal de cette quatrième expérimentation (**Expérimentation 4**) est d'observer, dans l'usage, l'apport de l'Approche Orientée Indicateurs afin de mesurer l'impact de l'utilisation des indicateurs et surtout des méta-indicateurs.

Pour atteindre notre objectif, nous voulons dans un premier temps savoir si les méta-indicateurs améliorent les performances du tuteur ainsi que l'effectivité de ses interventions. Dans un deuxième temps, nous voulons voir si cette amélioration des performances tutorales a induit un impact positif sur l'activité et les performances des apprenants.

### 4.5.2 Contexte

Cette quatrième expérimentation s'est déroulée entre janvier 2011 et février 2011. Quarante-cinq étudiants de L3 Informatique à l'Université du Maine répartis en trois groupes de quinze y ont participé. Quatre tuteurs se sont impliqués dont deux ayant participé à l'expérimentation 1 et à l'expérimentation 2.

Cette expérimentation s'est déroulée dans le même contexte et les mêmes conditions (contexte d'apprentissage, activités, scénarios pédagogiques, etc.) que celles de l'expérimentation 1 (cf. section 4.2.2) et de l'expérimentation 2 (cf. section 4.3.2)

Lors de cette expérimentation, l'environnement Hop3x-Enseignant est celui présenté en section 3.2.3 (cf. figure 3.4 et figure 3.5). Cet environnement fournit au tuteur une double assistance :

- à la régulation de l'activité de l'apprenant à travers l'espace Apprenant qui permet la visualisation des indicateurs et alertes ainsi que la sélection d'un ou plusieurs indicateurs dans le cadre de l'approche déclarative ;
- à l'auto-régulation tutorale afin qu'il puisse mesurer les effets de son intervention et en assurer le suivi. Cela à travers l'espace Tuteur qui permet au tuteur de visualiser les interventions effectuées et les méta-indicateurs.

### 4.5.3 Recueil des données

Les sources des données recueillies proviennent :

- des traces d'interaction des apprenants et des tuteurs sauvegardées lors des sessions d'apprentissage ;
- des fichiers audios enregistrées lors des conversations entre le tuteur et l'apprenant ;
- des fichiers vidéos de l'écran de l'enseignant enregistrés lors du déroulement de la session d'apprentissage ;
- des entretiens post-sessions avec les tuteurs.

## 4.5.4 Observations et résultats

### 4.5.4.1 Impact des méta-indicateurs sur l'activité du tuteur

Dans cette sous-section, nous voulons mesurer l'apport de l'introduction des méta-indicateurs sur l'activité du tuteur en comparant les données de l'expérimentation 4, dans laquelle les méta-indicateurs ont été fournis aux tuteurs et l'expérimentation 2<sup>2</sup>, dans laquelle les tuteurs n'avaient pas de méta-indicateurs à leur disposition mais uniquement des indicateurs. Pour cela, nous nous intéressons aux interventions proactives. Nous appelons **groupe I** les apprenants ayant participé à l'expérimentation 2 car les tuteurs avaient à leur disposition des indicateurs et **groupe IMI** les apprenants ayant participé à l'expérimentation 4 puisque les tuteurs avaient à leur disposition des indicateurs et des méta-indicateurs.

Pour le groupe I, sur 242 interventions, 89,28 % sont proactives. Ce taux est similaire à celui du groupe IMI dans lequel il y eu 92,70 % d'interventions proactives sur un total de 288 interventions. Nos résultats et notre analyse se fondent sur ces données.

Dans notre analyse, nous nous préoccupons des interventions tutorales qui peuvent être des interventions uniques ou des séquences d'interventions. Une intervention unique est exclusivement composée de l'intervention originelle. Une séquence d'interventions est une série d'interventions sur le même sujet, composée de l'intervention originelle et des ré-interventions qui la succèdent. Une séquence d'interventions est un succès si la dernière intervention qui la compose réussit et que l'apprenant finit par résoudre le problème sur lequel le tuteur est intervenu. Sinon, elle a échoué.

Les méta-indicateurs fournissent au tuteur des informations sur le résultat (succès ou échec) de ses interventions. En cas d'échec, ils rappellent au tuteur qu'un apprenant n'a toujours pas résolu une situation critique sur laquelle il est préalablement intervenu. Le tuteur est ainsi enclin à ré-intervenir. Par conséquent, nous pouvons supposer que fournir au tuteur des informations sur les effets de ses interventions à travers les méta-indicateurs va augmenter le taux global d'interventions réussies (**H1**) et, en particulier, cela accroîtra le nombre d'interventions réussies du fait des ré-interventions (**H2**).

Comme le montre la figure 4.4, 75,99 % de toutes les interventions (nous tenons compte à la fois des interventions uniques et des séquences d'interventions) ont eu du succès pour le groupe I. Pour le groupe IMI, ce taux est de 91,42 %. Ces chiffres montrent une hausse du taux global d'interventions réussies qui a augmenté de 15.43 points.

Cette différence est statistiquement significative. Pour cela, nous avons utilisé un test de comparaison de proportion (z-test), pour un risque d'erreur  $\alpha=5\%$ , l'hypothèse  $H_0 : p_1 \geq p_2$  et  $H_1 : p_1 < p_2$ ; la statistique du test,  $T=6,43 > u_{0,95} = 1,64$  ( $u_{0,95}$  étant la fractile de la loi normale centrée réduite d'ordre 0,95) donc, on décide  $H_1$ .

Ce résultat valide notre première hypothèse H1 : globalement, les tuteurs (ceux du groupe IMI) ayant eu à leur portée un feedback sur les effets de leurs interventions grâce aux méta-indicateurs ont été plus à même de rendre leurs interventions effectives par rapport à ceux (du groupe I) qui n'ont pas cette rétroaction à leur disposition.

2. Nous choisissons de comparer les données issues des expérimentations 2 et 4 puisqu'elles se sont déroulées dans le même contexte.

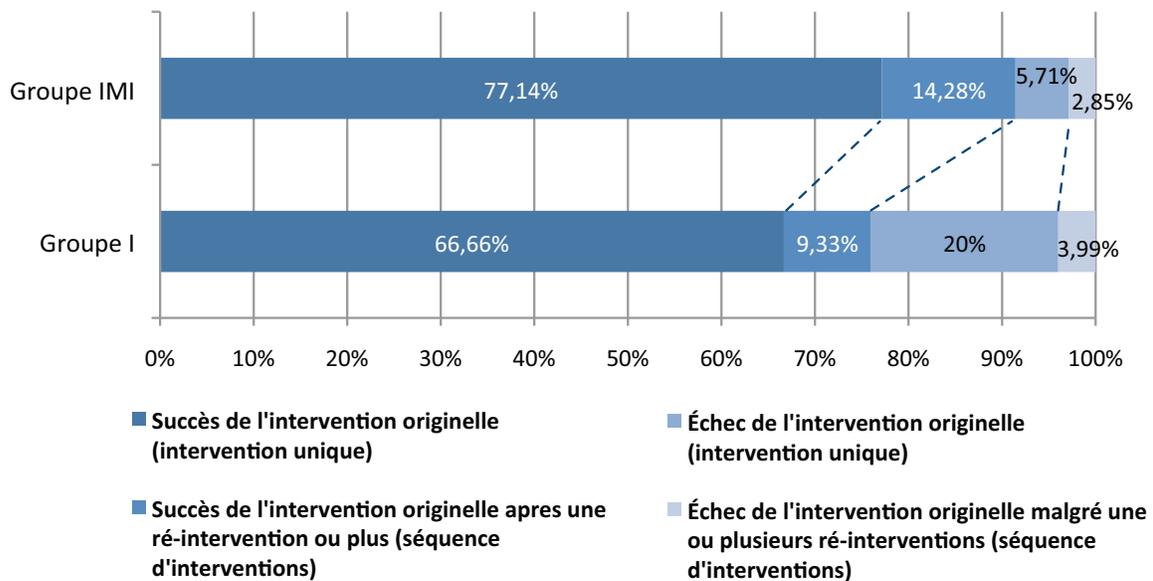


Figure 4.4 – Répartition des interventions tutorales pour le groupe I et le groupe IMI.

L'explication de l'augmentation du taux global d'interventions effectives est double.

Tout d'abord, elle est due à l'augmentation du taux des ré-interventions tutorales. En effet, lorsque l'intervention originelle échoue, dans 40,36 % des cas, les tuteurs sont ré-intervenues pour le groupe I. Ce taux de ré-interventions est de 75,02 % pour le groupe IMI. Les méta-indicateurs sont un rappel constant d'un éventuel échec d'une intervention tutorale. Ce rappel permanent a incité les tuteurs à ré-intervenir puisque le taux de ré-interventions dans le groupe IMI est 34,66 points plus élevé comparé à ce lui du groupe I.

Par conséquent, le taux de réussite des séquences d'interventions augmente de 4,95 points (c'est-à-dire de 9,33 % pour le groupe I à 14,29 % pour le groupe IMI) et le taux d'échec des interventions uniques diminue de 14,29 points (c'est-à-dire de 20,00 % pour le groupe I à 5,71 % pour le groupe IMI).

En ce qui concerne le taux de réussite des séquences d'interventions, l'augmentation est statistiquement significative entre le groupe I et IMI. Pour cela, nous avons utilisé un test de comparaison de proportion (z-test), pour un risque d'erreur  $\alpha=5\%$ , l'hypothèse  $H_0 : p_1 \geq p_2$  et  $H_1 : p_1 < p_2$ ; la statistique du test,  $T = 1,78 > u_{0,95} = 1,64$  ( $u_{0,95}$  étant la fractile de la loi normale centrée réduite d'ordre 0,95) donc, on décide  $H_1$ .

En ce qui concerne le taux d'échec des interventions uniques, la diminution entre le groupe I et IMI est statistiquement significative. Pour cela, nous avons utilisé un test de comparaison unilatéral de proportion (z-test), pour un risque d'erreur  $\alpha=5\%$ , l'hypothèse  $H_0 : p_1 \geq p_2$  et  $H_1 : p_1 < p_2$ ; la statistique du test,  $T = -2,42 < -u_{0,95} = -1,64$  ( $u_{0,95}$  étant la fractile de la loi normale centrée réduite d'ordre 0,95) donc, on décide  $H_1$ .

Nous expliquons cette différence par la présence des méta-indicateurs. En effet, les séquences d'interventions contiennent des ré-interventions qui sont elles-mêmes déclenchées par les méta-indicateurs. Ces résultats tendent à valider notre deuxième hypothèse H2 : il y eut une augmentation du nombre de ré-interventions ainsi qu'une

augmentation du nombre d'interventions effectives grâce aux ré-interventions.

Ensuite, comme le montre la figure 4.4, le taux de réussite des interventions uniques a augmenté entre le groupe I et le groupe IMI. Cela ne peut être dû aux méta-indicateurs puisque dans ce cas il n'y a pas de ré-interventions. Nous expliquons cette différence par le fait que deux des quatre tuteurs ont été impliqués dans les deux expérimentations. Après l'expérimentation 2, les tuteurs ont acquis une certaine expertise et un savoir-faire en se rappelant de certaines interventions ayant été effectives. Ainsi, lors de l'expérimentation 4, ils ont pu mieux cibler leurs choix en termes de stratégies de remédiation grâce à leur expérience.

En outre, en examinant le temps entre l'intervention originelle et les ré-interventions qui y sont liées, nous remarquons qu'en moyenne, ce temps est de 34 minutes pour le groupe I et fluctue entre 7 minutes et 120 minutes tandis que pour le groupe IMI, celui-ci est de 13 minutes et varie entre 2 et 34 minutes. Nous pouvons supposer que dans le groupe I, lorsque le temps entre l'intervention originelle et la ré-intervention qui lui succède est long, la ré-intervention n'est pas intentionnelle : les tuteurs intervenaient sur des SC et retrouvent une ancienne SC qu'ils avaient déjà traitée avec l'apprenant mais qui n'avait pas été résolue. En revanche, pour le groupe IMI, nous pouvons présumer que les ré-interventions sont essentiellement intentionnelles puisqu'il était fourni aux tuteurs des outils qui leur permettaient de faire un suivi de leurs interventions et des effets de celles-ci. Dans tous les cas, le temps de réaction du tuteur est beaucoup plus court lorsqu'ils bénéficient d'une rétroaction sur les effets de leurs interventions à travers les méta-indicateurs qui leur rappellent les SC (surtout celles non résolues) en instance.

Toutefois, pour le groupe IMI, il reste 8,56 % d'interventions non effectives dont 2,85 % d'interventions qui ont échoué malgré des ré-interventions. Ces cas sont relatifs à des interventions auprès d'apprenants ayant de très grandes difficultés en programmation. En effet, ces apprenants avaient principalement des problèmes de syntaxe et de structure de programme ainsi que de résolution des problèmes de compilation ; ces problèmes n'avaient pas d'implication sur les aspects cognitifs de l'activité liés à la POO qui intéressaient véritablement les tuteurs.

Les résultats expérimentaux montrent que fournir au tuteur des méta-indicateurs favorise leurs ré-interventions en cas d'échec de l'intervention originelle. En effet, les tuteurs ont mieux accompagné les apprenants lorsque ces derniers étaient dans une situation qui nécessitait une intervention de leur part puisque 91,42 % des interventions tutorales ont été effectives et ont eu les effets escomptés par les tuteurs.

Fournir au tuteur des informations sur sa propre activité améliore sa performance et accroît les chances d'effectivité de ses actions.

#### **4.5.4.2 Impact des méta-indicateurs sur l'activité de l'apprenant**

Nous voulons voir si l'amélioration des performances du tuteur et l'augmentation de leurs taux de ré-interventions ont un impact positif sur l'activité de l'apprenant. Ici, nous voulons savoir si les apprenants résolvent mieux les situations critiques (**SC**) auxquelles

ils sont confrontés lorsque le tuteur dispose des méta-indicateurs. Pour atteindre notre objectif, nous mettons en évidence des SC qui correspondent à des situations dans lesquelles les valeurs des indicateurs (sur l'activité de l'apprenant) ne sont pas conformes à celles attendues. Parmi ces SC, certaines évoluent positivement (les valeurs des indicateurs retournent à la normale à la fin de la session) et d'autres non. Par ailleurs, parmi ces SC apparues, certaines ont été résolues grâce à l'auto-correction des apprenants, d'autres n'ont pas fait l'objet d'une intervention tutorale ; le tuteur a choisi de ne pas les aborder car ils avaient des SC plus importantes à traiter. Pour pouvoir mesurer l'impact de l'amélioration des performances du tuteur sur l'activité de l'apprenant, nous nous intéressons aux SC apparues et qui ont fait l'objet d'une intervention tutorale. Les deux groupes sont homogènes si l'on considère le nombre de SC apparues par session : en moyenne, par étudiant, il y a eu 16,85 SC pour le groupe I et 16,79 SC pour le groupe IMI.

Fournir au tuteur des informations sur son activité à travers les méta-indicateurs vise à améliorer le suivi et l'effectivité de ses interventions. Dans la sous-section précédente, nous avons vu que cet apport améliore les performances du tuteur. Nous voulons voir si le taux d'échec dans la résolution des SC diminue grâce aux interventions (c'est-à-dire observer si le taux de résolution des SC augmente grâce aux interventions).

La figure 4.5 montre la distribution des SC apparues et qui ont fait l'objet d'une intervention tutorale en fonction de leur résolution à la fin de la session.

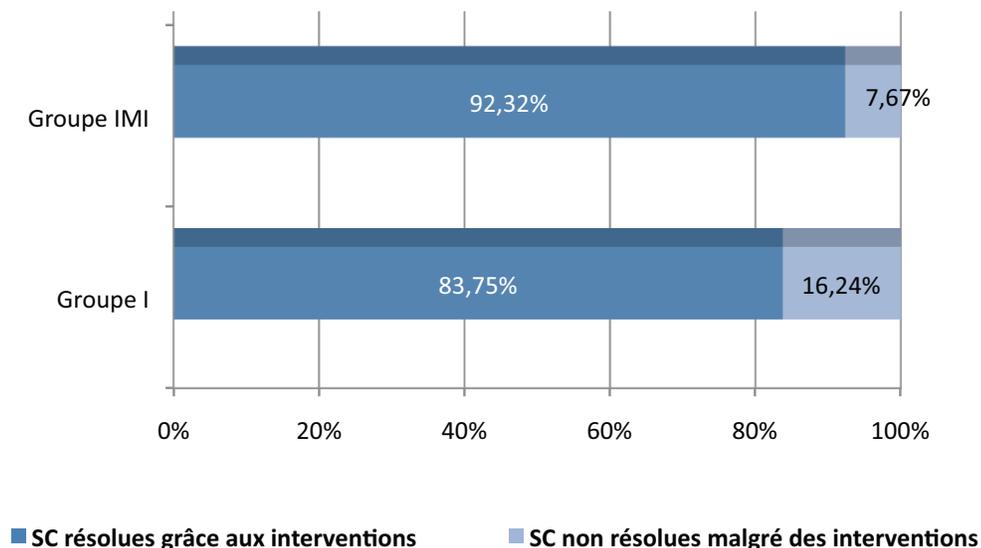


Figure 4.5 – Répartition des SC pour le groupe I et le groupe IMI.

Comme le montre la figure 4.5, le taux de résolution des SC grâce aux interventions augmentent de 83,74 % à 92,32 % entre le groupe I et le groupe IMI. Cette augmentation est probablement due aux interventions effectives (qui ont réussi) qui ont augmenté avec l'introduction des méta-indicateurs (cf. section 4.5.4.1). Par ailleurs, cette différence est statistiquement significative. Pour cela, nous avons utilisé un test de comparaison de proportion (z-test), pour un risque d'erreur  $\alpha=5\%$ , l'hypothèse  $H_0 : p_1 \geq p_2$  et  $H_1 : p_1 < p_2$  ;

la statistique du test,  $T=4,95 > u_{0,95} = 1,64$  ( $u_{0,95}$  étant la fractile de la loi normale centrée réduite d'ordre 0,95) donc, on décide  $H_1$ .

Cependant, pour le groupe IMI, il y a 7,67 % de SC non résolues malgré une intervention tutorale. Cette catégorie de SC non résolues correspond aux interventions auprès d'apprenants qui avaient de très grandes difficultés en programmation.

Ces résultats tendent à prouver que l'introduction des méta-indicateurs qui induisent une amélioration de la qualité et de la quantité des interventions tutorales, a un impact positif sur les performances des apprenants car ils ont mieux résolu leurs SC lorsque les tuteurs avaient un feedback sur ses interventions [Lekira et al. 2012a].

#### 4.5.5 Bilan

Cette quatrième expérimentation, nous a permis d'observer le bénéfice qu'induit le fait de fournir au tuteur des informations sur ses interventions lorsqu'il gère ses activités en temps réel. À travers l'approche orientée indicateurs, nous fournissons au tuteur des informations pertinentes et synthétiques sur l'activité de l'apprenant en utilisant des indicateurs calculés à partir de la trace de l'apprenant. Par ailleurs, des informations sur les effets de ses interventions lui sont aussi fournies à travers les méta-indicateurs. Cela lui permet de savoir si ses interventions ont eu les effets désirés. Dans le cas contraire, on est à même de savoir dans quelle mesure elles ont échoué.

Les résultats expérimentaux montrent que lorsque les tuteurs disposent d'informations sur le devenir de leurs interventions, cela améliore l'effectivité de leurs interventions de manière quantitative et qualitative. En effet, la présence des méta-indicateurs induit un impact positif sur les performances des tuteurs ayant participé aux expérimentations ; il y a eu une hausse du taux de ré-interventions tutorales (une augmentation de 34,66 points entre l'expérimentation 2 et l'expérimentation 4) en cas d'échec de l'intervention originelle. Par ailleurs, le taux global des interventions effectives s'est accru de 15,43 points entre l'expérimentation 2 (75,99 %) et l'expérimentation 4 (91,42 %).

L'analyse des données issues de cette expérimentation 4 tend à démontrer l'intérêt de notre approche en termes d'impact sur l'activité d'apprentissage. Notre objectif de départ qui visait à apporter une aide au tuteur lorsqu'il était amené à gérer ses activités et plus particulièrement dans son auto-régulation était lié à une hypothèse forte que nous faisons au départ qui présumait qu'une telle assistance devrait avoir un impact positif sur l'activité de l'apprenant. Cette hypothèse de départ est confortée par les résultats issus de l'analyse de l'expérimentation. Nous constatons qu'une amélioration des performances tutorales (grâce à l'assistance fournie) induit une influence positive sur les performances des apprenants et sur leurs capacités à résoudre les situations critiques auxquelles ils sont confrontés. Les apprenants ont mieux réussi à résoudre leurs problèmes lorsqu'une aide est fournie aux tuteurs afin qu'ils puissent réguler leurs propre activité de tutorat [Lekira 2012].

## 4.6 Conclusion du chapitre

Les expérimentations ont été essentielles dans notre travail puisqu'elles nous ont à chaque fois, permis d'ajouter une pierre à notre édifice en adéquation à la démarche de conception itérative que nous avons préalablement choisie.

Nous avons pu dans un délai raisonnable (trois années universitaires) mener quatre expérimentations en contexte écologique. Ces expérimentations sont complémentaires et nous ont permis d'affiner, d'éprouver et de valider nos propositions [Lekira et al. 2012b].

Les résultats de ces expérimentations nous ont permis au préalable d'extraire des besoins d'observation et de définir des indicateurs. Ensuite, la question de l'impact de l'usage des indicateurs a été abordé en même temps que celui de la détection des indicateurs à l'origine d'une intervention tutorale afin de pouvoir s'y appuyer pour fournir au tuteur les effets de son intervention. Enfin, l'impact de la mise à disposition de ce feedback a été observé à la fois sur les performances du tuteur mais aussi sur celles de l'apprenant. Les derniers résultats sont encourageants et tendent à valider notre hypothèse, celle d'avancer que fournir au tuteur une assistance efficace dans son auto-régulation tendrait à ce qu'il fournisse à l'apprenant un meilleur accompagnement pour aboutir ainsi à une meilleure réalisation de son activité apprentissage.

Cependant, fournir au tuteur ces informations a tout de même eu un impact sur sa charge de travail. En effet, les entretiens effectués auprès des tuteurs, après l'expérimentation 4 dans laquelle les informations sur l'activité de l'apprenant et sur sa propre activité ont été fournies au tuteur, ont montré que la plupart des tuteurs estiment que leur activité s'est accrue avec l'introduction des feedbacks sur les interventions. D'une part, les tuteurs (notamment ceux ayant participé aux deux expérimentations) ont trouvé qu'au bout de trois heures de travaux pratiques, ils ont été réellement proactifs. En effet, ils devaient à la fois suivre l'activité de l'apprenant, s'occuper des situations critiques dont ils sont informés via les indicateurs et intervenir. Et cela, pour tous les apprenants du groupe. D'autre part, il y avait aussi les méta-indicateurs qui étaient un rappel permanent d'une éventuelle intervention n'ayant pas été effective. Ainsi, les tuteurs devaient faire une gestion concomitante des deux activités, ce qui était relativement épuisant.

Pour remédier à ce problème, une solution serait d'effectuer dans le domaine de l'ergonomie et de l'IHM, une étude autour de la visualisation de ces informations afin de mieux les présenter et ainsi de trouver un équilibre entre les deux activités que le tuteur doit gérer en même temps : réguler l'activité de l'apprenant et gérer sa propre charge de travail tutorial.

Un des tuteurs a évoqué le fait que les indicateurs mettaient une sorte de « pression » c'est-à-dire que leur présence les incitait à être plus proactif. Nous voyons apparaître là un changement de comportement tutorial de la part du tuteur. En l'état, les données récoltées ne nous permettent pas de démontrer l'impact de ce changement de comportement tutorial : est ce qu'un tuteur plus proactif est réellement plus efficace ? En étant proactif le tuteur ne risque-t-il pas de ne pas laisser à l'apprenant le temps de la réflexion ? Une étude à ce sujet nous semble intéressante à mener afin de mesurer l'impact de la proactivité dans ces situations de tutorat médiatisé et instrumenté, non seulement au niveau de la régulation de l'activité de l'apprenant, mais également au niveau de l'auto-régulation tutorale.



# **Bilan et perspectives**



## Bilan et apports des travaux

L'objectif du travail de recherche que nous avons mené est de proposer une solution afin de rendre compte au tuteur des effets de ses interventions dans des situations de tutorat médiatisé. Fournir au tuteur des informations sur sa propre activité lui permet d'avoir une approche réflexive sur ses actions et les processus ainsi induits, de les évaluer puis d'entreprendre les actions nécessaires afin de les ajuster pour contribuer à atteindre l'objectif préalablement fixé.

Dans ce contexte, nous avons entrepris une étude théorique autour des deux principales activités du tuteur que nous avons identifiées : la régulation de l'activité de l'apprenant et la régulation de sa propre activité de tutorat. De cette étude théorique, nous avons déduit un modèle de description des processus liés à ces deux activités que le tuteur est amené à gérer de manière concomitante.

Sur les fondements de ce modèle, notre proposition consiste à fournir au tuteur des informations précises sur les effets de ses interventions à travers une Approche Orientée Indicateurs. Cette approche consiste, tout d'abord, à fournir au tuteur des indicateurs pédagogiques sur l'activité de l'apprenant. Lorsque les valeurs de ces indicateurs n'appartiennent pas à leur domaine d'acceptabilité, le tuteur en est informé. S'appuyant sur cette information, il peut alors être amené à intervenir. L'approche consiste également à fournir au tuteur des méta-indicateurs qui sont des indicateurs qui assurent le suivi des indicateurs à l'origine des interventions tutorales. Ces méta-indicateurs mesurent les effets d'une intervention tutorale en vérifiant si les valeurs des indicateurs initialement non acceptables retournent bel et bien dans leur domaine d'acceptabilité.

L'Approche Orientée Indicateurs a été élaborée et affinée au moyen des différentes expérimentations que nous avons menées dans le cadre de ce travail mais aussi grâce à la participation des tuteurs, ce qui correspond à la méthodologie de conception itérative et participative que nous avons choisie en amont. Lors de ces expérimentations, nous avons utilisé l'EIAH Hop3x dans le cadre d'activités de travaux pratiques relatives à l'apprentissage de la programmation orientée objet. Cet EIAH a fait l'objet de la conception des différents outils permettant d'opérationnaliser l'Approche Orientée Indicateurs, notamment les modules HUI et GEI permettant de calculer les indicateurs et les méta-indicateurs.

Les différentes expérimentations que nous avons conduites ont été complémentaires et ont permis de valider notre approche. Elles ont abouti à l'observation, dans l'usage, de l'impact de la mise à disposition d'informations sur les effets des interventions tutorales à la fois sur les performances du tuteur et sur celles de l'apprenant. Les résultats ont montré que de telles informations amélioreraient les performances du tuteur de manière à la fois quantitative et qualitative. Par ailleurs, cette amélioration des performances tutorales tend à avoir un impact positif sur l'activité et la performance de l'apprenant : celui-ci résout mieux les situations critiques auxquelles il est confronté lorsque le tuteur dispose d'un feedback sur les effets de ses interventions.

Ce travail de recherche met en évidence de premiers résultats encourageants. D'autres expérimentations impliquant, d'une part, plus de tuteurs et, d'autre part, le cas échéant, un contexte différent (domaine d'apprentissage différent avec des activités collaboratives,

par exemple), conforteraient certainement ces résultats. Toutefois, nous pouvons d'ores et déjà affirmer que les apports principaux de ce travail sont de plusieurs ordres.

Notre premier apport est la définition de TeAMo. Il s'agit d'un modèle de description des activités du tuteur qui consiste à réguler l'activité de l'apprenant et à réguler sa propre activité. Se fondant sur ce modèle, d'autres propositions d'instrumentation des différentes phases peuvent être envisagées.

La proposition de l'Approche Orientée Indicateurs constitue notre principale contribution. Cette approche générique a été élaborée sur les fondements du modèle TeAMo. Elle propose de fournir au tuteur un retour sur sa propre activité en lui procurant des informations sur les effets de ses interventions, lesquelles informations sont calculées en assurant le suivi des indicateurs à l'origine de l'intervention tutorale.

D'un point de vue informatique, nous proposons une architecture couplée à l'EIAH Hop3x permettant d'offrir au tuteur une assistance, d'une part, à la régulation de l'activité de l'apprenant à travers le calcul des indicateurs grâce au module HUI et, d'autre part, à l'auto-régulation tutorale à travers le calcul des méta-indicateurs grâce au module GEI. Le principe général restant le même, ces modules peuvent être adaptées à d'autres EIAH tracés.

Du point de vue de l'expérimentation, l'observation, dans l'usage, a montré l'impact de la mise à disposition d'informations sur les effets des interventions tutorales, d'abord sur l'activité du tuteur, puis sur l'activité de l'apprenant.

La principale limite de nos travaux porte sur la détection des situations critiques à l'origine d'une intervention tutorale. En effet, actuellement, nous ne pouvons détecter que les situations critiques qui peuvent être caractérisées par les indicateurs identifiés et définis préalablement à la session d'apprentissage. Or, ceux-ci ne peuvent être exhaustifs *a priori* et englober toutes les situations possibles que le tuteur peut rencontrer en cours de session et qui provoquent une intervention de sa part. La solution qui peut être envisagée est de permettre la définition d'indicateurs à la volée. C'est un des enjeux du travail de recherche mené actuellement au sein de notre laboratoire.

Il est à noter que le déploiement de cette Approche Orientée Indicateurs en situation nécessite un investissement en amont de la part de l'enseignant-concepteur au moment de la conception des indicateurs. Établir leurs domaines d'acceptabilité et, selon l'application envisagée, identifier le niveau critique ou l'objectif de l'indicateur sont des passages obligés.

## Perspectives

L'Approche Orientée Indicateurs a pu être mise en œuvre dans le cadre d'activités individuelles (non collaboratives) de type travaux pratiques en mode synchrone. Nous avons évoqué précédemment la côté générique de notre démarche ; à cet égard, il nous semble intéressant de mettre en œuvre notre approche dans d'autres contextes.

Dans la continuité de notre démarche de conception itérative, l'Approche Orientée Indicateurs pourrait être encore affinée afin de tenir compte de la possibilité pour le tuteur de modifier en cours de session le domaine d'acceptabilité de la valeur d'un indicateur

préalablement établi. Pour l'instant, les effets escomptés d'une intervention sont les mêmes pour tous les apprenants pour une situation critique donnée puisque ces effets sont déterminés *via* le domaine d'acceptabilité des indicateurs caractérisant la situation critique. Or, le domaine d'acceptabilité de l'indicateur est établi *a priori* et est figé pour la durée de la session. Une modification de ce domaine à la volée et pour un apprenant donné permettrait au tuteur de s'adapter à chaque apprenant.

Outre la mise en œuvre de ces perspectives qui permettraient de conforter nos propositions, quatre autres perspectives sont rendues possibles par ce travail.

### **Perspective 1 : La capitalisation de l'expérience du tuteur**

Le modèle TeAMo présente les processus liés à la régulation de l'activité de l'apprenant et à l'auto-régulation tutorale. Nos propositions permettent d'instrumenter les différentes phases de chacun de ces processus à l'exclusion de la phase d'auto-réaction. Afin de parfaire l'instrumentation globale de ces processus définis, nous voulons capitaliser l'expérience et le savoir-faire du tuteur.

Cette capitalisation permettrait, par la suite, la réutilisation des interventions tutorales et notamment, des interventions effectives. Pour cela, des interventions effectives peuvent être suggérées au tuteur lorsqu'il se trouve devant une situation critique similaire à celle qu'il a déjà traitée et dont la stratégie utilisée pour y remédier a été efficace.

Il pourrait également être intéressant d'enrichir les caractéristiques de la situation critique qui n'est pour l'instant constituée que par des indicateurs qui déclenchent l'intervention. Tenir compte d'autres éléments du contexte tels que le profil de l'apprenant, son style d'apprentissage, les ressources logicielles et matérielles disponibles au moment de l'intervention permettrait d'affiner les suggestions.

L'objectif de ce travail est d'une part, de faire de l'expérience du tuteur une source de connaissances pour affiner sa pratique tutorale (*self-reinforcement* [Agran 1997]) et d'autre part, de permettre et favoriser la collaboration et l'entraide entre tuteurs.

### **Perspective 2 : L'automatisation partielle des interventions du tuteur**

Les expérimentations que nous avons menées nous ont permis de recueillir un certain nombre d'interventions dans une base d'interventions, utiles pour une réutilisation du savoir-faire tuteur comme exposé dans la perspective précédente.

Il s'agit alors ici d'utiliser les interventions effectives automatiquement : sachant qu'une situation critique *S* revient souvent et que dans la base d'interventions la stratégie utilisée est efficace, le système peut délivrer sous certaines conditions une intervention à l'apprenant comme par exemple en cas de non-disponibilité du tuteur.

Dans ce cadre, un travail de collaboration étroite avec les tuteurs doit être effectué afin de cibler les types d'interventions pouvant être automatisées. Cette automatisation peut décharger le tuteur d'une partie de sa tâche et lui permettre de se focaliser sur les situations critiques, dites graves, en laissant les situations critiques non bloquantes être traitées automatiquement par le système.

### **Perspective 3 : La mise à disposition des indicateurs pour les apprenants**

Cette perspective a un double objectif. D'une part, décharger le tuteur d'une partie de son travail qui, comme nous l'avons observé lors des expérimentations, est accru lorsqu'il est amené à réguler l'activité de l'apprenant et sa propre activité. Et d'autre part, favoriser l'autonomie des apprenants et leur auto-régulation [Bandura 1991] [Zimmerman et Schunk 2001].

Dans un apprentissage auto-régulé (SRL : Self-Regulated Learning), fournir à l'apprenant ce type d'informations sur sa propre activité lui permet de prendre conscience des situations critiques auxquelles il doit faire face.

Nous pouvons envisager de fournir à l'apprenant une partie de ces indicateurs disponibles pour le tuteur. Dans ce cas les indicateurs sont fournis directement par le système. Ainsi, l'apprenant prend en main la remédiation et a la possibilité d'être autonome dans un premier temps pour la résolution du problème. Toutefois, en cas de difficulté, l'apprenant peut toujours faire appel au tuteur.

Une autre situation peut être envisagée : il s'agirait de fournir ces indicateurs à l'apprenant à l'initiative et par l'intermédiaire du tuteur qui décide de les rendre visibles pour un apprenant donné. Dans ce cas, cette action fait office d'intervention tutorale. Les indicateurs rendus ainsi visibles pour l'apprenant lui font prendre conscience de l'existence d'une situation critique dans son activité et lui donnent des « pistes » pour la résoudre.

### **Perspective 4 : La conception d'un modèle de l'élève**

Les indicateurs pédagogiques que nous avons définis et modélisés fournissent au tuteur des informations pédagogiquement intéressantes sur l'activité de l'apprenant au cours d'une session d'apprentissage. Ces indicateurs reflètent l'activité de l'apprenant et tracent ainsi les situations critiques apparues sur une session mais non pas sur le long terme.

Une des perspectives de notre travail concerne la liaison de ces indicateurs à un modèle de l'élève. Un modèle de l'élève fournit des informations sur les concepts et les connaissances acquises par un apprenant [Py 1998]. Nous proposons d'utiliser les indicateurs calculés en cours de session pour construire au fur et à mesure un modèle de l'élève dans lequel viendraient prendre place les concepts que l'apprenant doit maîtriser.

Un travail de recherche en ce sens a été effectué dans le cadre d'un stage de Master Recherche. Les indicateurs calculés en cours de session ont été utilisés afin d'élaborer post-session un modèle de l'élève. À cet égard, une ontologie des concepts de l'activité 1 (TP1) a été élaborée préalablement. Ensuite, se basant sur les concepts embarqués par les indicateurs et cette ontologie, un modèle de l'élève est élaboré.

Un outil a été conçu permettant de faire évoluer le degré de maîtrise de chaque concept en fonction des valeurs des indicateurs calculées en cours de session. Cette évolution tient compte de la valeur de l'indicateur mais aussi du temps pour lequel cet indicateur possède cette valeur au cours de la session.

Ce premier travail tient lieu de test de faisabilité et un travail plus poussé peut être mené en ce sens afin de généraliser la pratique.

# Références bibliographiques

- [Acheson et Gall 1993] Acheson K. et Gall M. (1993). *La Supervision Pédagogique : Méthodes et Secrets d'un Superviseur Clinicien*. Becoming a teacher (Traduction de heynard, J. et Gagnon, D.), Montréal.
- [Agran 1997] Agran M. (1997). Self-reinforcement. *Student directed learning : Teaching self-determination skills*, pages 60--79.
- [Auxepaules 2009] Auxepaules L. (2009). *Analyse des diagrammes de l'apprenant dans un EIAH de la modélisation orientée objet - Le système ACDC*. Thèse de Doctorat, Thèse de Doctorat en Informatique, Université du Maine, Le Mans, France.
- [Bandura 1977a] Bandura A. (1977a). Self-efficacy : Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84 : 191--215.
- [Bandura 1977b] Bandura A. (1977b). *Social Learning Theory*. NJ Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- [Bandura 1986] Bandura A. (1986). *Social foundations of thought and action : A social cognitive theory*. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- [Bandura 1991] Bandura A. (1991). Self-regulation of motivation through anticipatory and self-regulatory mechanisms. *Perspectives on motivation : Nebraska symposium on motivation*, 38 : 69--164.
- [Bandura 1997] Bandura A. (1997). *Self-efficacy : The exercise of control*. New York : W. H. Freeman and Company.
- [Bembenutty 2007] Bembenutty H. (2007). Teachers' self-efficacy and self-regulation.
- [Bernatchez 2003] Bernatchez P.-A. (2003). Vers une nouvelle typologie des activités d'encadrement et du rôle des tuteurs. *Revue du Conseil Québécois de la Formation à Distance*, 6(1) : 5--26.
- [Bourdet et Teutsch 2009] Bourdet J. et Teutsch P. (2009). Rôles du tuteur et outils de régulation. Dans *Actes du Workshop de la conférence EIAH'09 sur l'Instrumentation des activités du tuteur. Environnements de supervision, usages et ingénierie*, Le Mans, France.
- [Bousbia et al. 2009] Bousbia N., Labat J., Rebai R. et Balla A. (2009). Indicators for deducting the learners' learning styles : Case of the navigation typology indicator. *Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'09)*, pages 485--389.
- [Bratitsis et Dimitracopoulou 2005] Bratitsis T. et Dimitracopoulou A. (2005). Data recording and usage interaction analysis in asynchronous discussions : The d.i.a.s. system. Dans *Proceedings of the AIED Workshop on Usage Analysis in Learning Systems*.

- [Broisin et Vidal 2005] Broisin J. et Vidal P. (2005). Un environnement informatique pour l'apprentissage humain au service de la virtualisation des objets pédagogiques. *Revue STICEF*, 12.
- [Broisin et Vidal 2007] Broisin J. et Vidal P. (2007). Une approche conduite par les modèles pour le traçage des activités des utilisateurs dans des eiah hétérogènes. *Revue STICEF*, 14.
- [Bruillard et al. 2000] Bruillard E., Delozanne E., Leroux P., Delannoy P., Dubourg X., Jacoboni P., Lehuen J., Luzzati D. et Teutsch P. (2000). Quinze ans de recherche en informatique sur les sciences et techniques éducatives au lium. *Sciences et Techniques Educatives*, 7(1) : 275--302.
- [Butler 2005] Butler D. (2005). L'auto-régulation de l'apprentissage et la collaboration dans le développement professionnel des enseignants. *Revue des Sciences de l'Education*, 31(1) : 55--78.
- [Butler et Winne 1995] Butler D. et Winne P. (1995). Feedback and self-regulated learning : a theoretical synthesis. *Review of Educational Research*, 1 : 245--281.
- [Capa-Aydin et al. 2009] Capa-Aydin Y., Sungur S. et Uzuntiryaki E. (2009). Teacher self-regulation : Examining a multidimensional construct. *Educational Psychology*, 29(3) : 345--356.
- [Champin et al. 2003] Champin P.-A., Prié Y. et Mille A. (2003). Musette : Modelling uses and tasks for tracing experience. *workshop From structured cases to unstructured problem solving episodes (WS 5 of ICCBR'03)*, pages 279--286.
- [Charles et al. 2003] Charles S., Ney M., Mouchiroud D., Humblot L. et Batier C. (2003). Le tableau de bord, un outil d'awareness asynchrone. Dans *Actes de la Conférence sur les Environnements pour l'Apprentissage Humain (EIAH'03)*, Strasbourg, France.
- [Choquet et Iksal 2007] Choquet C. et Iksal S. (2007). Modélisation et construction de traces d'utilisation d'une activité d'apprentissage : une approche langage pour la ré-ingénierie d'un eiah. *Revue STICEF*, 14.
- [Choquet et al. 2009] Choquet C., Iksal S., Levene M. et Schoonenboom J. (2009). Users' data : Trails analysis. *Technology-Enhanced Learning -- Principles and Products*, pages 195--211.
- [Daele et Docq 2002] Daele A. et Docq F. (2002). Le tuteur en ligne : quelles conditions d'efficacité dans un dispositif collaboratif à distance ? Louvain, Belgique.
- [De Lièvre 2000] De Lièvre B. (2000). *Etude de l'effet de quatre modalités de tutorat sur l'usage des outils d'aide dans un dispositif informatisé d'apprentissage à distance*. Thèse de Doctorat, Thèse de Doctorat en Sciences de l'Education, Université de Mons-Hainaut, Mons, Belgique.
- [Delorme et Loosli 2006] Delorme F. et Loosli G. (2006). Un outil générique pour l'analyse automatique et la visualisation de productions d'apprenants. *Actes du Colloque International sur les Technologies de l'Information et de la Communication pour les Enseignements d'Ingénieurs et dans l'industrie (TICE'06)*.
- [Denis 2003] Denis B. (2003). Quels rôles et quelle formation pour les tuteurs intervenant dans des dispositifs de formation à distance ? *Distances et savoirs*, 1(1) : 19--46.

- [DeptInfo 2012] DeptInfo (2012). *Département Informatique de l'Université du Maine*.
- [Deschenes et al. 2001] Deschenes A.-J., Gagné P., Bilodeau H., Dallaire S. et Bourdages L. (2001). Les activités d'apprentissage et d'encadrement dans des cours universitaires à distance : le point de vue des concepteurs. *revue de l'enseignement à distance*, 16(1) : 1--31.
- [Deschenes et Paquette 1996] Deschenes A.-J. et Paquette D. (1996). Cahier d'étude. *Programme de Formation continue des Enseignants (Première année)*.
- [Després 2001] Després C. (2001). *Modélisation et Conception d'un Environnement de Suivi Pédagogique Synchronique d'Activités d'Apprentissage à Distance*. Thèse de Doctorat, Thèse de Doctorat en Informatique, Université du Maine, Le Mans, France.
- [Diagne 2009] Diagne F. (2009). *Instrumentation de la supervision de l'apprentissage par la réutilisation d'indicateurs : Modèles et Architecture*. Thèse de Doctorat, Thèse de Doctorat en Informatique, Université Joseph Fournier, Grenoble.
- [dictionnaire Terminologique 2012] dictionnaire Terminologique G. (2012). Grand dictionnaire terminologique en ligne.
- [Dillenbourg 2011] Dillenbourg P. (2011). *Pour une Conception intégrée au tutorat de groupe*, chapitre 9, pages 171--194.
- [Dimitracopoulou et al. 2005] Dimitracopoulou A., Kollias V., Harrer A., Martinez A., Petrou A., Dimitriadis Y., Antonio J., Bollen L. et Wichmann A. (2005). State of the art on interaction analysis. *Deliverable D.31.1 du JEIRP (Jointly Executed Integrated Research Project) IA (Supporting Participants in Technology-based Learning Activities) du réseau européen Kaleidoscope*.
- [Dimitracopoulou et al. 2004] Dimitracopoulou A., Martinez A., Dimitriadis Y., Morch A., Ludvigsen S., Harrer A., Hoppe U., Barros B., Verdejo F., Hulshof C., Jong de T., Fesakis G. and Petrou A., Lund K., Baker M., Jermann P., Dillenbourg P., Kollias V. et Vosniadou S. (2004). State of the art on interaction analysis : "interaction analysis indicators". *Deliverable D26.1 du JEIRP (Jointly Executed Integrated Research Project) ICALTS (Interaction and Collaboration Analysis Supporting Teachers' and Students' Self-regulation) du réseau européen Kaleidoscope*.
- [Dimitropoulou et Bruillard 2006] Dimitropoulou A. et Bruillard E. (2006). Enrichir les interfaces de forums par la visualisation d'analyses automatiques des interactions et du contenu. *Revue Sciences et Techniques de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, 13(345-397).
- [Djouad 2011] Djouad T. (2011). *Ingénierie des indicateurs d'activités à partir de traces modélisées pour un Environnement Informatique d'Apprentissage Humain*. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard Lyon 1.
- [Djouad et al. 2010] Djouad T., Settouti L., Prié Y., Reffay C. et Mille A. (2010). Un système à base de traces pour la modélisation et l'élaboration d'indicateurs d'activités éducatives individuelles et collectives. mise à l'épreuve sur moodle. *Revue Technique et Science Informatiques (TSI)*, pages 721--741.
- [DPULS 2005] DPULS (2005). *Dpuls : Design patterns for recording and analysing usage of learning systems*. Technical report, Kaléidoscope Network.

- [EditeurUTL 2012] EditeurUTL (2012). *La plateforme UTL*.  
<http://eiah.univ-lemans.fr/UTL/UTL.xml>.
- [Fesakis et al. 2004] Fesakis G., Petrou A. et Dimitropoulou A. (2004). Collaboration activity function : an interaction analysis tool for computer supported collaborative learning activities. Dans *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'04)*.
- [Forgues 2000] Forgues J. (2000). Le forum électronique : une révolution dans l'enseignement à distance à condition de le réussir. *Congrès annuel de l'association canadienne de l'éducation à distance (ACED)*.
- [France et al. 2007] France L., Heraud J.-M., Marty J.-C. et Caron T. (2007). Visualisation et régulation de l'activité des apprenants dans un eiah tracé. Dans *Actes de la Conférence sur les Environnements pour l'Apprentissage Humain (EIAH'07)*, Lausanne, Suisse.
- [Gagné et al. 2001] Gagné P., Bégin J., Lafferrière L. et Provencher L. (2001). L'encadrement des études à distance par les personnes tutrices : qu'en pensent les étudiants ? *Distances*, 5(1) : 51--83.
- [Garrot 2008] Garrot E. (2008). *Plateforme Support à l'Interconnexion de Communauté de Pratique (ICP). Application au Tutorat avec TE-Cap*. Thèse de Doctorat, Thèse de Doctorat en Informatique, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.
- [George 2001] George S. (2001). *Apprentissage collectif à distance. SPLACH : un environnement informatique support d'une pédagogie de projet*. Thèse de Doctorat, Thèse de Doctorat en Informatique, Université du Maine, Le Mans, France.
- [Glikman 2011] Glikman V. (2011). *Tuteur à distance : une fonction, un métier, une identité ?*, chapitre 7, pages 137--158.
- [Gounon 2005] Gounon P. (2005). *Encadrement d'apprenants à distance. Étude du soutien informatique à la conception d'une formation en ligne fondé sur un modèle d'organisation du tutorat*. Thèse de Doctorat, Thèse de Doctorat en Informatique, Université du Maine, Le Mans, France.
- [Gruber 1993] Gruber T. (1993). A translation approach to portable ontologies. *Knowledge Acquisition*, 5 : 199--220.
- [Guéraud et al. 2009a] Guéraud V., Adam J., Lejeune A., Dubois M. et Mandran N. (2009a). Teachers need support too : Formid-observer, a flexible environment for supervising simulation-based learning situations. Dans *Actes du Workshop Intelligent Support for Exploratory Environments à AIED'09*, Brighton, Grande-Bretagne.
- [Guéraud et al. 2009b] Guéraud V., Adam J., Lejeune A., Mandran N., Vézian N. et Dubois M. (2009b). Expérimentation d'un environnement flexible pour la supervision de travaux pratiques basés sur des simulations. *Actes de la Conférence sur les Environnements Informatiques sur l'Apprentissage Humain*, pages 279--286.
- [Guéraud et al. 2004] Guéraud V., Adam J., Pernin J., Calvary G. et David J. (2004). L'exploitation d'objets pédagogiques interactifs à distance : le projet formid. *Revue STICEF*, 11.

- [Guillaume 2009] Guillaume N. (2009). Un modèle d'animation : Vision synthétique des fonctions tutorales. *Tutorales, la revue de t@d, la communauté de pratiques des tuteurs à distance*, 2 : 7--17.
- [Harrer et al. 2004] Harrer A., Barros B., Bollen L., Dimitracopoulou A., Fesakis G., Hulshof C., Kollias V., Malzahn N., Martinez A., Morch A. et Petrou A. (2004). Unified framework on interaction analysis. *Deliverable D26.2.2 du JEIRP (Jointly Executed Integrated Research Project) ICALTS (Interaction and Collaboration Analysis Supporting Teachers' and Students' Self-regulation) du réseau européen Kaleidoscope*.
- [Houssaye 1988] Houssaye J. (1988). *Le triangle pédagogique*. Berne.
- [Hulshof et al. 2005a] Hulshof C., Barros B., Bollen L., Dimitracopoulou A., Dimitriadis Y., Harrer A., Jong de T., Vélez J., Marcos J., Martinez A. et Morch A. (2005a). Synthesis and research agenda. *Deliverable D.31.3 du JEIRP (Jointly Executed Integrated Research Project) IA (Supporting Participants in Technology-based Learning Activities) du réseau européen Kaleidoscope*.
- [Hulshof et al. 2005b] Hulshof C., Eysink T., Loyens S. et Jong de T. (2005b). Zaps : using interactive programs for learning psychology. *Interactive Learning Environments*, 13(1-2) : 39--53.
- [ICALTS 2004] ICALTS (2004). Icalts : Interaction analysis indicators. interaction and collaboration analysis supporting teachers' and students' self-regulation. Technical report, Kaléidoscope Network.
- [Iksal et al. 2010] Iksal S., Choquet C. et Pham Thi Ngoc D. (2010). A generic modeling of indicator with utl : The collaborative action function example. Dans *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Supported Education*, pages 114--119, Valencia, Spain.
- [JavaDoc 2012] JavaDoc (2012). *How to Write Doc Comments for the Javadoc Tool*. <http://java.sun.com/j2se/javadoc/writingdoccomments/>.
- [JavaStyle 2012] JavaStyle (2012). *Code Conventions for the Java™ Programming Language*. <http://java.sun.com/docs/codeconv/html/CodeConvTOC.doc.html>.
- [Jermann et Dimitracopoulou 2004] Jermann P. et Dimitracopoulou A. (2004). Future research directions. *Deliverable D26.3 du JEIRP (Jointly Executed Integrated Research Project) ICALTS (Interaction and Collaboration Analysis Supporting Teachers' and Students' Self-regulation) du réseau européen Kaleidoscope*.
- [Khider et al. 2011] Khider H., Chaillet V. et E. S. (2011). Diane, un eiah fondé sur les effets de contenu pour les apprentissages arithmétiques : du diagnostic automatique à son interprétation. Dans *Actes de la conférence Environnement Informatique d'Apprentissage Humain (EIAH'11)*, pages 301--312, Mons, Belgique.
- [Labat 2002] Labat J. (2002). Eiah : quel retour d'informations pour le tuteur. *Actes du Colloque International sur les Technologies de l'Information et de la Communication pour les Enseignements d'Ingénieurs et dans l'industrie (TICE'02)*.
- [Laperrousaz 2006] Laperrousaz C. (2006). *Le suivi individuel d'apprenants engagés dans une activité collective à distance, TACSI : un environnement informatique support aux*

- activités du tuteur*. Thèse de Doctorat, Thèse de Doctorat en Informatique, Université du Maine, Le Mans, France.
- [Larousse 2012] Larousse (2012). *Dictionnaire Larousse en ligne*.
- [Laroussi 2009] Laroussi M. (2009). Rep4per : un outil de reporting web 2.0 pour plateforme d'apprentissage. Dans *Actes de la Conférence sur les Environnements pour l'Apprentissage Humain (EIAH'09)*, Le Mans, France.
- [Lebel 1993] Lebel C. (1993). *L'autonomie de l'étudiant à distance : représentations discursives de tuteurs*. Thèse de Doctorat, Thèse de Doctorat, Université de Montréal, Montréal, Canada.
- [Lekira 2010] Lekira A. (2010). Les indicateurs à la base de l'aide à l'auto-régulation tutorale. *Actes des Rencontres Jeunes Chercheurs sur les Environnements Informatiques sur l'Apprentissage Humain*.
- [Lekira 2012] Lekira A. (2012). Une approche orientée indicateurs pour supporter les activités du tuteur. *Recontres Jeunes Chercheurs sur les Environnements Informatiques sur l'Apprentissage Humain (à paraître)*.
- [Lekira et al. 2010] Lekira A., Després C. et Jacoboni P. (2010). Indicators for supporting the regulation process of learners' activities and the teachers' self-regulation process. *Proceedings of the 10th IEEE International Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'03)*, pages 378--379.
- [Lekira et al. 2011a] Lekira A., Després C. et Jacoboni P. (2011a). An indicator-based approach to support teachers' activities : Use case within the framework of learning object-oriented programming with hop3x. *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'11)*, (120-122).
- [Lekira et al. 2011b] Lekira A., Després C. et Jacoboni P. (2011b). Supporting the identification of teachers' intention through indicators. *Proceedings of the 3rd International Conference on Computer Supported Education*, 2 : 111--116.
- [Lekira et al. 2011c] Lekira A., Després C., Jacoboni P., Choquet C., Iksal S., Py D. et Pham Thi Ngoc D. (2011c). Using indicators during synchronous tutoring of practical work. *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'11)*, (568-572).
- [Lekira et al. 2012a] Lekira A., Després C., Jacoboni P. et Py D. (2012a). An indicator-based approach to promote the effectiveness of teachers' interventions. *International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'12) (à paraître)*.
- [Lekira et al. 2012b] Lekira A., Després C., Jacoboni P. et Py D. (2012b). Supporting teachers to enhance teachers' and students' performance. *The 12th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'12) (à paraître)*.
- [Leplat 2006a] Leplat J. (2006a). La notion de régulation dans l'analyse de l'activité. *Revue Pistes*, 8(1).
- [Leplat 2006b] Leplat J. (2006b). A propos du modèle des cinq carrées. *Le lettre du RESACT-MP*, 14.
- [LICEF 2012] LICEF L. e. I. C. e. E. d. F. (2012). *Logiciel MOTPlus*. <http://www2.liceф.ca/R>

- [Linard 1996] Linard M. (1996). *Des machines et des hommes, Apprendre avec les nouvelles technologies*. Paris, Montreal.
- [Mackay et Fayard 1997] Mackay W. et Fayard A.-L. (1997). Hci, natural science and design : A framework for triangulation across disciplines. Dans ACM, éditeur, *Designing Interactive Systems*, pages 223--234, Amsterdam, The Netherlands.
- [Martinez et al. 2005] Martinez A., Harrer A., Barros B., Barros B., Bollen L., Bratitsis T., Chen W., Dimitracopoulou A., Dimitriadis Y., Gohnert T., Hulshof C., Jermann P., Kollias V., Malzahn N., Marcos J., Morch A. et Vega G. (2005). Library of interaction analysis tools. *Delivrable D.31.2 du JEIRP (Jointly Executed Integrated Research Project) IA (Supporting Participants in Technology-based Learning Activities) du réseau européen Kaleidoscope*.
- [May 2009] May M. (2009). *Utilisation des traces comme outils réflexifs pour les apprenants et les enseignants à distance : Application aux communications médiatisées*. Thèse de Doctorat, Thèse de Doctorat en Informatique, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.
- [Mazza et Botturi 2007] Mazza R. et Botturi L. (2007). Monitoring an online course with the gismo tool : a case study. *Journal of Interactive Learning Research*, 18(2).
- [Mazza et Dimitrova 2004] Mazza R. et Dimitrova V. (2004). Visualising student tracking data to support instructors in web-based distance education. Dans *Proceedings of the 13th International World Wide Web on Alternate Track*.
- [Mazza et Dimitrova 2007] Mazza R. et Dimitrova V. (2007). Coursevis : a graphical student monitoring tool for facilitating instructors in web-based distance courses. *International Journal in Human-Computer Studies (IJHCS)*, pages 125--139.
- [Mille et al. 2006] Mille A., Caplat C. et Philippon M. (2006). Faciliter les activités des utilisateurs d'environnements informatiques : Quoi, quand, comment? *Intellectica*, 44(2) : 121--143.
- [Moodle 2012] Moodle (2012). *A Course Management System to Create Online Learning Sites*. <http://moodle.org/>.
- [Nader-Grosbois 2007] Nader-Grosbois N. (2007). Vers un modèle intégré de l'autorégulation et de l'hétérorégulation? *Régulation, autorégulation, dysrégulation - Pistes pour l'intervention et la recherche*, pages 15--30.
- [OIN 1986] OIN (1986). *Principes directeurs pour l'établissement et le développement de thésaurus monolingues : norme internationale ISO 2788*. Organisation internationale de normalisation, Genève.
- [Ormrod 1999] Ormrod J. (1999). *Human learning*. NJ Prentice Hall Publishers.
- [Pernin 2003] Pernin J. (2003). Quels modèles et quels outils pour la scénarisation d'activités dans les nouveaux dispositifs d'apprentissage. Dans *Actes du séminaire "TIC, nouveaux métiers et nouveaux dispositifs d'apprentissage"*, Lyon, France.
- [Perry et al. 2006] Perry N., Phillips L. et Hutchinson L. (2006). Preparing student teachers to support for self-regulated learning. *Elementary School Journal*, pages 237--254.

- [Petrou et Dimitracopoulou 2003] Petrou A. et Dimitracopoulou A. (2003). Is synchronous computer mediated collaborative problem-solving `justified only when by distance? teachers' points of views and interventions with co-located groups, during everyday class activities. *Proceedings of the 10th IEEE International Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'03)*, pages 369--377.
- [Pham Thi Ngoc 2011] Pham Thi Ngoc D. (2011). *Spécification et conception de services d'analyse de l'utilisation d'un environnement informatique pour l'apprentissage humain*. Thèse de Doctorat, Université du Maine, Le Mans, France.
- [Pham Thi Ngoc et al. 2010] Pham Thi Ngoc D., Iksal S. et Choquet C. (2010). Re-engineering of pedagogical scenarios using the data combination language and usage tracking language. Dans *Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'09)*, Sousse, Tunisie.
- [Pham Thi Ngoc et al. 2009] Pham Thi Ngoc D., Iksal S., Choquet C. et Klinger E. (2009). Utl-cl : a declarative calculation language proposal for learning tracks analysis process. Dans *Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'09)*, pages 681--685, Riga, Latvia.
- [Piaget 1967] Piaget J. (1967). *Biologie et connaissance*. Paris, éditions de la pléiade<sup>ème</sup> édition.
- [Py 1998] Py D. (1998). Quelques méthodes d'intelligence artificielle pour la modélisation de l'élève. *Sciences et Techniques Educatives*, 5(2) : 123--140.
- [Quintin 2008] Quintin J.-J. (2008). *Accompagnement tutoral d'une formation collective via Internet. Analyse des effets de cinq modalités d'intervention tutorale sur l'apprentissage en groupes restreints*. Thèse de Doctorat, Thèse de Doctorat en Sciences de l'Education, Université de Mons-Hainaut - Université Stendhal Grenoble 3.
- [Quintin et al. 2005] Quintin J.-J., Depover C. et Degache C. (2005). Analyse d'un scénario pédagogique à partir d'éléments de caractérisation définis. le cas de la formation galanet. Dans *Actes de la conférence Environnement Informatique d'Apprentissage Humain (EIAH'05)*, Montpellier, France.
- [Rabardel 1995] Rabardel P. (1995). *Les hommes et les technologies - Une Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris.
- [Rayal et Rieunier 1997] Rayal F. et Rieunier A. (1997). *Pédagogies dictionnaire des concepts clés*. Paris.
- [Rézeau 1998] Rézeau J. (1998). L'apprenant, l'enseignant et la machine : triangle d'or ou triangle des bermudes? *Cahiers de l'APLIUT*, 17(3) : 91--104.
- [Rézeau 2002] Rézeau J. (2002). Médiation , médiatisation et instruments d'enseignements : du triangle pédagogique au "carré pédagogique". *ASP*, 35-36.
- [Robert 2002] Robert (2002). *Dictionnaire, Le nouveau Petit Robert de la langue française*.
- [Rodet 2010] Rodet J. (2010). Proposition pour l'ingénierie tutorale. *Tutorales, la revue de t@d, la communauté de pratiques des tuteurs à distance*, (7) : 6--21.
- [Self 1988] Self J. (1988). Bypassing the intractable problem of student modelling. *Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'88)*, pages 18--24.

- [Settoui 2011] Settoui L. (2011). *Systèmes à Base de Traces Modélisées : Modèles et Langages pour l'exploitation des traces d'Interactions*. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard Lyon 1.
- [Settoui et al. 2006] Settoui L., Prié Y., Mille A. et Marty J. (2006). Systèmes à base de traces pour l'apprentissage humain. Dans *Actes de la conférence sur les Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education (TICE'06)*.
- [Tchounikine 2002] Tchounikine P. (2002). Quelques éléments sur la conception et l'ingénierie des eiah. Dans *Deuxièmes Assises Nationales du GDRI3*, pages 233--245.
- [Tchounikine 2009] Tchounikine P. (2009). Précis de recherche en ingénierie des eiah, <http://membres-liglab.imag.fr/tchounikine/precis.html>.
- [Temperman et al. 2007] Temperman G., Depover C. et De Lièvre B. (2007). Le tableau de bord, un outil d'awareness asynchrone. Dans *Actes de la conférence Environnement Informatique d'Apprentissage Humain (EIAH'07)*, pages 359--370, Lausanne, Suisse.
- [Teutsch et al. 2004] Teutsch P., Bourdet J.-F. et Gueye O. (2004). Perception de la situation d'apprentissage par le tuteur en ligne. Dans *Actes du Colloque International sur les Technologies de l'Information et de la Communication pour les Enseignements d'Ingénieurs et dans l'industrie (TICE'04)*, pages 59--66, Compiègne, France.
- [Thorpe 2002] Thorpe M. (2002). Rethinking learner support : the challenge of collaborative online learning. *Open Learning*, 17(2) : 105--109.
- [Vygotsky 1978] Vygotsky L. (1978). *Mind in Society : Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press, 14<sup>ème</sup> édition.
- [WebCT ] WebCT. Une plateforme d'apprentissage en ligne.
- [Zacklad 2007] Zacklad M. (2007). Classification, thésaurus, ontologies, folksonomies : comparaisons du point de vue de la recherche ouverte d'information (roi). Dans *CAIS/ACSI 2007, 35e Congrès annuel de l'Association Canadienne des Sciences de l'Information*, Montréal.
- [Zendagui 2010] Zendagui B. (2010). *Modélisation de l'Observation dans un Contexte de Réingénierie*. Thèse de Doctorat, Thèse de Doctorat en Informatique, Université du Maine, Le Mans, France.
- [Zendagui et al. 2008] Zendagui B., Barré V. et Laforcade P. (2008). Support to the specification of observation needs. Dans *Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'10)*, pages 793--797, Spain.
- [Zendagui et al. 2009] Zendagui B., Laforcade P. et Barré V. (2009). Aide à la spécification des besoins d'observation. une approche dirigée par les modèles. *Actes de la Conférence sur les Environnements Informatiques sur l'Apprentissage Humain (EIAH'09)*, pages 231--238.
- [Zimmerman 1989] Zimmerman B. (1989). A social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of Educational Psychology*.
- [Zimmerman 2000] Zimmerman B. (2000). Attaining self-regulation : a social cognitive perspective. *Handbook of Self-regulation*, pages 13--38.

[Zimmerman et Schunk 2001] Zimmerman B. et Schunk D. (2001). Reflections on theories of self-regulated learning and academic achievement. *Self-regulated learning and academic achievement : Theoretical perspectives*, pages 289--307.

## Annexe A

# Les principaux événements dans Hop3x

Tableau A.1 – Les principaux événements Hop3x sauvegardés comme trace d'activité de l'apprenant.

Principaux événements HOP3X	
AP	Ajout d'un projet
SP	Ajout d'un fichier
EP	Enregistrement d'un projet
SF	Ajout d'un fichier
SF	Suppression d'un fichier
EF	Enregistrement d'un fichier
IT	Insertion d'un texte dans un fichier
ST	Suppression d'un texte dans un fichier
SQ	Sélection d'une question afin de la traiter
NQ	Navigation dans la séquence de questions
C	Compilation d'un programme
E	Exécution d'un programme



## Annexe B

# Le second scénario pédagogique se déroulant sur deux séances d'activités appelées TP2 et TP3

Tableau B.1 – Scénario pédagogique utilisé pour la deuxième activité de travaux pratiques (TP2).

Travaux pratiques n°2 (Scénario d'apprentissage)		
Question 1	Écrire une classe <b>Date</b> définie par un jour, un mois et une année.	Exercice 1
Question 2	On voudra pouvoir comparer deux dates en utilisant l'ordre naturel.	
Question 3	Lors de la création d'une date, on vérifiera que le jour n'est pas supérieur à 31 et que le mois n'est pas supérieur à 12. Le cas échéant une <b>InvalidDateException</b> sera levée.	
Question 4	Écrire un programme (dans une classe appelée <b>Test</b> ) permettant de contrôler la classe Date et l'ensemble de ses fonctionnalités.	
Question 5	Écrire la classe <b>Auteur</b> qui permet de représenter les auteurs des documents. Un auteur est défini par son nom, et ses dates de naissance et de décès. La date de décès est fixée à null si l'auteur est toujours vivant.	Exercice 2
Question 6	On veut pouvoir tester si deux auteurs sont égaux (mêmes nom et dates de naissances/décès).	
Question 7	Écrire la classe <b>Document</b> définie par un auteur et un titre. On souhaite pouvoir afficher des documents. On pourra tester si deux documents sont égaux.	Exercice 3
Question 8	Un document sait s'il est actuellement emprunté ou non. On prévoira une méthode pour modifier le statut emprunté/disponible d'un document.	
Question 9	Créer une classe <b>BaseDocuments</b> dans l'environnement Hop3x. Recopier dans cette classe le squelette de code donné à cette adresse : <a href="http://www-info.univ-lemans.fr/~xxxxx/hop3x/tp2/BaseDocuments.html">http://www-info.univ-lemans.fr/~xxxxx/hop3x/tp2/BaseDocuments.html</a>	Exercice 4
Question 10	Écrire un programme (dans une classe appelée <b>TestBase</b> ) permettant de contrôler la classe BaseDocuments et l'ensemble de ses fonctionnalités.	

Tableau B.2 – Scénario pédagogique utilisé pour la troisième activité de travaux pratiques (TP3) qui est une suite du TP2.

Travaux pratiques n°3 (Scénario d'apprentissage) (L'activité proposée est une suite de l'activité de TP n°2)	
Question 11	On souhaite à présent réaliser un moteur de recherche permettant de sélectionner un ensemble de documents de la base de documents selon des critères donnés. Pour cela on définit une interface <b>Selectionneur</b> qui permet de déterminer les documents qui satisfont un critère. Cette interface contient une seule méthode : <code>public boolean estSatisfaitPar(Document d)</code> . Écrire cette interface.
Question 12	Ajouter, à la classe BaseDocuments la méthode : <code>public Iterator selectionne(Selectionneur s)</code> qui retourne un itérateur sur la collection des documents de la base de documents qui satisfont le sélectionneur s. <code>s.estSatisfaitPar(d)</code> renvoie vrai quand s est satisfait par le document d.
Question 13	Créer un sélectionneur satisfait par les documents non empruntés ( <b>NonEmprunteSelectionneur</b> ), un autre satisfait par les documents dont l'auteur était encore vivant à une année donnée ( <b>AuteurVivantSelectionneur</b> ) et un dernier satisfait par les documents dont le titre contient un mot m donné ( <b>MotDansTitreSelectionneur</b> , on pourra utiliser la méthode <code>indexOf</code> de la classe String). Tester.
Question 14	On veut pouvoir effectuer des sélections multi-critères, c'est-à-dire récupérer les documents qui satisfont simultanément plusieurs sélectionneurs. On parlera de sélectionneur composite. Un sélectionneur composite est de type Selectionneur. Écrire la classe <b>SelectionneurComposite</b> qui réalise le « <i>et logique</i> » de plusieurs autres objets Selectionneur. Un SelectionneurComposite est un sélectionneur qui est composé de sélectionneurs (stockés dans une liste) et qui est satisfait par un document si tous les sélectionneurs de la liste le sont. On prévoira une méthode <b>add</b> pour ajouter des sélectionneurs à la liste de sélectionneurs.
Question 15	Afin de tester vos classes, vous écrirez le code nécessaire pour sélectionner les documents dont le titre contient le mot polymorphisme et dont l'auteur était vivant en 2005.
Question 16	Créer une classe <b>TitreComparator</b> qui permet de comparer deux documents selon leur titre (par ordre alphabétique).
Question 17	Ajouter, à la classe BaseDocuments, la méthode de classe <code>listeTrie(Iterator i, Comparator c)</code> qui retourne une liste triée avec le comparateur c, des éléments de l'itérateur i.
Question 18	Écrire le code nécessaire pour obtenir une liste triée selon le titre de tous les documents dont le titre contient polymorphisme.

Exercice 5

## **Annexe C**

# **Description des besoins d'observation et des indicateurs correspondants**

## Activités 1 : (Travaux pratiques n°1)

---

### Question 1

Écrire la classe **Point** composée de deux champs (valeurs réelles) représentant les coordonnées d'un point en x et y.

Besoin d'observation	Doit faire	Devrait penser à faire	Ne doit pas faire
	Une classe publique Point avec champs x et y réels et privés	<ul style="list-style-type: none"><li>- Un constructeur avec paramètres</li><li>- Des méthodes d'accès à x et y</li></ul>	
Indicateurs (9)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Création d'une classe Point</li><li>- La classe Point doit être publique</li><li>- La classe Point doit avoir 2 champs</li><li>- Les champs doivent être de type réel</li><li>- Les champs doivent avoir une visibilité <i>private</i></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Création d'un constructeur spécifique à 2 arguments</li><li>- Les arguments du constructeur doivent être des réels</li><li>- Création d'accesseurs en lecture</li><li>- Création d'accesseurs en écriture</li></ul>	

### Question 2

Redéfinir la méthode *equals* pour la classe Point.

Besoin d'observation	Doit faire	Devrait penser à faire	Ne doit pas faire
	Ecrire une méthode <i>public boolean equals (Object)</i>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Un message binaire</li><li>- Avoir un paramètre de type Point</li><li>- Mettre une majuscule à <i>equals</i></li><li>- Omettre le type de retour</li><li>- Utiliser un type de retour qui ne soit pas boolean</li></ul>
Indicateurs (6)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Création d'une méthode <i>equals</i></li><li>- La méthode <i>equals</i> doit être publique</li><li>- La méthode <i>equals</i> doit utiliser l'opérateur <i>instanceof</i></li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- La méthode <i>equals</i> doit avoir un seul argument</li><li>- L'argument de la méthode <i>equals</i> doit être de type Object</li><li>- Le type de retour de la méthode <i>equals</i> doit être un booléen</li></ul>

### Question 3

Ajouter un comportement, que l'on appellera **distance**, permettant à un objet de la classe Point de calculer la distance qui le sépare d'un autre point.

Besoin d'observation	Doit faire	Devrait penser à faire	Ne doit pas faire
	Ecrire une méthode <i>public float/double distance(Point)</i>	- Un message binaire - Omettre le type de retour	
Indicateurs (5)	- Création d'une méthode distance - La méthode distance doit être publique - L'argument de la méthode distance doit être de type Point	- La méthode distance doit avoir un seul argument - Le type de retour de la méthode distance doit être un réel	

### Question 4

Un triangle étant défini par trois points, Ecrire la classe **Triangle**.

Besoin d'observation	Doit faire	Devrait penser à faire	Ne doit pas faire
	Une classe publique Triangle contenant 3 champs de type Points et privés	- Un constructeur avec paramètres - Des méthodes d'accès aux champs Points	- Ecrire la classe Triangle dans le même fichier que la classe Point - Classe Triangle extends Point
Indicateurs (11)	- Création d'une classe Triangle - La classe Triangle doit être publique - La classe Triangle doit avoir 3 champs - Les champs doivent être de type Point - Les champs doivent avoir une visibilité <i>private</i>	- Création d'un constructeur spécifique à 3 arguments - Les arguments du constructeur doivent être de type Point - Création d'accesseurs en lecture - Création d'accesseurs en écriture	- La classe Triangle ne doit pas hériter de la classe Point - <i>Les chaînes Public class Point et Public class Triangle ne doivent pas être vues dans un même fichier</i>

## Question 5

Ajouter un comportement, que l'on appellera perimetre, permettant à un objet de la classe Triangle de calculer son périmètre.

Besoin d'observation	Doit faire	Devrait penser à faire	Ne doit pas faire
	Ecrire une méthode <i>public float/double perimetre()</i>	- Utiliser la méthode distance écrite à la question 3	- Ecrire la méthode avec un argument Triangle
Indicateurs (5)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Création d'une méthode perimetre</li><li>- La méthode perimetre doit être publique</li><li>- La méthode perimetre doit retourner un réel</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- La méthode perimetre doit utiliser la méthode distance</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- La méthode perimetre ne doit avoir d'argument</li></ul>

## Question 6

Ajouter un comportement, que l'on appellera surface, permettant à un objet de la classe Triangle de calculer son périmètre.

Besoin d'observation	Doit faire	Devrait penser à faire	Ne doit pas faire
	Ecrire une méthode <i>public float/double surface()</i>	- Utiliser la méthode distance écrite à la question 3	- Ecrire la méthode avec un argument Triangle
Indicateurs (5)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Création d'une méthode surface</li><li>- La méthode surface doit être publique</li><li>- La méthode surface doit retourner un réel</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- La méthode surface doit utiliser la méthode distance</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- La méthode surface ne doit avoir d'argument</li></ul>

## Question 7

Écrire la classe **Droite**, une droite étant définie par deux réels (a et b) représentant les coefficients de l'équation de droite  $y=ax+b$

Besoin d'observation	Doit faire	Devrait penser à faire	Ne doit pas faire
	Une classe publique Droite contenant 2 champs a et b de type réel et privés	- Un constructeur avec paramètres - Des méthodes d'accès aux champs Points	
Indicateurs (11)	- Création d'une classe Droite - La classe Droite doit être publique - La classe Droite doit avoir 2 champs - Les champs doivent être de type réel - Les champs doivent avoir une visibilité <i>private</i>	- Création d'un constructeur spécifique à 2 arguments - Les arguments du constructeur doivent être de type réel - Création d'accesseurs en lecture - Création d'accesseurs en écriture	

## Question 8

Faire le nécessaire pour qu'il soit possible de créer une droite à partir de deux points (i.e la droite qui passe par ces deux points).

Besoin d'observation	Doit faire	Devrait penser à faire	Ne doit pas faire
	Ecrire une méthode <i>public float/double surface()</i>		- Ecrire une méthode creerDroite
Indicateurs (2)	- Création d'un constructeur Droite à 2 arguments de type Point		- Une méthode d'instance ou de classe permettant de créer une droite ne doit pas exister

## Question 9

Ajouter, à la classe Point, un comportement, que l'on appellera **estSurDroite**, permettant à un point de tester s'il se trouve sur une droite.

Besoin d'observation	Doit faire	Devrait penser à faire	Ne doit pas faire
	Ecrire une méthode <i>public boolean estSurDroite(Droite)</i>		- Ecrire une méthode prenant en paramètre deux objets : un de type Point et un de type Droite
Indicateurs (5)	- Création d'une méthode estSurDroite dans la classe Point - La méthode estSurDroite doit être publique - La méthode estSurDroite doit retourner un booléen		- La méthode estSurDroite doit avoir un seul paramètre. - L'argument de la méthode estSurDroite doit être de type Droite

## Question 10

Ajouter, à la classe Droite, un comportement, que l'on appellera **estParallele**, permettant à une droite de tester si elle est parallèle à une autre.

Besoin d'observation	Doit faire	Devrait penser à faire	Ne doit pas faire
	Ecrire une méthode <i>public boolean estParallele(Droite)</i>		- Ecrire une méthode prenant en paramètre deux objets de type Droite
Indicateurs (5)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Création d'une méthode estParallele dans la classe Droite</li><li>- La méthode estParallele doit être publique</li><li>- La méthode estParallele doit retourner un booléen</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- La méthode estParallele doit avoir un seul paramètre.</li><li>- L'argument de la méthode estParallele doit être de type Droite</li></ul>

## Question 11

Ajouter, à la classe Droite, un comportement, que l'on appellera **intersection**, permettant à une droite de calculer son intersection avec une autre droite.

Besoin d'observation	Doit faire	Devrait penser à faire	Ne doit pas faire
	Ecrire une méthode <i>intersection</i> publique renvoyant un Point et prenant un objet de type Droite en paramètre	- Gérer le cas où les deux droites sont parallèles	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ecrire une méthode prenant en paramètre deux objets de type Droite</li><li>- Gérer le problème des droites parallèles avec un affichage</li></ul>
Indicateurs (6)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Création d'une méthode intersection dans la classe Droite</li><li>- La méthode intersection doit être publique</li><li>- La méthode intersection doit retourner un objet de type Point</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- La méthode intersection doit utiliser la méthode estParallele</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- La méthode intersection doit avoir un seul paramètre.</li><li>- L'argument de la méthode estParallele doit être de type Droite</li></ul>

## Question 12

Faire le nécessaire pour qu'il soit possible de créer un Triangle à partir de trois droites.

Besoin d'observation	Doit faire	Devrait penser à faire	Ne doit pas faire
	Ecrire un constructeur pour la classe Triangle prenant trois objets Droite en paramètre	- Gérer le cas où il y a deux droites parallèles	
Indicateurs (2)	- Création d'un constructeur Triangle à 3 arguments de type Droite	- Le constructeur doit utiliser la méthode estParallele	



## Annexe D

# Les indicateurs avec UTL

### D.1 La modélisation des indicateurs

#### D.1.1 La facette Defining



Figure D.1 – Exemple de description d'un besoin d'observation identifié à partir du scénario du TP1 et qui vérifie la création d'une classe nommée Point.

#### D.1.2 La facette Getting

```

Dcl4 utl formula :

cal {
  $CDtmp = end(CD.* as sort(CD.time_recieve));
  $t1 = CDtmp.datum[time] ;
  $u = CDtmp.user;  $s = CDtmp.session;
  $e = CDtmp.datum[event];
  $cq = 0;
  $numSQ = count(R.E as filter(R.user == u and R.session == s and R.E[T] <= t1) );
  $ind = 0;
  if(numSQ >1 ) {
    if (e == "SQ") {ind = numSQ -1;
    }
    else {ind = numSQ;
    }
  }
  $t3 = index(R.E[T] as filter(R.user == u and R.session == s and R.E[T] <= t1) sort(R.E[T]), ind );
  cq = R.E.NQ as filter ( R.user == u and R.session == s and R.E[T] == t3);
}
else {
  if (e == "SQ") {cq = 0;
  }
  else {
    $t3 = index(R.E[T] as filter(R.user == u and R.session == s and R.E[T] <= t1) sort(R.E[T]), numSQ
  );
  }
  cq = R.E.NQ as filter ( R.user == u and R.session == s and R.E[T] == t3);
}
}

$pro = CDtmp.datum.projet[nom];
$nameClass = "Point";
$cc = "1";
$cnt = count(CDtmp.datum.projet.classe[nom == nameClass]);
$v1 = "";
$st = "PAS_OK";
if(cnt>0) {
  v1 = nameClass;
  st = "OK";
}
else {
  v1 = "";
}
$cl = "OK";
$rf = "Point";
$lo = concat("Projet ", pro);
I.result[session = s][student = u][time = t1][event = e][value = v1][status = st][calculable =
cl][reference = rf][location = lo][currentQuestion = cq] [concernedQuestion = cc][category =
"specifique"][criticalLevel = "" ] = "";
}
where I = PEDALO-I-ClassPointExist.using.data.indicator, CD = PEDALO-
CD-ClassDetail.usng.data.contentDatum, R = PEDALO-RD-SelectionQuestion.using.data.rawDatum

```

Figure D.2 – Exemple de méthode de calcul d'un indicateur décrit dans le langage DCL4UTL.

### D.1.3 La facette Using

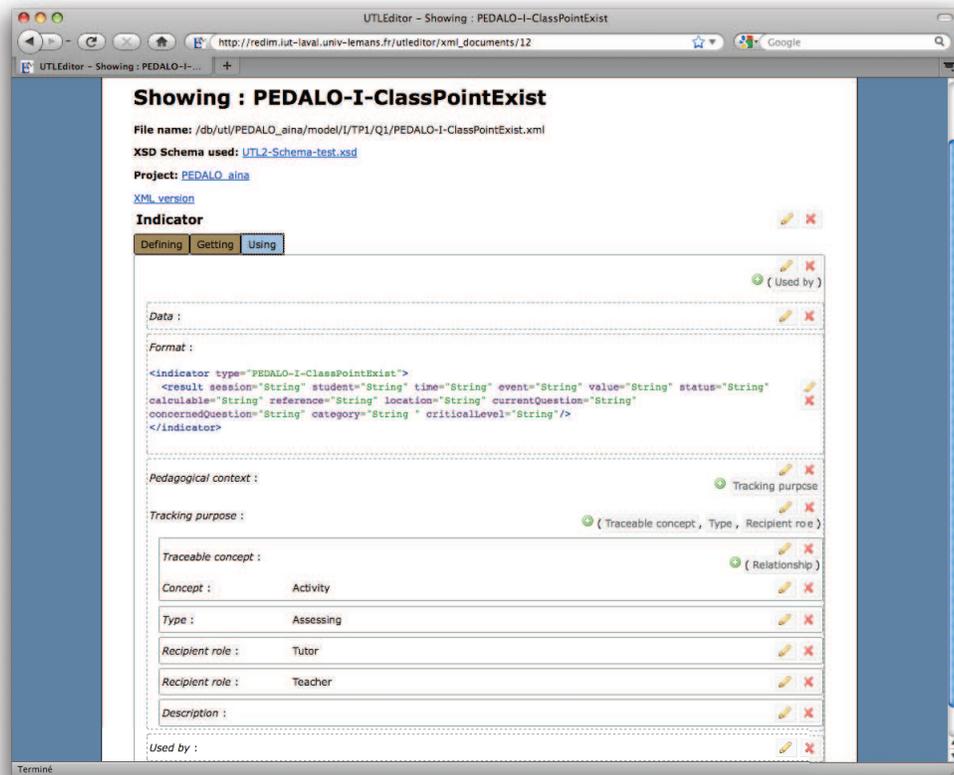


Figure D.3 – La facette *using* d'un indicateur UTL spécifiant le format de sortie d'un indicateur utilisé dans Hop3x.

Comme le montre la figure D.3, différents éléments apparaissent dans le format de l'indicateur :

- *type* : le nom de l'indicateur ;
- *session* : le nom de la session d'apprentissage décrit dans Hop3x et pour lequel l'indicateur est calculé ;
- *student* : le nom de l'apprenant pour lequel l'indicateur est calculé ;
- *time* : le moment du déclenchement du calcul de l'indicateur. Dans le cadre des activités de TP avec Hop3x, en négociation avec l'équipe pédagogique trois événements principaux venant de l'action de l'apprenant déclenchent le calcul des indicateurs automatiquement : la compilation, l'exécution du programme et la sélection d'une autre question à traiter.

Ces indicateurs peuvent être également être calculés à la demande expresse du tuteur. Et enfin, le calcul peut aussi être provoqué pour mettre à jour la valeur des méta-indicateurs ;

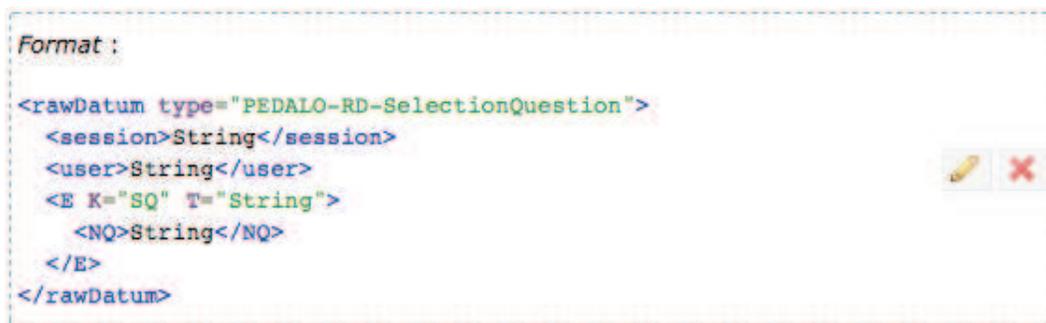
- *event* : l'événement ayant déclenché le calcul de l'indicateur ;
- *value* : la valeur de l'indicateur obtenue après le calcul ;
- *status* : cet attribut permet de savoir si la valeur de l'indicateur est acceptable ou non ;

- calculable : cet attribut permet de savoir si l'indicateur est calculable ou non. En effet, toutes les données nécessaires au calcul de l'indicateur ne sont pas toujours disponibles au moment du lancement de son calcul. Par exemple, si l'on veut vérifier la création d'un constructeur dans la classe Point alors que cette classe n'existe pas, de fait, l'indicateur n'est pas calculable ;
- reference : le domaine d'acceptabilité et sa valeur ;
- location : le projet, la classe ou la méthode concerne par l'indicateur ;
- currentQuestion : le numéro de la question du scénario pédagogique que l'apprenant est en train de traiter ;
- concernedQuestion : le numéro de la question pour laquelle l'indicateur fournit une information dans le scénario pédagogique ; category : le type de l'indicateur (spécifique ou transversal) ; criticalLevel : le niveau critique de l'indicateur ;

## D.2 Les données nécessaires au calcul des indicateurs avec UTL

### D.2.1 Les données brutes

Les données brutes viennent de la trace d'activité des utilisateurs de l'EIAH Hop3x. Ces traces recueillies et sauvegardées sous forme d'événements viennent essentiellement de la trace d'activité des apprenants, laquelle est sauvegardée sous forme d'événements (cf. tableau A.1) dans l'application Hop3x-Serveur. Pour chaque événement, une donnée brute dans UTL est définie. La figure D.4 montre un exemple de la description de la donnée brute pour l'événement de type SQ.



```
Format :
<rawDatum type="PEDALO-RD-SelectionQuestion">
  <session>String</session>
  <user>String</user>
  <E K="SQ" T="String">
    <NQ>String</NQ>
  </E>
</rawDatum>
```

Figure D.4 – Exemple de donnée brute pour l'événement de type SQ (choix d'une question à traiter).

Ces données brutes servent essentiellement à calculer les indicateurs transversaux ne nécessitant pas une analyse de la production de l'apprenant [Pham Thi Ngoc 2011] ; par exemple, le temps moyen passé par question ou la fréquence des exécutions .

### D.2.2 Les données additionnelles

Deux données additionnelles UTL ont été identifiées et définies [Pham Thi Ngoc 2011]. Il s'agit de :

- la description de la liste des questions du scénario pédagogique ;
- la liste des étudiants participant à la session d'apprentissage.

### D.2.3 Les données intermédiaires

Dans le cadre de nos activités, il n'y a pas eu de données intermédiaires définies. Toutefois, les travaux récents de [Pham Thi Ngoc 2011] ont établi la notion de PID (Patron d'indicateur intermédiaire) afin de réutiliser les méthodes de calcul. En effet, certains des indicateurs identifiés sont similaires, par exemple :

- la détection de l'existence de la classe Point (Question 1 TP1) ;
- la détection de l'existence de la classe Triangle (Question 4 TP1) ;
- la détection de l'existence de la classe Droite (Question 8 TP1).

Le PID permet de créer un seul indicateur intermédiaire et d'instancier cet indicateur par le valeur du nom de la classe dans l'exemple (cf. Figure D.5).

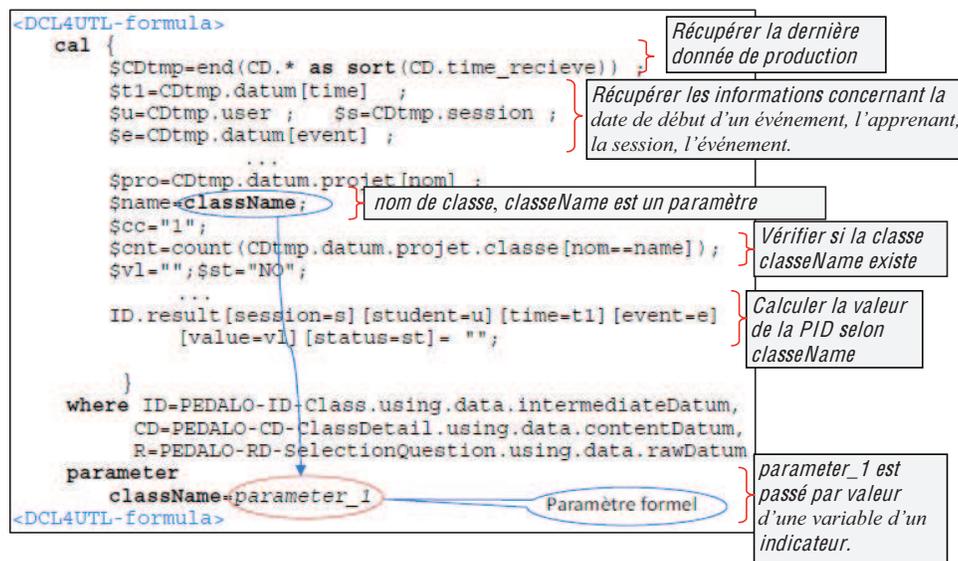


Figure D.5 - Extrait de la méthode de calcul d'une donnée intermédiaire paramétrée [Pham Thi Ngoc 2011].

### D.2.4 Les données de production

Certaines informations nécessaires au calcul des indicateurs UTL ne peuvent être directement obtenues à partir de la trace de l'activité de l'apprenant. Pour obtenir ces informations et permettre le calcul d'indicateurs spécifiques à la POO, nous avons mis en place un module d'inspection permettant d'obtenir la cartographie du programme de l'apprenant. Cette cartographie décrit en détails les différents éléments qui composent le programme de l'apprenant. Elle est modélisée en tant que donnée de production UTL.

La figure D.6 décrit cette cartographie en donnée UTL.

Format :

```

<contentDatum type="PEDALO-CD-ClassDetail">
  <user>String</user>
  <session>String</session>
  <time_recieve>String </time_recieve>
  <datum event="String" heure="String" time="String" diagnostic="String">
    <projet nom="String">
      <classe nbConstructeurs="integer" nbInterfaces="integer" nom="String"
nomSuperClasse="integer" visibilite="String" statut="String">
        <interfaces>
          <interface>String</interface>
        </interfaces>
        <constructeurs>
          <constructeur body="String" nbExceptions="String" nbParametres="String"
nom="String">
            <parametres>
              <parametre>String</parametre>
            </parametres>
            <exceptions>
              <exception>String</exception>
            </exceptions>
          </constructeur>
        </constructeurs>
        <champs nb="integer">
          <champ isFinal="boolean" isStatic="boolean" nom="String"
visibilite="String"/>
        </champs>
        <methodes nb="integer">
          <methode body="String" isFinal="boolean" isStatic="boolean"
nbExceptions="String" nbParametres="String" nom="String" typeRetour="String"
visibilite="String">
            <parametres>
              <parametre>String</parametre>
            </parametres>
            <exceptions>
              <exception>String</exception>
            </exceptions>
          </methode>
        </methodes>
        <features>
          <feature nom="String" valeur="integer"/>
        </features>
      </classe>
    </projet>
  </datum>
</contentDatum>

```

Figure D.6 – Cartographie du projet d'un apprenant décrit en tant que donnée UTL.

## D.3 L'outil d'analyse UTL

À partir de la modélisation d'indicateurs *via* le méta-langage UTL et avec le langage associé DCL4UTL pour la description des méthodes de calcul, un outil d'analyse permet l'automatisation du calcul des indicateurs. La figure D.7 présente l'architecture de cet outil.

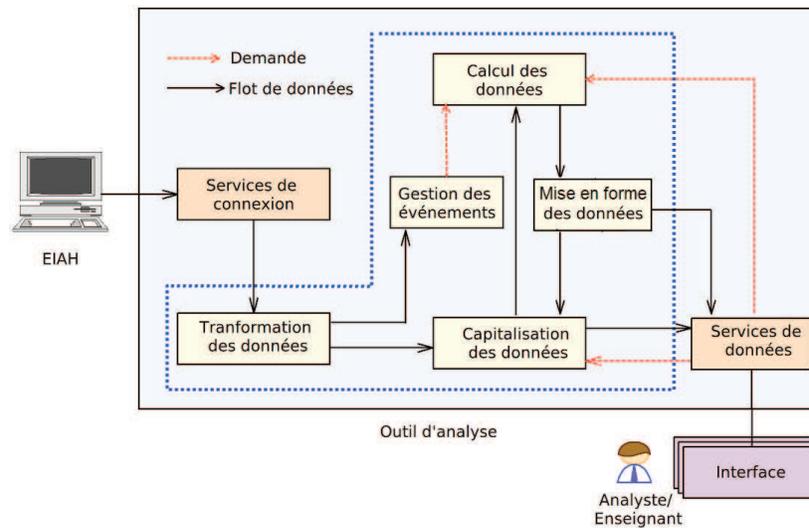


Figure D.7 – L'architecture générale de l'outil d'analyse [Pham Thi Ngoc 2011].

L'architecture est constituée de différents composants :

- *le composant service de connexion* pour l'envoi des données (traces) entre l'EIAH et l'outil d'analyse ;
- *le composant transformation de données* pour la transformation des traces envoyées par l'EIAH en données UTL conformément à la modélisation effectuée en amont ;
- *le composant gestion des événements* pour gérer les événements pouvant déclencher le calcul des indicateurs. Ce composant vérifie si des événements spécifiques pouvant déclencher le calcul des données dérivées sont obtenus de la trace envoyée par l'EIAH. Pour le calcul des indicateurs que nous avons définis, il a été établi avec les tuteurs que trois événement principaux, venant de l'action de l'apprenant, peuvent déclencher le calcul des indicateurs : la compilation (K=CM), l'exécution du programme (K=E) et la sélection d'une nouvelle question à traiter (K=SQ) ;
- *le composant capitalisation des données* pour capitaliser toutes données UTL (données dérivées et données primaires) dans une base de données XML (par exemple, *eXist*). Ce composant joue le rôle de répertoire de données en fournissant les données nécessaires au calcul des indicateurs et en capitalisant les données calculées puis formatées ;
- *le composant calcul des données* calcule les valeurs des données dérivées UTL (indicateurs et données intermédiaires). Il est constitué de quatre composants : *le composant analyse des formules de calcul* (lecture de la méthode de calcul écrite dans le langage DCL4UTL et vérification de la syntaxe de cette méthode de calcul), *le composant combinaison des données* (exécution de l'expression de ce

calcul et production des résultats correspondants), *le composant gestion des fonctions externes* (gestion et exécution des fonctions externes dont le résultat est envoyé *au composant combinaison des données*) et *le composant services d'adaptation* (traitement des données complexes qui ne sont ni numériques ni alphanumériques, par exemple, les tableaux).

- *le composant mise en forme des données* pour structurer les données calculées afin qu'elles soient conformes au format prévu lors de la modélisation (facette *using* du modèle DGU) ;
- *le composant services de données* pour envoyer des demandes de calcul au *composant calcul des données* et recevoir le résultat. Ce composant permet également l'ajout de nouvelles données modélisées dans la base de données ou la consultation de données sauvegardées en passant par *le composant capitalisation des données* ;
- *le composant interface* pour fournir des services aux utilisateurs en leur permettant par exemple de consulter les données capitalisées.

## **Annexe E**

# **Entretiens avec les tuteurs (Extraits)**

**Aina Lekira (AL) : Est ce que vous avez déjà tutoré des TP ou autre activité à distance avec ce genre de dispositif ?**

**Tuteur 1 (T1) :** Oui, pendant ma thèse, dans le cadre de TP à distance, en robotique pédagogique.

**AL : Quelle est ton expertise par rapport au domaine de le POO en tant que tuteur ?**

**T1 :** Une bonne expertise (>5 ans).

**AL : Qu'avez-vous pensé des TPs de cette année par rapport aux indicateurs et surtout par rapport à la partie régulation de l'activité de l'apprenant ? Qu'ont apporté les indicateurs [par rapport à un TP traditionnel] ?**

**T1 :** J'en suis satisfait ....

Des améliorations ont été apportées aux indicateurs cette année et ils sont plus pertinents.

En revanche, il y a eu des situations dans lesquelles les valeurs des indicateurs n'étaient plus pertinentes en cours de session, notamment quand l'étudiant corrige une erreur mais ne recompile pas. Je suis conscient des causes de ce phénomène mais cette différence entre les valeurs d'indicateurs et la réalité est tout de même déroutante. Cela risque de perturber un tuteur extérieur à l'équipe de conception, qui ne connaîtrait pas le fonctionnement du système.

**AL : Dans ce contexte, est ce que les indicateurs apportent des informations pertinentes ?**

**T1 :** Oui, si on a bien défini les choses au départ.

Comme j'ai fait partie de l'équipe qui a défini les besoins d'observations et les indicateurs, effectivement, j'ai obtenu en cours de session les informations que je voulais *a priori* voir.

**AL : Plus généralement par rapport au suivi de l'activité de l'apprenant, est ce que l'EIAH à apporter quelque chose ? Le suivi en temps réel, les indicateurs et l'alerte [le pannel BipBip]**

**T1 :** L'EIAH permet de voir davantage de choses : c'était déjà le cas avec le dispositif initial (suivi à distance) mais c'est encore plus vrai avec les indicateurs.

Du coup, l'activité de tutorat est très orientée par les indicateurs : durant la séance on a l'impression qu'il suffit de résoudre les problèmes liés aux indicateurs.

**AL : Est ce que vous êtes passé à côté de certaines choses justement du fait des indicateurs ?**

**T1 :** Non, je ne pense pas. Comme je le disais tout à l'heure, si on a bien défini les choses au départ, on obtient uniquement les informations que l'on veut voir.

Dans ces TPs, nous avons des besoins d'observation relatifs à la POO. Nous n'avons pas eu de besoins d'observation liés à la programmation en générale car ce n'était pas ce que nous voulions voir. Il n'y a donc pas eu d'indicateurs là dessus.

**AL : Et du côté interface ? Ergonomie ?**

Pour l'instant, c'est vraiment un prototype. Il faut encore du travail du point de vue visualisation de l'information et connexion entre les informations.

**AL : D'ailleurs, quel type de comportement as-tu lors des TP ? Typiquement, il y a deux types de comportement tutorial; il y a des tuteurs qui répondent aux questions, aux appels à l'aide d'étudiants [ndlr, comportement réactif] et d'autres qui plutôt viennent faire des « rondes » en passant derrière les étudiants pour voir ce qu'ils font [ndlr, comportement proactif].**

**T1 :** Ca dépend du niveau des étudiants. En L1, L2, je suis plutôt proactif.

A partir de la L3, je suis plutôt réactif. Le fait d'être autonome fait partie des compétences que les étudiants doivent acquérir.

**AL : Est ce que parfois vous alliez voir le code des étudiants directement sans regarder les indicateurs ?**

**T1 :** Oui.

Je suis allé voir directement le code pour les étudiants « sans indicateurs » : ceux qui sont à la traîne, ceux qui ne génèrent pas d'indicateurs car leurs codes ne compilent pas.

Je vais aussi voir de temps en temps le code des étudiants lorsque j'ai le temps : lorsqu'il n'y a plus d'alerte causée par les indicateurs, je fais un petit tour des étudiants pour voir où ils en sont.

**AL : Par rapport au suivi des interventions, l'écran de droite dans l'interface, qu'est ce que ça a apporté ? Quels types d'informations ?**

**T1 :** D'abord ça a été une sorte de reminder.

En effet, lorsque j'interviens en salle de TP, j'ai une représentation spatiale de la salle. Et je me rappelle facilement avec qui j'ai déjà interagi. En revanche, on perd totalement cette représentation avec l'EIAH.

Par ailleurs, cette interface me permettait surtout de faire un suivi des interventions « non efficaces ». En voyant une intervention non efficace, mon attention est portée la dessus et je peux ré-intervenir.

**AL : Est ce que ce suivi ainsi que les tags d'interventions efficaces/non efficaces ont exercé une certaine pression ?**

**T1 :** Non, je ne dirai pas pression. Mais j'avais pour objectif de faire en sorte que mes interventions soient efficaces. Est-ce que cette forme de « pression » est bénéfique pour le tuteur, je ne saurais pas le dire.

En revanche, les informations non valides à cause du code non compilable de l'étudiant sont assez perturbantes. Encore une fois, je sais d'où ça vient mais je pense qu'en l'état pour d'autres tuteurs ça peut être très gênant.

Ce qui m'a manqué c'est de revoir les interventions que j'ai déjà faites.

**AL : J'ai vu qu'à certains moments, pour intervenir sur un étudiant, vous avez utilisé une intervention préalablement faites pour un autre étudiant en faisant faire un copier/coller du texte. Est ce que qu'une base d'interventions voire une suggestion d'interventions efficaces vous intéresserait ?**

**T1 :** Oui, tout à fait.

Quand j'interviens sur un indicateur, j'aimerais bien avoir une liste des interventions faites sur le même indicateur avec leurs taux de succès.

**AL : Est ce qu'un tel dispositif de suivi utilisé en présentiel vous intéresserait ?**

**T1 :** Oui. C'est d'ailleurs un projet en cours ...

Avec un Ipad, je réagis sans doute de manière différente : je ferais des tours de la salle et à chaque étudiant je regarderais les indicateurs et les informations qui le concernent.

**AL : A certains moments, il y a eu des alertes, des indicateurs par rapport à des problèmes qu'avaient les étudiants. Pourquoi est ce que vous n'êtes pas intervenu ?**

**T1 :** Oui.

Soit parce que les valeurs d'indicateurs affichées ne correspondaient pas à ce qu'il y avait dans le code [*ndlr, les valeurs des indicateurs ne sont mises à jour que lorsque l'apprenant compile, exécute ou change de question*]

Soit parce que l'étudiant était en train d'avancer alors je le laissais.

Soit parce que c'était un cas perdu. Je ne citerais pas de noms mais il y a des cas où on ne peut rien faire car ils ont tellement de lacunes ...

**AL : Est ce qu'une certaine hiérarchisation des indicateurs vous intéresserait ?**

**T1 :** Oui. On y avait déjà pensé. D'ailleurs, entre les sessions de TP, on remarque qu'il y a des contraintes qu'on relâche. Par exemple au niveau des getters et setters dans le TP1.

En revanche, ce qui manque et on en a déjà discuté c'est une connexion entre les indicateurs. Si j'interviens à la question 1 sur un problème donné, si je ré-interviens sur un même type de problème à la question 4, j'aimerais qu'on me le signale.

**AL : Est ce qu'il ne vous semble pas avoir été beaucoup plus proactif du fait des indicateurs ?**

**T1 :** J'étais beaucoup plus actif et proactif. J'estime que 80% de mon temps a été proactif.

**Est ce que tu sentais, alors là c'est un ressenti ... subjectif forcément : « ah, au bout des trois heures, j'ai l'impression que j'ai été performant ... ils ont compris quelque chose ». Par rapport à tout ça, quel est ton sentiment ?**

**T1 :** Oui, je pense que ça a été bénéfique pour les étudiants car on intervient sur davantage de problèmes.

**AL : Et pour vous en tant que tuteur ?**

**T1 :** Je suis assez content d'avoir eu cette démarche réflexive par rapport aux besoins d'observation et à l'élaboration des indicateurs.

**AL : Est ce que vous avez d'autres remarques ?**

**T1 :** Non.

**AL : Bilan des 3 ans ? Est ce que l'assistance informatique a répondu à vos besoins initiaux en tant que tuteur ?**

**T1 :** Au niveau des indicateurs et des méta-indicateurs, du fait du domaine d'activité : la POO, les indicateurs sont calculés à partir d'une introspection Java que l'on ne peut faire que si le code de l'étudiant compile. Or, souvent le code des étudiants ne compile pas et donc les indicateurs ne se mettent pas à jour. C'est très gênant, en cours de session, d'avoir des informations non valides car il

faut toujours vérifier dans le code de l'étudiant si les informations données par les indicateurs sont encore à jour. Cela peut réduire l'acceptabilité du système par un tuteur.

Au niveau des fonctionnalités, cette année, nous avons eu beaucoup de problèmes audio ; beaucoup plus que les années précédentes.

Il faudrait aussi pouvoir faire évoluer la communication textuelle et pouvoir chatter. Parfois, j'ai envie de poser des questions aux étudiants et d'avoir un dialogue avec eux et pour l'instant je ne peux le faire que de manière audio. Ce serait bien de pouvoir avoir la même chose pour la communication textuelle, car l'écrit est plus « confortable », on peut faire des copier-coller du code par exemple.

Il faudrait aussi une amélioration au niveau de l'ergonomie et de l'organisation des informations. Par exemple, des modifications des états des interventions dans lesquelles j'aurai préféré avoir un menu contextuel au lieu d'une fenêtre.

On n'a pas d'information pour savoir si on a consulté les indicateurs de chacun (comme on le ferait en présentiel, simplement en faisant le tour complet de la salle). On est guidé par une logique « indicateurs » plutôt que par une logique « salle ».

Il faudrait peut-être un rappel automatique quand une intervention est restée inefficace après un long délai.

Actuellement, le motif de l'intervention doit être choisi parmi les indicateurs. Il faudrait ajouter, parmi les motifs possibles d'intervention, l'appel à l'aide d'un étudiant, et ajouter (en annotation) le motif de l'appel.

#### **AL : Et en terme de ré-ingénierie ?**

**T1 :** Oui, il y en a eu.

Entre cette année et l'année dernière, par exemple. A l'issue des TP de l'année dernière, l'équipe pédagogique a pu constater certaines lacunes. Et cette année, j'ai plus insisté en TD sur ces points là.

Il y a aussi eu de la ré-ingénierie entre chaque TP. Par exemple, au niveau des indicateurs du TP2, nous avons décidé de ne plus calculer les indicateurs concernant les méthodes d'accès à partir d'un constat au niveau TP1 : ce type d'indicateurs était secondaire [*ndlr, indicateurs avec un niveau de priorité moindre*].

**Aina Lekira (AL) : Est ce la première fois que vous utilisez ce genre de dispositif ?**

**Tuteur 2 (T2) :** Oui. Alors oui et non. Ce dispositif là, bien évidemment oui. En revanche, j'avais travaillé précédemment dans un environnement qui s'appelait META qui était dans la même lignée d'inspiration ; ce n'était pas du texte, ce n'était pas de la programmation, c'était de l'image et c'était pour les langues vivantes. C'est un logiciel conçu dans le cadre d'un projet où plusieurs apprenants se rencontraient dans un monde virtuel et pouvaient échanger par rapport à un scénario.

Ce type d'environnement,... d'ailleurs à l'époque, l'architecture était la même : il y avait un serveur, il y avait des clients étudiants et il y avait des clients tuteurs.

Je n'étais pas surpris du tout puisque je connaissais bien le principe.

**AL : Quelle est votre expertise par rapport au domaine de le POO en tant que tuteur ?**

**T2 :** Plutôt expert.

**AL : Qu'avez-vous pensé du TP de ce jour par rapport aux indicateurs et surtout par rapport à la partie régulation de l'activité de l'apprenant ? Qu'ont apporté les indicateurs [par rapport à un TP traditionnel] ?**

**T2 :** Le même environnement sans les indicateurs ce n'est pas le même environnement car tu ne travailles pas de la même façon en tant que tuteur. Sans les indicateurs, on est à la recherche du comportement ou des erreurs des étudiants. Là, on est plutôt ... effectivement en réaction par rapport à des indicateurs : on est plus réactif [*ndlr, le tuteur fait ici référence à être réactif par rapport aux indicateurs ce que nous considérons dans notre travail comme un comportement proactif vis-à-vis de l'étudiant.*] que proactif.

Après, tu peux toujours avoir un comportement proactif quand tu vois quelque chose qu'un indicateur ne te montre pas mais on est plutôt ... on suit ... on est guidé par le logiciel donc d'une certaine façon plus passif mais d'une autre plus actif dans le sens où on est tiré par les indicateurs.

Je ne veux pas porter de jugement de valeur là.

**AL : Dans ce contexte, est ce que les indicateurs apportent des informations pertinentes ?**

**T2 :** Pas tous.

Ils ne sont pas du même ordre. Par exemple, l'indicateur comme quoi il y a des erreurs de compilation n'a pas du tout le même rôle que l'indicateur comme quoi une classe n'implémente pas une interface.

Moi, personnellement, ça me gêne un petit peu qu'ils soient tous mélangés dans le même panel.

En plus, dans les indicateurs d'erreurs de programmation, en tout cas liés à la POO, ils ne sont pas tous à mon avis du même ordre. Il y en a qui sont liés à des conseils de cours, d'autres qui sont liés à des habitudes, d'autres qui sont liés à de vraies erreurs graves.

Quelque chose que j'aurai aimée, c'est avoir un degré ou un classement ou un ordre dans la gravité des indicateurs.

Sachant que le fait de ne pas compiler ce n'est pas grave en soit ; tout le monde fait des erreurs, même si de temps en temps, il faut le faire.

Mais à la limite il ne devrait pas pouvoir passer à la question suivante. Il n'y a rien de plus embêtant [ndlr, « saoulant » à l'origine] qu'un étudiant qui se retrouve à la question 12 avec des erreurs de compilation quand il y a des erreurs de compilation de la question 2.

En revanche, l'indicateur « erreurs de compilation », il devrait être en bas de la liste. C'est intéressant de le savoir. C'est d'ailleurs pour ça que l'on ne peut pas avoir ... et du coup, les autres ne sont plus pertinents. Quand il y a une erreur de compilation, les autres n'ont pas de sens. Et ça, c'est un gros problème.

D'autant plus que plein de fois, on s'est rendu compte qu'il y avait des tas d'indicateurs qui avaient été corrigés. Des alertes [ndlr, message texte] dont ils [les étudiants] avaient pris connaissance et dont ils avaient acté mais là, on ne le voyait même pas.

**AL : Plus généralement par rapport au suivi de l'activité de l'apprenant, est ce que l'EIAH à apporter quelque chose ? Le suivi en temps réel, les indicateurs et l'alerte [le pannel BipBip]**

**T2 :** Oui, ça apporte quelque chose. C'est une activité différente que d'être en TP, en présentiel. Je ne suis pas sûr que ça remplace vraiment. C'est complémentaire ... c'est autre chose ... c'est un outil d'exercice. Mais je voudrais bien que ça ne remplace pas le TP en présentiel complètement.

**AL : Et du côté interface ? Ergonomie ?**

**T2 :** Il y a pas mal de choses à dire là.

A la fois il y a beaucoup d'informations et comme trop d'informations tue l'information, je crois que là on est arrivé à la limite de tuer l'information, là.

(a) D'une part, dans l'espace. Puisque il y a beaucoup de choses, il y a peut être des choses qui pourraient apparaître ... pas forcément tout le temps comme certains indicateurs. En terme de quantité, il y a intérêt à les structurer davantage pour qu'ils ne soient pas tous en vrac. On a parlé aussi de les organiser entre indicateurs corrélés.

Quand on sélectionne une intervention, à droite et qu'on voit tout l'historique ... je ne suis pas sûr, je m'en suis servi 2 ou 3 fois, plutôt vers la fin je crois ... Ca fait quand même beaucoup d'informations. Je ne pense pas que ce soit super utile de les avoir et que ce soit imposé à l'écran. Peut-être, c'est la façon dont c'est présenté. Certes, on n'est pas obligé de regarder mais c'est quand même quelque chose qui t'arrive dans les yeux.

Il faudrait peut être structurer ça sous la forme d'un Tree, JTree, quelque chose que l'on peut explorer car là, on a tout en vrac.

(b) Dans le temps, il y a cette fenêtre qui me perturbe [ndlr, le tuteur fait référence à la fenêtre d'ajustement]. Je vois bien à quoi elle peut servir. Mais la fenêtre qui arrive pour pouvoir corriger quelque chose que tu n'as pas fait. Pouvoir associer plusieurs indicateurs pour une même intervention, je ne suis pas sûr que ce soit pertinent.

J'ai un peu envie d'avoir un indicateur, une intervention. Une intervention, un indicateur. S'il y a besoin de plusieurs indicateurs par intervention, c'est peut être qu'au niveau des indicateurs, il y en a trop et qu'ils ne sont pas structurer correctement.

En général, ce qu'on fait c'est qu'on rajoute des indicateurs qui sont corrélés à celui-là. Alors, autant qu'ils y soient tous ensemble, si on sait d'avance qu'ils sont corrélés.

**AL : Qu'en est-il de la « riposte graduée », justement si on veut intervenir sur un point précis et non sur un ensemble de problèmes corrélés ?**

**T2 :** Moi, ça me gêne. Je préférerais avoir une granularité, un problème précis.

C'est un peu comme lorsque l'on fait un diaporama, c'est toujours un peu embêtant d'avoir une diapo avec deux problématiques dedans ou deux trucs qui sont mélangés. Autant mettre moins dans la diapo et peut être mettre une deuxième diapo avec un titre différent.

Ca, c'était plutôt dans le temps, donc il y a une interface qui arrive ... ça peut être utile, dès fois, j'ai bien compris, mais en général, je la fermais tout le temps.

**AL : A chaque fois, lors de la sélection d'un indicateur pour intervenir vous n'auriez rien changé à votre première sélection ?**

**T2 :** Non. C'est plus ... une intervention, un indicateur. D'autant plus que lorsque tu veux ré-intervenir sur un truc que tu as déjà fait, tu te dis j'ai choisi ça mais c'est à cause de deux choses, du coup, il faut que je re-précise qu'il ne s'agit que de ça. J'étais un peu gêné.

**AL : Ca aurait pu être, je sélectionnes un indicateur et au cours de mon intervention, je m'aperçois qu'il y aussi un autre problème ?**

**T2 :** Non, non. Du coup alors, c'est peut-être moi. Ca dépasse un peu ma charge cognitive c'est-à-dire que voilà ... il faut déjà que je pense à un étudiant, à l'erreur, à l'indicateur, à la façon dont je vais m'exprimer, à ce que je vais pouvoir dire. Si il faut en plus que je me casse la tête à savoir quels sont les autres indicateurs que je peux rajouter dedans ou qu'est ce que je peux dire en plus là dedans. C'est peut-être de la paresse ... mais moi je n'ai pas envie. Je préfère bien segmenter les choses et puis parler ... que d'une seule chose à la fois.

Du coup, je sélectionnais l'indicateur qui me paraissait le plus significatif et je m'aperçois que c'était parce que c'était lié au TP et aussi aux étudiants, mais c'était à peu près toujours les mêmes ... les indicateurs.

Par exemple, ceux sur les exceptions, je les considérais comme secondaires puisque ça les oblige à faire la classe ... InvalidDate ... bon et bien d'accord, de toute façon ils [*les étudiants*] le feront bien un jour ou l'autre. En revanche, lorsqu'ils veulent implémenter Comparable ... lorsqu'ils mettent un compareTo sans implémenter Comparable ... alors là, c'est en rapport au degré d'importance des indicateurs. Alors c'est peut-être subjectif mais ...

*[ndlr, le discours ci-après s'est fait temporellement après la question suivante]*

Il y a des choses en trop mais il y a des choses qui manquaient des petites choses comme par exemple, les appels à l'aide. J'aurais bien voulu les voir dans la fenêtre des indicateurs même si c'est un autre ... un autre type mais c'est quand même une indication, c'est un indicateur. Et ça demande une réaction de la part du tuteur. D'ailleurs, une réaction, en général, prioritaire. Ca veut dire que dans l'ordre des indicateurs, je le verrai bien comme un indicateur super prioritaire.

[...] D'ailleurs, il devrait y avoir moyen de mémoriser l'endroit où le tuteur positionne ces choses [*ndlr, les fenêtres surgissantes*]. Là, finalement, l'interface elle est imposée ... l'organisation de l'interface. Il y a des environnements où on dispose et après ça mémorise cette disposition. Ca peut être pas mal ça. Ce n'est pas forcément plus coûteux en développement. Du coup, tu peux tout proposer. Si moi, je n'ai pas envie de voir l'historique ou je ne sais quoi, je ferme et puis voilà.

Il y a autre chose. Oui ça c'est le plus important.

Je ne suis pas forcément pour qu'il y ait à la base des propositions d'interventions, des suggestions faites par les concepteurs du logiciel.

**AL : Pas par les concepteurs mais par les utilisateurs.**

**T2 :** Je suis plutôt contre. Je suis contre qu'il y ait des suggestions d'interventions *a priori*, par indicateurs. En revanche, j'aimerais bien que quand je fais une intervention qu'il [l'environnement] la mémorise. Et quand je veux ré-intervenir sur le même indicateur pour un autre étudiant et bien que ça me sorte toutes les interventions que j'ai pu faire avant. C'est ce qui permet d'enrichir un peu ... [ndlr, le tuteur fait référence ici au contexte d'intervention mais aussi aux possibles stratégies de remédiation qu'il pourrait utiliser]

**AL : Est ce que ça vous intéresserez d'avoir les interventions d'autres tuteurs. Pas des concepteurs.**

**T2 :** Oui pas des concepteurs, des tuteurs éventuellement mais en sous ... sous-main, mais déjà au minimum celles que j'ai faites.

**AL : Pour aller encore plus loin, est ce que ça vous intéresserait d'avoir la suggestion ... Nous ce qu'on aurait voulu faire in fine c'est justement de faire une suggestion d'interventions efficaces : des interventions qui ont eu les effets escomptés, lorsque le tuteur se trouve dans un contexte similaire [...] Est ce que ça vous intéresserez d'avoir des suggestions d'interventions efficaces faites par d'autres tuteurs ?**

**T2 :** C'est dans une optique de capitaliser si ça a marché ?

**AL : Oui. Capitaliser puis réutiliser puisque là, ce sont juste les interventions sans souci d'efficacité [ndlr, le tuteur voulait revoir les interventions qu'il a déjà faites. Ce que nous proposons ici, c'est une suggestion d'interventions qui ont été efficaces et donc filtrées selon ce critère d'efficacité].**

Oui, du coup, là les interventions pourraient être triées par pourcentage d'efficacité. C'est une bonne idée.

J'imagine ce qui risque de se passer à terme, c'est que le tuteur fasse toujours la même chose et du coup, il n'y a plus besoin de tuteur... si on capitalise tout ce qui a été efficace... Même sans la machine, ça fait une intervention efficace ... tout seule.

**AL : Pas forcément parce qu'une intervention efficace ça peut être une intervention qui donne la solution ; par exemple, le tuteur pourrait garder ce type d'interventions à des étudiants qui sont vraiment en difficulté, pour lesquels il se dit, j'ai tout essayé, du coup, je vais essayer des choses de plus en plus précises et à la fin, je finis par lui donner ça. Typiquement ça, ça marche à tous les coups. Mais il ne voudra pas l'utiliser dans le cas général.**

**T2 :** Oui, mais il y a toujours un moment donné où on va pouvoir automatiser

**AL : Par rapport au scénario du TP, est ce qu'il vous était familier ? Est ce que vous étiez bien au fait des objectifs pédagogiques du TP et des objectifs de l'activité ?**

**T2 :** Oui. Oui, il me semble.

De la façon dont je le pratiquais trois heures et bien je ne peux pas. Au bout de deux heures, je n'en peux déjà plus ... je baille ...

Mais même. Je me balade un peu. Je regarde ce qu'ils font, je réponds aux questions je suis plutôt réactif au fait mais réactif par rapport à des questions d'étudiants et non pas réactif par rapport à

des trucs qui arrivent comme ça là [ndlr, le tuteur fait un geste qui évoque une certaine rapidité au niveau d'un défilement qui fait référence ici aux indicateurs qui arrivent successivement et rapidement sur son interface lorsque de nouvelles valeurs sont disponibles]

**AL : D'ailleurs, quel type de comportement avez-vous lors des TP ? Typiquement, il y a deux types de comportement des tuteurs ; il y a ceux qui répondent aux questions, aux appels à l'aide d'étudiants et d'autres qui plutôt viennent ... [ndlr, font référence aux tuteurs qui passent derrière les étudiants en étant proactifs].**

**T2 :** J'ai les deux comportements. Vraiment, je ne peux pas te dire, ça dépend de plein de trucs. Je fonctionnais un peu des deux façons.

En revanche là, je voyais bien que j'utilisais au maximum les indicateurs qui arrivaient et c'est clair que je ne pouvais pas tout faire. Du coup, j'en faisais un maximum ; je faisais une intervention toutes les trente secondes.

**AL : Mais est ce que vous auriez vu les mêmes choses justement par rapport à un TP en présentiel ?**

**T2 :** Non puisque l'étudiant à cinq ou six fichiers, donc je n'aurais pas pu voir tout.

**AL : Ca permet tout de même de détecter plus de choses ?**

**T2 :** Evidemment, oui. Ca me paraît évident.

**AL : Est ce que parfois vous alliez voir le code des étudiants directement sans regarder les indicateurs ?**

**T2 :** Alors, je regarde l'indicateur, je regarde le code et puis je vois éventuellement d'autres trucs.

Il y a la pression des indicateurs quand même. On est un peu obnubilé par les indicateurs. J'étais un peu obnubilé par les indicateurs. C'était un peu le point de départ du fonctionnement du tuteur,... du tutorat dans cet environnement là.

**AL : Est ce vous êtes passé à côté de certaines choses justement (du fait des indicateurs).**

**T2 :** Je ne peux pas le dire. Il aurait fallu que je fasse la même chose sans les indicateurs. Mais, il faudrait faire le TP sans les indicateurs, uniquement avec l'interface et puis voir.

Je pense que je suis passé à côté, par exemple, des erreurs de compilation. En TP, je vois un étudiant, je lui demande et je passe à côté de lui. Je lui dis : « tu me compiles ça » et il compile. Puis, je regarde les erreurs de compilation.

Là [dans l'environnement lors du TP], jamais, à part un ou deux cas : j'avais vraiment envie d'avoir des indicateurs. Encore une fois, c'était pour avoir les indicateurs ; du coup, je voulais qu'il [l'étudiant] accélère sa compilation. Mais en TP [présentiel], j'aide plus les étudiants de façon ... je regarde avec lui ... pour trouver des solutions ; alors que là, je suis un peu automatisé. Ce n'est pas forcément très agréable. Je vois ça un peu comme les aiguilleurs du ciel lorsqu'ils ont leurs dix écrans avec leurs trente avions à proximité et puis qui ... [le tuteur fait un geste évoquant un aiguilleur du ciel « affairé »], imagine un peu la charge cognitive.

**AL : Par rapport au suivi des interventions, l'écran de droite dans l'interface, qu'est ce que ça a apporté ? Quels types d'informations ?**

**T2 :** Alors moi, ... au score, au score d'interventions efficaces.

**AL : Est ce qu'il y avait cette pression là justement ?**

**T2 :** Non, c'était plus pour rigoler. De temps en temps, je regardais mon score en nombre d'interventions efficaces.

Par contre, c'est un peu agaçant quand tu dis 2-3 fois un truc à un étudiant et puis, qu'il n'a toujours rien fait. Et qu'en plus, il a des erreurs de compilation. Du coup, tu vérifies dans le code si ça a été corrigé ou pas. Après tu ... ce qui a été corrigé. Du coup, tu regardes son code, tu le compiles, tu regardes ses erreurs de compilation. Enfin bref, là il y a un cheminement que je pratiquais pour les anciennes interventions non efficaces.

**AL : C'est-à-dire que lorsque ce n'est pas efficace, vous regardez de plus près ?**

**T2 :** Oui. Là, je regarde le code. D'autant plus que la plupart du temps, tous, ils avaient des erreurs de compilation qui dataient de plusieurs minutes voire de plusieurs quarts d'heure.

**AL : Justement, est ce que cette fenêtre là [celle du suivi des interventions] vous a permis de vous focaliser sur certains problèmes sur lesquels vous êtes déjà intervenu et en voyant que c'était rouge de vous dire je vais ré-intervenir.**

**T2 :** Oui. Oui je l'utilisais.

En fait, je m'aperçois que j'avais deux ... je swappais... soit en réaction à des indicateurs, soit en réaction à des interventions non efficaces.

Je regarde un peu les indicateurs et puis, je laisse ça un peu tranquille [*le tuteur esquisse un geste qui délaisse la partie régulation de l'activité de l'apprenant pour aller s'occuper de la partie suivi des interventions*] et je regarde maintenant comment ils réagissent et en combien de temps. Donc ça fait deux activités sensiblement différentes.

**AL : Vous avez répondu en partie à une question que je voulais vous poser. Justement, au niveau de la thèse, nous avons identifier deux activités que le tuteur est amener à gérer : d'une part, la régulation de l'activité de l'apprenant et d'autre part, la régulation de sa propre activité. Ce qu'on entend par auto-régulation c'est ce que vous avez fait dans la fenêtre de droite où on vous donne un retour sur les effets de vos interventions. Est ce que là, vous avez senti qu'il y avait vraiment deux activités à gérer.**

**T2 :** Oui, oui. Avec des points communs évidemment. Sensiblement différentes puisque je décidais ... maintenant je fais ça ... maintenant je fais ça [*le tuteur fait un geste qui caractérise le fait qu'il décide de faire d'abord une chose puis, il s'en détourne et décide de faire autre chose*].

**AL : Au niveau du ressenti général par rapport aux TPs, par rapport à l'utilisation de tels dispositifs pour des séances de TP ou autre, est ce que ça vous semble possible ?**

**T2 :** Ce n'est pas facile à répondre. Par exemple, en SPI (Sciences Pour l'Ingénieur) (*ndlr, c'est une formation proposée par la faculté des Sciences de l'Université du Maine*) avec les TPs de robots, je ne me verrais pas faire ça.

D'une part, j'aime bien le contact avec les étudiants et d'autre part, je trouve qu'on a des interventions parfois un peu sèches voire un peu violentes, des fois. Parce qu'on ne les voit pas et parce qu'on réagit à un texte. On perd quand même tout le côté humain de la chose. Moi, ça me gêne.

**AL : Un tel dispositif en présentiel, est ce que c'est le plus adapté ?**

**T2** : Il faudra tester. Oui, c'est possible ... en salle de TP.

**AL** : **A certains moments, il y a eu des alertes, des indicateurs par rapport à certains problèmes que les étudiants avaient mais vous n'êtes pas intervenu, pourquoi ?**

**T2** : Parce qu'à chaque fois, il y en avait cinq ou six. Je sélectionnais ceux qui me paraissaient les plus urgents. C'est ce que je disais tout à l'heure. J'ai trié moi même ; en fait, j'ai implicitement ordonnancé les indicateurs et je ne m'intéressais qu'au premier et comme il fallait que je passe d'un étudiant à l'autre, là c'est peut être de l'auto-régulation, il fallait que je passe à un autre [étudiant], bon et bien, tant pis pour ceux [les indicateurs] du bas. Ceux [les indicateurs] que j'avais négligés, ce sera éventuellement pour une autre fois.

**AL** : **On en revient quand même à cette hiérarchisation des indicateurs que l'on pourrait faire. Ce serait intéressant ?**

**T2** : Oui.

Ils ont déjà des couleurs sinon j'aurai proposé une gradation dans couleurs, il ne faut pas être daltonien, du rose pale au rose foncé, quelque chose comme ça.

**AL** : **Est ce que vous avez d'autres remarques ?**

**T2** : J'en ai sûrement d'autres mais là... je ne vois pas.

**AL** : **Est ce que tu sentiez, alors là c'est un ressenti ... subjectif forcément : « ah, au bout des trois heures, j'ai l'impressions que j'ai été performant ... ils ont compris quelque chose ». Par rapport à tout ça, quel est votre sentiment ?**

**T2** : Ben ... je ne sais pas au fait. Bien évidemment ... lorsque tu vois des interventions qui sont efficaces tu te dis qu'ils ont peut être appris quelque chose.

Maintenant, un truc bizarre qui s'est produit plusieurs fois, c'est qu'ils ont corrigé, l'intervention a été efficace puis après ils ont « dé corrigés ». Je ne sais pas pourquoi.

**AL** : **Est ce que c'est sur un problème particulier. Je sais que c'est arrivé une fois.**

**T2** : Par exemple sur le « instanceof », pour vérifier le type d'un paramètre pour la comparaison : tu récupères un objet et avant de caster il faut vérifier que tu as bien ce qu'il faut, donc en l'occurrence une date. Plusieurs fois, je suis intervenu là dessus. Ca faisait partie, au début, dans les premières séances, des erreurs classiques. Et ils [les étudiants] les ont corrigés et puis tu te rends compte qu'après ils les ont enlevé. Je ne sais pas pourquoi. Je ne sais pas ce qu'il s'est passé. Est ce qu'ils ont fait des « undo » ou quoi ; donc, c'est un peu bizarre.

**AL** : **Dans le TP1, ça arrive lorsqu'ils mettent leurs variables au lieu de les mettre en « private », ils les mettent en « protected » ou « public ». Ca, ils ont corrigé et ensuite ils reviennent dessus parce qu'ils n'ont pas compris l'encapsulation et qu'à partir d'une autre classe, ils essaient d'accéder à ces variables.**

**T2** : Après c'est les étudiants ... quand le compilateur, il me dit ... il me dit ... machin. Non mais arrête d'écouter ce qu'il te dit et réfléchis un peu avec ta tête.

Là, il y en avait un. La dernière erreur qu'il y avait mais vraiment énorme. Pour comparer deux dates, il avait une méthode compare dans la classe Date où il prenait deux dates en paramètres. Je lui dis mais je ne comprends pas : tu as l'objet receveur, une date comme premier paramètre, une date

comme deuxième paramètre, tu as trois dates. Qu'est ce que tu compares là dedans ? Qu'est ce que tu veux faire avec trois dates ?

Il [*le compilateur*] me dit oui mais je ne sais pas quoi ... enfin bref. Il [*l'étudiant*] a pensé que c'était mieux de faire ça. Bon voilà, si tu veux c'est un peu perturbant. Tu te dis, qu'est ce qu'il comprend, qu'est ce qu'il ne comprend pas. Là, tu as vraiment envie d'être à côté [*de l'étudiant*]. Là, du coup, j'interviens oralement là.

**AL : On a vu que sur les problèmes un peu difficiles, le tuteur intervient oralement.**

**AL : Une question sur le suivi global du groupe. Est ce que ça vous a posé problème de ce côté là. Est ce que vous avez bien réussi à suivre globalement le groupe ? Parce que ce que l'on voit souvent, c'est que parfois on a tendance à se focaliser sur les indicateurs, on veut intervenir tout le temps sur les étudiants qui génèrent des indicateurs et on peut avoir certains étudiants qui sont à la traîne dans le groupe. Et on ne s'en pas puisqu'ils ne font rien ou pas grand chose et par conséquent, il n'y a pas beaucoup d'indicateurs.**

**T2 :** C'est le syndrome Jonathan [*ndlr, le prénom à été modifié. Le tuteur fait ici référence à un étudiant qu'il a tutoré lors d'un TP effectué avec l'environnement*].

Jonathan, il compile une fois toutes les trois heures. Il avance, il tape des trucs. Il efface, ça n'avance pas. Bon alors là, je l'ai repéré dès le début alors ... le problème c'est que tu ne lui dis pas grand chose au fait. A part ... active ?

**AL : Ou alors lui demander sur quoi il travaille puisque en TP...**

**T2 :** Alors oui, tu vois là en TP... Typiquement, en présentiel, tu vas à côté de lui puisque bon ce n'est pas un méchant garçon. Tu lui dis : « Bon, alors là qu'est ce que tu fais ?? Pourquoi tu n'avances pas ? Et tout ». Et puis tu essaies de le motiver un petit peu. Tu fais de l'humain, un peu. Alors que là ...

**AL : Est ce qu'il ne vous semble pas avoir été beaucoup plus proactif du fait des indicateurs ?**

**T2 :** Au début oui [*ndlr, le tuteur fait référence au début de la séance du mardi 15/02/2011*].

Je jouais le jeu à fond, du coup, j'intervenais toutes les trente secondes. [*ndlr, ce que le tuteur entend ici par jouer le jeu c'est qu'il savait pourquoi il était là i.e. qu'il s'est investi dans le tutorat du TP avec comme contexte l'utilisation de l'environnement qui proposait un support au tutorat*].

En fait je sentais que si je ne le faisais pas, j'allais culpabiliser au fait.

C'est culpabilisant ça [*ne rien faire*] pour le tuteur. Tu es contraint quelque part, j'ai envie de dire, de bien faire ce que tu as à faire. Tu es super proactif et en plus tu fatigues beaucoup ; ce n'est pas forcément une bonne chose.

Je pense qu'en TP en présentiel, plusieurs fois, j'aurais mis des trucs au tableau. J'aurais dit : « Ecoutez, ... on vous a appris à comparer deux objets... ». Je leur aurais peut être fait un rappel de cours, je ne sais pas ... « Vous faites tous la même erreur, qu'est ce qui ne va pas ? »

**AL : Est ce que tu as déjà tutoré des TP ou autre activité à distance ?**

**T2 :** Comme je te le disais oui, avec le logiciel META.

Là j'intervenais ... là c'était un monde virtuel mais en fait j'étais dedans aussi. Il fallait que je me comporte d'une certaine façon pour aiguiller la progression des apprenants. Ou alors quand ils étaient perdus ou quand ils appelaient à l'aide, car ils pouvaient aussi appeler à l'aide,

**AL : Donc, c'était du synchrone aussi.**

**T2 :** Complètement oui.

**AL : Est ce qu'il y avait un temps imparti pour cette activité ? Est ce qu'il y avait des objectifs [d'activité précis]?**

**T2 :** Il y avait un scénario derrière. C'était une enquête policière ... il fallait avancer ...

On a fait des expériences en classe où tous les apprenants étaient ensemble. Puis, on a fait aussi des expériences vraiment à distance avec une personne en Allemagne, une personne en Pologne, etc. et deux tuteurs en France qui n'étaient même pas ensemble. Et là, pareil c'était en deux heures, je pense.

C'est pareil, c'est fatigant, je crois me rappeler.

**Aina Lekira (AL) : Est ce la première fois que vous utilisez ce genre de dispositif ?**

**Tuteur 3 (T3) :** Oui

**AL : Quelle est votre expertise par rapport au domaine de la POO en tant que tuteur ? (Novice, expert, etc.)**

**T3 :** Plutôt expert. J'ai effectué plus de 150h de TP environ

**AL : Qu'avez-vous pensé du TP de ce jour ?**

**T3 :** Les indicateurs sont bien. Ils permettent de cibler les étudiants qui pourraient avoir besoin d'aide.

Mais ils ne sont pas toujours pertinents. Par exemple, pour la question 3, on demande qu'un jour ne soit pas supérieur à 31 et qu'un mois ne soit pas supérieur à 12.

L'indicateur m'alerte pour me dire que l'étudiant (*Trottin ici en l'espèce*) n'a pas levé une `InvalidDateException`. Mais il se trouve qu'il a bien fait les choses puisqu'il utilise des setters (jour, mois et année) pour créer une `Date` et il lève l'`InvalidDateException` dans ces setters. Ce qui est judicieux.

En effet, l'indicateur disponible ne vérifie que la levée de l'Exception lors de la création d'une `Date`. Or, il faudrait aussi s'assurer que l'on ne puisse pas modifier une date avec un jour supérieur à 31 et un mois supérieur à 12.

**AL : Qu'avez vous pensé de l'interface ?**

**T3 :** Il faut une prise en main pour trouver les fonctionnalités du logiciel (ex : annoter, re-intervenir, ...). Un TP sans prise en main préalable ne permet pas de voir toutes les possibilités du logiciel.

Au niveau de la fenêtre d'ajustement des indicateurs après une intervention (*fenêtre de confirmation d'une intervention*), il faudrait intervertir les panels et mettre les indicateurs disponibles à gauche et ceux sélectionnés à droite.

Au niveau du panel d'appel à l'aide, la visibilité du motif de l'appel doit être améliorée. D'autant plus que c'est une donnée très importante.

**AL : Qu'avez vous pensé du suivi de l'activité de l'apprenant ?**

**T3 :** Le nombre de d'éléments dans « BipBip » est assez élevé. Il doit être possible de réduire ce nombre tout en augmentant la pertinence. Il faudrait donner une priorité aux « bipBip » les plus importants.

Lors du déroulement du TP, je suis alerté par les indicateurs sur un problème précis. Je vérifie dans le code ce que l'apprenant a fait et puis j'interviens si nécessaire, par rapport au problème indiqué par l'indicateur. En résumé, les indicateurs me permettent d'être proactif et de cibler des problèmes précis. En revanche, s'il y a des problèmes « autres », non capturés par les indicateurs, on peut passer à côté de quelque chose d'intéressant.

Il faudrait tout de même faire attention au niveau des indicateurs puisque notre attention se focalise principalement sur les problèmes qu'ils révèlent et l'on peut passer à côté de situations intéressantes.

**AL : Qu'avez vous pensé du suivi des interventions ?**

**T3 :** Ce fut intéressant. Je l'ai utilisé comme une sorte d'appui au niveau des discussions dans les ré-interventions. Je me suis basé sur les retours (*effets des interventions*) pour mettre en place une stratégie d'intervention en cas d'échec et comme point d'appui de début d'une discussion en cas de re-intervention en mode audio.

**AL : Quel est votre ressenti général par rapport au TP ?**

**T3 :** J'ai un ressenti positif par rapport à l'utilisation du dispositif. L'outil m'a permis de faire un suivi, d'avoir une vision en « dessus » des étudiants sans les perturber, un peu à la manière d'un *puppeteer*.

Lors des séances de travaux pratiques traditionnels, le fait de passer derrière l'étudiant, même si l'on n'intervient pas, est susceptible de le déranger. Cela peut être perturbant pour un étudiant d'avoir quelqu'un qui regarde ce qu'il fait et d'en avoir conscience. Grâce au dispositif, le suivi est assuré sans perturber l'étudiant et celui-ci n'est « dérangé » que si nécessaire.

**AL : A certains moments, il y avait des alertes par rapport à ces problèmes que l'étudiant avait mais vous n'êtes pas intervenu, pourquoi ?**

**T3 :** Effectivement, j'ai relâché certaines contraintes, surtout celles qui n'étaient pas explicites dans l'énoncé.

Compte tenu du temps imparti, il a fallu faire des choix. J'ai décidé de ne pas intervenir sur certains manquements car il y avait des problèmes beaucoup plus importants.

**AL : Avez-vous d'autres remarques ?**

**T3 :** L'outil d'alerte permet de cibler rapidement ceux qui ont fait quelque chose d'intéressant et permet d'être proactif. De manière générale, lors des séances de TP en présentiel je suis proactif. Je passe derrière les étudiants tout au long du TP ; je n'attends pas qu'ils m'appellent pour demander de l'aide.

Etre proactif peut perturber l'étudiant dans certains cas. Mais il faut tout de même terminer le TP en 3h. Donc, il faut trouver un équilibre entre tout cela.



# Rendre compte des effets des interventions du tuteur à travers une Approche Orientée Indicateurs

---

## Résumé :

L'objectif de notre travail de recherche est de proposer une solution afin de rendre compte au tuteur des effets de ses interventions dans des situations de tutorat médiatisé. Fournir au tuteur des informations sur sa propre activité lui permet d'avoir une approche réflexive sur ses actions et ses processus, de les évaluer puis d'entreprendre les actions nécessaires afin de les ajuster pour qu'ils contribuent à l'atteinte de l'objectif préalablement fixé.

Dans ce contexte, nous avons entrepris une étude théorique, dans le domaine des Sciences de l'Éducation et de l'Informatique, autour de des deux principales activités du tuteur que nous avons identifiées : la régulation de l'activité de l'apprenant et la régulation de sa propre activité de tutorat. De cette étude théorique, nous avons élaboré TeAMo (*Teachers' Activities Model*), un modèle de description des processus liés à ces deux activités que le tuteur est amené à gérer de manière concomitante.

Sur les fondements de ce modèle, notre proposition consiste à fournir au tuteur des informations précises sur les effets de ses interventions à travers une Approche Orientée Indicateurs. D'une part, cette approche consiste à fournir au tuteur des indicateurs pédagogiques sur l'activité de l'apprenant. Lorsque les valeurs de ces indicateurs n'appartiennent pas à leur domaine d'acceptabilité, le tuteur en est informé. S'appuyant sur cette information, il peut alors être amené à intervenir. D'autre part, l'approche consiste à fournir au tuteur des méta-indicateurs qui sont des indicateurs qui assurent le suivi des indicateurs à l'origine des interventions tutorales. Ces méta-indicateurs mesurent les effets d'une intervention tutorale en vérifiant si les valeurs des indicateurs initialement non acceptables retournent dans leur domaine d'acceptabilité.

L'Approche Orientée Indicateurs a été élaborée et affinée au moyen des différentes expérimentations que nous avons menées dans le cadre de ce travail mais aussi grâce à la participation des tuteurs, cela conformément à la méthodologie de conception itérative et participative que nous avons adoptée dans notre travail. Lors de ces expérimentations, nous avons utilisé l'EIAH Hop3x dans le cadre d'activités de travaux pratiques relatives à l'apprentissage de la programmation orientée objet en Java. Cet EIAH a fait l'objet de conception des différents outils permettant d'instancier le modèle computationnel lié à notre approche.

Les différentes expérimentations que nous avons menées ont été complémentaires et ont permis de valider notre approche. Elles ont abouti à l'observation, dans l'usage, de l'impact de la mise à disposition d'informations sur les effets des interventions tutorales à la fois sur les performances du tuteur et sur celles de l'apprenant. Les résultats ont montré que de telles informations fournies amélioreraient les performances du tuteur de manière à la fois quantitative et qualitative. Par ailleurs, cette amélioration des performances tutorales tend à avoir un impact positif sur l'activité et la performance de l'apprenant et sur son activité puisqu'il résout mieux ses situations critiques lorsque le tuteur dispose d'un retour sur les effets de ses interventions.