



HAL
open science

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir des traces d'activité

Élise Gendron

► **To cite this version:**

Élise Gendron. Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir des traces d'activité. Autre [cs.OH]. Université Claude Bernard - Lyon I, 2010. Français. NNT : 2010LYO10279 . tel-00708083

HAL Id: tel-00708083

<https://theses.hal.science/tel-00708083v1>

Submitted on 14 Jun 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.

THESE DE L'UNIVERSITE DE LYON

Délivrée par

L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1

École Doctorale Informatique et Mathématiques

DIPLOME DE DOCTORAT

Discipline Informatique

Soutenue publiquement le 13 décembre 2010

Par

Elise GENDRON

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir des traces d'activité

Composition du jury

Rapporteurs :

Angélique DIMITRACOPOULOU- Professeur - Université de la mer Égée, Grèce

Dominique RIEU - Professeur - Université de Grenoble, France

Directeurs :

Thibault CARRON - Maître de Conférences – Université de Savoie, France

Jean-Charles MARTY - Maître de Conférences HDR - Université de Savoie, France

Alain MILLE Professeur - Université Claude Bernard Lyon 1, France

Examineurs :

Bertrand DAVID - Professeur - Université Claude Bernard Lyon 1, France

Alain QUINQUENEAU - Directeur du département Recherche - GDF SUEZ, France

RÉSUMÉ

Titre. Cadre Conceptuel pour l'Elaboration d'Indicateurs de Collaboration à partir des Traces d'Activité

Mots clés. Indicateurs de collaboration, approche centrée utilisateur, framework pour la conception d'indicateurs, langage pour le calcul d'indicateurs

Résumé.

L'objectif général de ces travaux de recherche vise à faciliter les activités collaboratives médiées par un progiciel de gestion de connaissances. Plus précisément, nous souhaitons améliorer les activités collaboratives par la mise en place d'indicateurs. Nous entendons par là faciliter le déroulement du ou des processus collaboratifs mis en œuvre et soutenir les réseaux sociaux au sein des activités. Pour cela, nous proposons d'observer l'activité des utilisateurs en proposant des indicateurs de collaboration calculés à partir des traces numériques d'activités. Le premier objectif de cette thèse est d'identifier ce que sont les indicateurs de collaboration en déterminant les informations qui les définissent. Pour pouvoir exploiter au mieux les indicateurs, nous proposons une classification composée de six grandes caractéristiques indépendantes qui correspondent aux éléments fondamentaux pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration. Cette classification nous fournit des indications pour construire, modéliser et mettre en place un indicateur dans un environnement collaboratif tel que ceux que nous étudions dans le cadre du projet. De plus, cette thèse présente un framework de gestion d'indicateurs basé sur une approche centrée utilisateur. En effet, en observant l'utilisation actuelle des indicateurs dans des plateformes de gestion de contenus, nous nous sommes rendus compte que le processus d'élaboration et d'acceptation était long et complexe. Par conséquent, lorsqu'un indicateur est en place dans un environnement et qu'il fonctionne correctement, il est intéressant de le réutiliser dans d'autres contextes. Cette réutilisation peut se faire intégralement ou partiellement. Nous proposons donc une modélisation qui prend en compte les problématiques de réutilisation ainsi que de personnalisation et d'adaptation des indicateurs en fonction des utilisateurs et/ou du contexte de l'activité. Dans notre approche, les indicateurs sont calculés à partir des traces d'activités laissées par les utilisateurs de la plate-forme. Pour faciliter la mise en place de ces indicateurs, nous avons développé un outil informatique qui va permettre d'assister les utilisateurs dans l'élaboration d'indicateurs : GINDIC (Générateur d'INDICateurs). Avec cet outil, les concepteurs vont pouvoir construire des indicateurs : leur définition, les calculs effectués sur les traces pour obtenir la valeur de l'indicateur et leur visualisation. Nous avons choisi de gérer les indicateurs à l'aide d'un système à base de règles, où les traces sont des faits, tandis que les processus de calcul des indicateurs sont des règles. Cette thèse s'est effectuée dans le cadre d'un projet ANR intitulé ProCoGeC (Progiciel Collaboratif de Gestion de Connaissances). Un langage à base de règles a été confronté aux besoins de ce projet. Il nous permet de décrire les processus de construction de l'ensemble des indicateurs issus d'un recueil des besoins. De plus, une expérimentation de l'outil a été réalisée auprès d'un des partenaires industriels du projet, client d'une plate-forme collaborative de gestion de contenus.

ABSTRACT

Title. Framework for the Elaboration of Collaboration Indicators from Activity Traces

Key words. Collaboration Indicators, user-centred approach, framework for indicator design, language for indicator calculation

Abstract.

The objective of the research carried is to facilitate collaborative activities in knowledge management software. More particularly, we aim to improve collaborative activities by the implementation of indicators. We intend thus to facilitate the progression of one or several implemented collaborative processes and to support the social networks within the activities. For that purpose, we propose to observe the users' activity by providing collaboration indicators calculated from the digital traces of activities. The first objective of this thesis is to identify the characteristics of the collaboration indicators. In order to make the best possible use of indicators, we propose a classification composed of six main independent characteristics which correspond to the fundamental elements for the elaboration of collaboration indicators. This classification supplies us with indications to build, model and set up an indicator in a collaborative environment such as those studied in the context of the project. Moreover, this thesis presents a framework for the management of indicators based on a user-centred approach. Indeed, by observing the current use of indicators in platforms of knowledge management, we realized that the process of elaboration and acceptance was long and complex. Consequently, when an indicator is established in an environment and when it works properly, it is interesting to reuse it in other contexts. This reusing can be done entirely or partially. We thus propose a type of modeling which takes into account the reuse issues as well as those of the personalization and adaptation of indicators according to the user and/or to the context of the activity. In our approach, the indicators are calculated from the activity traces left by the users. To facilitate the implementation of these indicators, we have developed a tool which assists the users during the elaboration of indicators: GINDIC (Generator of INDICATORS). With this tool, the designers are able to build indicators: their definition, the calculations made on traces to obtain the indicator value, and their displaying. We have chosen to manage indicators by using a rules-based system, where traces are facts, whereas the calculation processes for indicators are rules. This thesis has been written within the framework of a project financed by the French National Research Agency entitled ProCoGeC (Collaborative Software package of Management of Knowledge). A rules-based language was compared with the needs of the ProCoGeC project. It helps us to describe the calculation processes for all indicators stemming from the users' requirements. An experiment with the tool has been carried out with one of the industrial partners of the project, who is the client of a collaborative platform of knowledge management.

REMERCIEMENTS

Je souhaite tout d'abord remercier les membres du jury : Angélique Dimitracopoulou et Dominique Rieu d'avoir accepté de rapporter cette thèse ainsi que Bertrand David d'avoir accepté d'être examinateur et président de jury. Merci à Angélique pour s'être déplacée le jour de ma soutenance. Merci également à Alain Quinqueneau d'avoir accepté d'être examinateur mais surtout de m'avoir accueillie chaleureusement au sein de son entreprise pour y effectuer un recueil des besoins et une mise à l'essai de mes travaux.

Merci ensuite à Alain Mille de m'avoir permis de m'inscrire en thèse à l'université de Lyon et de m'avoir acceptée et intégrée dans son équipe. Ses interventions aux moments clés de ma thèse m'ont beaucoup apporté et m'ont aidé à prendre du recul pour faire évoluer mon travail.

Je tiens également à remercier chaleureusement mes deux encadrants. Jean-Charles, pour m'avoir guidée et soutenue durant ces trois années. Il a pris le temps (quand il en avait...) d'écouter mes idées et de les analyser durant nos nombreuses réunions. Thibault, pour toutes ses remarques et critiques, qui bien que parfois « choc », furent toujours pertinentes. Il a également su gérer tous les aléas administratifs que nous avons rencontrés. Je les remercie aussi pour m'avoir fait confiance concernant mon organisation de travail assez particulière. Je pense sincèrement que je suis chanceuse de les avoir eu tous les deux comme encadrants, ils font un duo très complémentaire aussi bien sur les aspects humains que professionnels et c'est beaucoup grâce à eux que ce travail a pu aboutir.

Je remercie aussi les membres de l'équipe Silex pour leurs discussions et conseils lors des réunions où je présentais mon travail. Je sais que j'ai fait « grincer des dents » en abordant parfois le terme « Trace » à ma façon.

Ensuite, je remercie les partenaires du projet PROCOGEC. Merci à Franck pour ses remarques très intéressantes sur mes travaux et pour notre collaboration autour de la classification et des indicateurs de KALIS qui a abouti à un article de revue dont je suis très fière. Merci et félicitations à Damien qui a réalisé une thèse en même temps que moi dans le projet et avec qui j'ai pu partager mes idées et mes ressentis concernant ces trois années de recherche... Je tiens à remercier également Magali pour m'avoir montré une vision des travaux de recherche qui peuvent se faire conjointement au domaine de l'informatique. J'ai vraiment apprécié ses méthodes concernant le recueil des besoins. Et je la remercie également pour m'avoir aidée dans les dernières démarches administratives pour ma soutenance de thèse. Merci à Patrick Michels pour m'avoir accueilli dans ses locaux à de nombreuses reprises pour une meilleure collaboration avec l'équipe de développement. Un grand merci également à Mathieu, Philippe et Xavier, qui ont eu la patience de répondre à mes nombreuses questions (parfois inutiles...) concernant l'utilisation de leur plate-forme. J'ai vraiment apprécié collaborer et discuter avec eux tout au long du projet.

Enfin, je tiens à remercier mes amis et ma famille qui m'ont permis d'arriver jusqu'au bout et qui ont cru en moi.

Et je termine par Mickael. Merci de m'avoir supportée durant ces trois années, malgré mon indisponibilité et mes moments de doutes.

TABLE DES MATIERES

CONTEXTE DE RECHERCHE	21
• Cadre	21
• Domaine de recherche.....	21
• Problématique	22
• Questions de recherche	24
CAS D'ÉTUDE	25
• Cas d'étude n°1: Prendre conscience du groupe de travail et de son apport personnel dans ce groupe	26
• Cas d'étude n°2 : Améliorer la productivité lors de la capitalisation de connaissances	27
• Cas d'étude n°3 : Identifier les statuts sociaux des étudiants dans les groupes de travail.....	28
• Cas d'étude n°4 : Evaluer le niveau de collaboration entre les étudiants	29
• Cas d'étude n°5 : Réguler l'activité des différents groupes d'utilisateur.....	30
• Cas d'étude n°6 : Mise en place d'une nouvelle activité pédagogique.....	31
ORGANISATION DU DOCUMENT	33
Chapitre 1 : DÉFINITION DES INDICATEURS - État de l'art	37
1.1 Définitions générales	37
1.2 Définitions spécifiques	38
1.2.1 Indicateurs spécifiques au domaine.....	39
1.2.2 Indicateurs spécifiques aux objectifs d'observations.....	39
1.3 Synthèse - Analyse	42
1.4 Objectif de recherche n°1	43
Chapitre 2 : DÉFINITION DES INDICATEURS - Proposition de la carte d'identité d'un indicateur de collaboration	45
2.1 Carte d'identité d'un indicateur de collaboration	46
2.2 Caractéristiques génériques à tous les domaines	47
2.2.1 Indicateurs en Chimie.....	47
2.2.2 Indicateurs Environnementaux	48
2.2.3 Indicateurs Économiques	48
2.2.4 Indicateurs pour l'Entreprise.....	49
2.2.5 Indicateurs Géographiques	49
2.2.6 Synthèse	50
2.3 Cadre d'application des indicateurs : la collaboration	52
2.3.1 Activité collaborative	53
2.3.2 Clés de réussite pour une activité collaborative	53

2.3.2.1	Engagement mutuel	54
2.3.2.2	Travail collaboratif	56
2.3.3	Éléments de l'activité collaborative à observer	58
2.3.3.1	Acteurs de la collaboration	59
2.3.3.2	Tâches/actions du processus collaboratif.....	60
2.3.3.3	Contenus des activités	62
2.4	Bilan - Carte d'Identité d'un Indicateur de Collaboration	63
	<i>Chapitre 3 : INGÉNIERIE DES INDICATEURS - État de l'art</i>	69
3.1	Sources d'informations pour la conception des indicateurs	70
3.1.1	Questionnaires	71
3.1.2	Connaissances utilisateurs	71
3.1.3	Contenus	72
3.1.4	Traces	73
3.1.5	Indicateurs.....	74
3.2	Processus d'ingénierie des indicateurs.....	75
3.2.1	A quel moment sont calculés les indicateurs ?	75
3.2.2	Comment évoluent les indicateurs dans les systèmes existants ?.....	76
3.2.3	Cadres théoriques pour la construction des indicateurs	77
3.2.3.1	Démarches de construction des indicateurs	78
3.2.3.2	Langage de spécification des relations entre indicateurs.....	78
3.2.3.3	Architecture SBT-IM.....	79
3.2.3.4	Patron d'Indicateur Réutilisable	79
3.2.3.5	Langage UTL-CL (Pham 2009)	80
3.2.3.6	Recommandations.....	81
3.3	Synthèse - Analyse	82
3.3.1	Sources d'informations choisies.....	82
3.3.2	Processus de construction - Eléments à retenir.....	85
3.3.3	Cadres théoriques - Eléments à retenir	85
3.4	Objectif de recherche n°2.....	87
	<i>Chapitre 4 : INGÉNIERIE DES INDICATEURS - Proposition du patron d'un indicateur de collaboration ...</i>	89
4.1	Caractéristiques d'un indicateur liées à sa construction.....	90
4.1.1	Type.....	92
4.1.2	Structure	93
4.1.3	Calcul.....	94

4.2	Processus de calcul des indicateurs.....	94
4.2.1	Besoins pour l'ingénierie des indicateurs.....	94
4.2.1.1	Objets dynamiques	94
4.2.1.2	Des traces aux indicateurs.....	95
4.2.1.3	Relations n-n entre données et résultats	95
4.2.1.4	Explication du résultat et traçabilité.....	96
4.2.2	Etudes des propositions actuelles.....	96
4.2.3	Notre choix : Les systèmes à base de règles	99
4.3	Langage de calcul des indicateurs	100
4.3.1	Description de la base de connaissance : les faits.....	100
4.3.1.1	Applicabilité	100
4.3.1.2	Application.....	101
4.3.1.3	Syntaxe des éléments de la base de fait.....	101
4.3.2	Description de la base de connaissance : les règles.....	106
4.3.2.1	Partie condition	106
4.3.2.2	Partie action.....	109
4.3.3	Synthèse	114
4.4	Bilan – Patron d'un indicateur de collaboration	115
	<i>Chapitre 5 : EXPLOITATION DES INDICATEURS - État de l'art</i>	<i>119</i>
5.1	Objectifs d'observation.....	119
5.1.1	Awareness.....	120
5.1.2	Compréhension / Interprétation.....	120
5.1.3	Régulation / Auto-régulation	121
5.1.4	Aide à la décision / Prévision.....	122
5.1.5	Evaluation.....	122
5.1.6	Motivation.....	123
5.2	Utilisateurs	123
5.2.1	Education	124
5.2.2	Entreprise	124
5.3	Représentations.....	125
5.3.1	Visualisations d'indicateurs.....	125
5.4	Synthèse - Analyse	127
5.5	Objectif de recherche n°3.....	128
	<i>Chapitre 6 : EXPLOITATION DES INDICATEURS - Proposition de la vitrine d'un indicateur de collaboration</i>	
	131	

6.1	Contextualisation d'un indicateur	135
6.1.1	Positionnement des indicateurs.....	136
6.2	Visualisation d'un indicateur.....	139
6.2.1	Variations dans la visualisation d'un indicateur.....	140
6.2.1.1	Visualisation vs. Type de l'indicateur.....	140
6.2.1.2	Personnalisation selon les utilisateurs.....	141
6.2.1.3	Adaptation selon la mise en œuvre des indicateurs.....	142
6.2.2	Approche choisie : Paradigme MVC.....	143
6.2.2.1	Concepts	143
6.2.2.2	Discussion	145
6.2.2.3	Caractéristiques de l'indicateur pour sa visualisation	145
6.3	Bilan : Vitrine d'un indicateur de collaboration.....	146
	<i>Chapitre 7 : EXPLOITATION DES INDICATEURS - Approche unifiante et réutilisation.....</i>	<i>149</i>
7.1	Cadre pour la réutilisation	150
7.2	Modélisation d'indicateurs	152
7.3	Outils et méthodes pour la réutilisation.....	156
7.3.1	Processus « For-Reuse ».....	156
7.3.1.1	Classification des indicateurs.....	157
7.3.1.2	Qualification des indicateurs	159
7.3.2	Processus « With-Reuse »	159
7.4	Bilan - Réutilisation.....	160
	<i>Chapitre 8 : EXPLOITATION DES INDICATEURS - Implémentation & Expérimentation.....</i>	<i>163</i>
8.1	Implémentation	164
8.1.1	CollaborativeECM.....	164
8.1.1.1	Description générale.....	164
8.1.1.2	Traçage de la plate-forme.....	164
8.1.2	GINDIC.....	166
8.1.2.1	Architecture	166
8.1.2.2	Fonctionnalités	168
8.1.2.3	Choix techniques	176
8.1.2.4	Bilan	177
8.2	Expérimentation	177
8.2.1	Recueil des besoins	178
8.2.1.1	Méthodologie	178
8.2.1.2	Présentation Alamos.....	179

8.2.1.3	Cas d'usages.....	179
8.2.1.4	Bilan - Analyse.....	183
8.2.2	Expérimentation.....	183
8.2.2.1	Méthodologie	183
8.2.2.2	Indicateurs expérimentés	184
8.2.2.3	Bilan - Analyse critique	187
CONCLUSION		191
PERSPECTIVES.....		193
Perspectives pour les concepteurs des indicateurs		193
•	Conception - amélioration de la classification	193
•	Réutilisation - méthodologie et outils.....	193
•	Réutilisation - vision design pattern	194
Perspectives pour les utilisateurs des indicateurs.....		195
•	Usages - Indicateurs interactifs.....	195
•	Compréhension de la valeur d'un indicateur.....	196
BIBLIOGRAPHIE.....		199
Annexe 1 : Exemple de règles de calculs d'indicateurs.....		207
✧	Règle(s) de calcul nécessaire(s) pour le cas d'étude n°1.....	207
✧	Règle(s) de calcul nécessaire(s) pour le cas d'étude n°2.....	215
✧	Règle(s) de calcul nécessaire(s) pour le cas d'étude n°3.....	217
✧	Règle(s) de calcul nécessaire(s) pour le cas d'étude n°4.....	219
✧	Règle(s) de calcul nécessaire(s) pour le cas d'étude n°5.....	224
Annexe 2 : Présentation des Cas d'usage étudiés lors du recueil des besoins		227
Annexe 3 : Présentation du scénario d'expérimentation n°1		229
Annexe 4 : Présentation du scénario d'expérimentation n°2		235
Annexe 5 : Six cas d'étude permettant d'illustrer les contributions de cette thèse.....		247
•	Cas d'étude n°1: Prendre conscience du groupe de travail et de son apport personnel dans ce groupe	247
•	Cas d'étude n°2 : Améliorer la productivité lors de la capitalisation de connaissances	248
•	Cas d'étude n°3 : Identifier les statuts sociaux des étudiants dans les groupes de travail.....	249
•	Cas d'étude n°4 : Evaluer le niveau de collaboration entre les étudiants	250
•	Cas d'étude n°5 : Réguler l'activité des différents groupes d'utilisateur.....	251
•	Cas d'étude n°6 : Mise en place d'une nouvelle activité pédagogique.....	252

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Carte d'identité pour un Indicateur de Collaboration (v1).....	47
Figure 2 : Carte d'identité pour un indicateur de collaboration (v2)	52
Figure 3 : Trèfle fonctionnel du collectif (Ellis 1994)	53
Figure 4 : Carte d'identité pour un indicateur de collaboration (soutien à l'engagement mutuel).....	56
Figure 5 : Causes de blocage au travail collaboratif (El Kadiri 2008).....	57
Figure 6 : Carte d'identité pour un indicateur de collaboration (soutien au travail collaboratif).....	58
Figure 7 : Carte d'identité pour un indicateur de collaboration (observation des acteurs)	60
Figure 8 : Carte d'identité pour un indicateur de collaboration (observation des actions).....	62
Figure 9 : Carte d'identité pour un indicateur de collaboration (observation des contenus).....	63
Figure 10 : Carte d'identité d'un indicateur de collaboration (caractéristiques possibles)	64
Figure 11 : Carte d'identité de l'indicateur « Adhésion à un espace ».....	65
Figure 12 : Environnement iHelp (Brooks 2006)	70
Figure 13 : Indicateur de maturité pour la plate-forme KALIS (Beylier 2007).....	72
Figure 14 : Plate-forme Moodle	74
Figure 15 : Modélisation d'un indicateur pour l'analyse des interactions (Kaléidoscope 2006)	91
Figure 16 : Patron d'indicateur de collaboration	92
Figure 17 : Syntaxe de la base de faits : Trace	102
Figure 18 : Syntaxe de la base de faits : Indicateur.....	104
Figure 19 : Syntaxe de la base de faits : Propriété	105
Figure 20 : Syntaxe générale d'une règle	106
Figure 21 : Syntaxe d'une règle de calcul : partie Conditions v.1.....	107
Figure 22 : Syntaxe d'une règle de calcul : opérateurs sur les propriétés	107
Figure 23 : Syntaxe d'une règle de calcul : partie Conditions v.2.....	108
Figure 24 : Syntaxe d'une règle de calcul : partie Action v.1	110
Figure 25 : Syntaxe d'une règle de calcul : méthodes de la partie Action	111
Figure 26 : Syntaxe d'une règle de calcul : partie Action v.2	112
Figure 27 : Patron de l'indicateur « Adhésion à un espace »	116
Figure 32 : Choix des formes de représentations des indicateurs (Devillers 2004)	126
Figure 33 : Sociogramme représentant les interactions entre les membres d'un projet (Daradoumis 2006) ...	127
Figure 34 : Visualisation de l'indicateur « Utilisation d'une ressource » (cas d'étude n°1)	132

Figure 35 : Visualisation de l'indicateur « Etat d'avancement du processus de validation » (cas d'étude n°2) .	132
Figure 36 : Visualisation de l'indicateur « Niveau de communication » (cas d'étude n°3)	133
Figure 37 : Visualisation de l'indicateur « Niveau de collaboration » calculé à partir des indicateurs « Niveau de contribution », « Niveau de consultation » et « Niveau de communication » (cas d'étude n°4)	133
Figure 38 : Visualisation de l'indicateur « Adhésion à un espace » (cas d'étude n°5)	134
Figure 39 : Vitrine d'un indicateur de collaboration – v.1	136
Figure 28 : Tableau de bord (Denos 2004)	137
Figure 29 : FORMID-Suivi : interface de suivi de la classe sur une séance	138
Figure 30 : Indicateur « Peer awareness », iHelp (Brooks 2006)	138
Figure 31 : Mode de visualisation cartographique des indicateurs géo-spatiaux (Devilleers 2004)	139
Figure 40 : Exemples de graphiques pour un même type d'indicateur (Intervalle Discret)	141
Figure 41 : architecture MVC pour la visualisation d'indicateurs	144
Figure 42 : Exemple architecture MVC pour les indicateurs « Adhésion à un espace » et « Niveau de communication »	144
Figure 43 : Vitrine d'un indicateur de collaboration – v.2	146
Figure 44 : Vitrine de l'indicateur « Adhésion à un espace »	147
Figure 45 : Description globale d'un indicateur de collaboration (Carte d'Identité - Patron -Vitrine)	152
Figure 46 : Modélisation d'un Indicateur de Collaboration	153
Figure 47 : Modélisation de l'indicateur « Nombre de consultations »	155
Figure 48 : Modélisation de l'indicateur « Nombre de contributions »	156
Figure 49 : Organisation générale des systèmes pour le calcul d'indicateurs à partir de traces d'activité d'une plate-forme de GED telle que <i>CollaborativeECM</i>	167
Figure 50 : Architecture de GINDIC	168
Figure 51 : Interface GINDIC : Création d'un indicateur	169
Figure 52 : Interface GINDIC : Création d'un indicateur - Définition	170
Figure 53 : Interface GINDIC : Création d'un indicateur - Construction 1/2	171
Figure 54 : Interface GINDIC : Création d'un indicateur - Construction 2/2	172
Figure 55 : Interface GINDIC : Création d'un indicateur - Contextualisation	173
Figure 56 : Interface GINDIC : Création d'un indicateur - Visualisation	174
Figure 57 : Interface GINDIC - Tableau de Bord	175
Figure 58 : Visualisation indicateur sur téléphone portable	175
Figure 59 : Exemple de règle pour l'indicateur « Adhésion à un espace » (cas d'étude n° 5) (version XML - Drools)	176

Figure 60 : Recueil des besoins : Base de Connaissances Techniques	180
Figure 61 : Interface CollaborativeECM - Expérimentation	185
Figure 62 : Scénario expérimentation n°1: visualisation de l'indicateur « Adhésion à un espace »	186
Figure 63 : Représentation de l'indicateur « Utilisation d'une ressource » (scénario d'expérimentation n°2) ..	187
Figure 64 : Traçabilité d'une règle de construction d'indicateur depuis l'environnement de développement (Eclipse)	197
Figure 65 : Visualisation de la trace (CollaborativeECM)	198
Figure 66 : Recueil des besoins : Forums	227
Figure 67 : Recueil des besoins : Base Projets.....	228
Figure 68 : Scénario expérimentation n°1 : élaboration de l'indicateur (Définition)	230
Figure 69 : Scénario expérimentation n°1 : élaboration de l'indicateur (Construction 1/2).....	231
Figure 70 : Scénario expérimentation n°1 : élaboration de l'indicateur (Construction 2/2).....	232
Figure 71 : Scénario expérimentation n°1 : élaboration de l'indicateur (Contextualisation)	232
Figure 72 : Scénario expérimentation n°1 : élaboration de l'indicateur (Visualisation)	233
Figure 73 : Elaboration de l'indicateur « Total consultations » (scénario d'expérimentation n°2) : Définition ..	236
Figure 74 : Elaboration de l'indicateur « Total consultations » (scénario d'expérimentation n°2) : Construction	237
Figure 75 : Elaboration de l'indicateur « Total consultations » (scénario d'expérimentation n°2) : Contextualisation	237
Figure 76 : Elaboration de l'indicateur « Total consultations » (scénario d'expérimentation n°2) : Visualisation	238
Figure 77 : Représentation des indicateurs « Total consultations » et « Total push émis » (scénario d'expérimentation n°2)	238
Figure 78 : Elaboration de l'indicateur « Groupe des utilisateurs » : Définition (scénario d'expérimentation n°2)	239
Figure 79 : Elaboration de l'indicateur « Groupe des utilisateurs » : Contextualisation (scénario d'expérimentation n°2)	240
Figure 80 : Elaboration de l'indicateur « Groupe des utilisateurs » : Construction (scénario d'expérimentation n°2).....	241
Figure 81 : Elaboration de l'indicateur « Groupe des utilisateurs » : Visualisation (scénario d'expérimentation n°2).....	242
Figure 82 : Représentation des indicateurs « Chemins des consultations » et « groupe des utilisateurs » (scénario d'expérimentation n°2)	242
Figure 83 : Elaboration de l'indicateur « Utilisation d'une ressource » (scénario d'expérimentation n°2) : Définition	243
Figure 84 : Elaboration de l'indicateur « Utilisation d'une ressource » (scénario d'expérimentation n°2) : Construction.....	244

Figure 85 : Elaboration de l'indicateur « Utilisation d'une ressource » (scénario d'expérimentation n°2) :

Visualisation	245
Tableau 1 : Récapitulatif cas d'études.....	25
Tableau 2 : Synthèse indicateurs / domaines d'application variés	50
Tableau 3 : Sources d'informations pour le calcul d'indicateurs – Synthèse	84
Tableau 4 : Outils pour la construction des indicateurs – Synthèse	87
Tableau 5 : Etude de plusieurs approches pour le calcul d'indicateurs	98
Tableau 6 : Classification pour les Indicateurs de collaboration.....	158
Tableau 7 : Liste des utilisateurs interviewés lors du recueil des besoins	178
Tableau 8 : Classification des principaux indicateurs issus du recueil des besoins.....	182

CONTEXTE DE RECHERCHE

- **Cadre**

Cette thèse s'est effectuée dans le cadre d'un projet ANR intitulé ProCoGeC¹ (Progiciel Collaboratif de Gestion de Connaissances). D'une manière générale, la recherche menée dans ce projet a pour objectif de faciliter les activités collaboratives médiées par un progiciel de gestion de connaissances. Les travaux réalisés s'articulent autour de trois thématiques principales interdépendantes : l'identification de schèmes collaboratifs dans l'utilisation de la plate-forme couplés avec la modélisation des processus, la conception d'indicateurs de collaboration et la réutilisation des traces numériques d'interaction recueillies dans la plate-forme à des fins d'assistance.

Nos travaux interviennent dans la seconde tâche qui vise à étudier la mise en place d'indicateurs dans le processus collaboratif à partir des traces numériques d'interactions dans le but d'améliorer l'activité collaborative.

- **Domaine de recherche**

Le cadre de cette thèse concerne plus généralement les collecticiels (*groupware*) qui assistent un groupe de personnes engagées dans une tâche commune. Que ce soit dans des environnements de travail (*CSCW*) ou d'apprentissage (*CSCL*), les activités collaboratives ont évolué ces dernières années. Nous sommes passés d'une approche centrée sur les données, sur les outils ou sur les tâches à une approche centrée sur les utilisateurs.

- ✧ Le *Knowledge Management*, par exemple, ne doit pas être uniquement axé sur les objectifs d'acquisition, d'organisation et d'accès à l'information. Selon (Thomas 2001), le savoir est inextricablement lié à la cognition humaine, et la gestion des connaissances se produit dans un contexte social structuré. Il est donc essentiel de considérer les facteurs humains et sociaux dans la production et l'utilisation des connaissances. Il devient clair que la gestion de connaissances n'est pas un travail individuel, cela implique des interactions dans les réseaux sociaux et les communautés de personnes.

¹ Ce projet a été financé par l'ANR (Agence Nationale pour la Recherche). Mai 2008 – Juillet 2010 - <http://liris.cnrs.fr/procogec>

- ✧ Dans le domaine éducatif, les constats sont semblables : il est nécessaire de prendre en compte à la fois les compétences, les connaissances et la motivation à participer des apprenants (Lipponen 2004). En effet, une des clés du succès de l'implémentation d'une plate-forme d'apprentissage collaborative est de construire une "infrastructure sociale" (Bielaczyc 2001). D'une manière générale, le modèle traditionnel centré sur l'enseignant dans lequel la connaissance est "transmise" de l'enseignant à l'apprenant est remplacé par les modèles alternatifs centrés sur l'apprenant dans lesquels l'accent est mis sur un soutien aux étudiants (Bonk 1998).

De nouveaux besoins émergent alors de cette approche : fournir aux utilisateurs de ces plates-formes des informations sur l'activité afin de les aider dans les processus de création, de transfert, de partage et d'utilisation des connaissances. Deux objectifs globaux peuvent être exprimés :

- ✧ **Faciliter la collaboration au sein d'une activité :**

- motiver les utilisateurs à participer (Beenen 2004) ;
- aider les animateurs et tuteurs à superviser (Dimitriadis 2006) (Chen 2006) ;
- réguler l'activité (Jermann 2004) (Mezura-Godoy 2003) ;
- aider les décideurs dans les processus de prise de décision (Devilleers 2004) ;
- personnaliser une activité (Marty 2009).

- ✧ **Augmenter la performance d'une activité :**

- améliorer la productivité des utilisateurs en les assistant (George 2002) (Bratistis 2006) ;
- veiller à la qualité des ressources partagées dans la plate-forme (Beylier 2007) ;
- évaluer une activité (Daradoumis 2006), la performance d'une entreprise (Popova 2007) ou d'un projet (Davenport 1998).

Pour cela, les informations nécessaires concernent aussi bien les ressources de l'activité que le contexte de ces ressources (acteur, interactions, outils,...).

- ***Problématique***

D'une manière générale, nous visons l'amélioration des activités collaboratives. Nous entendons par là faciliter le déroulement du ou des processus collaboratifs mis en œuvre et soutenir les réseaux sociaux au sein des activités.

Actuellement, les freins à la collaboration dans les systèmes déployant des processus collaboratifs concernent principalement le manque de suivi et de flexibilité de ces processus (El Kadiri 2008). En effet, le gestionnaire doit être capable d'observer et d'anticiper les problèmes de collaboration et

ensuite modifier les processus afin de pouvoir mettre en œuvre des actions de déblocage des différents problèmes précédemment observés.

D'autre part, dans les activités collaboratives, la dimension sociale est fondamentale. En étudiant les interactions de plusieurs communautés d'utilisateurs, (Herbsleb 2000) a démontré qu'il y avait une forte dépendance entre le niveau de collaboration des utilisateurs et leur contexte d'utilisation (distance géographique, langue parlée,...). Par conséquent, des moyens doivent être trouvés pour soutenir et développer les interactions sociales au sein des activités collaboratives.

Pour améliorer une activité collaborative et faire en sorte qu'elle se déroule de manière satisfaisante, des observations de celle-ci doivent avoir lieu. Les observations peuvent ainsi engendrer des réactions, des changements, des adaptations plus ou moins importants sur le déroulement de l'activité (dans le cas d'observations de situations problématiques qui empêcheraient l'activité de se dérouler normalement par exemple).

De nombreux travaux de recherche sur l'observation de l'activité ont été réalisés et différents outils informatiques ont été testés. Dans le domaine éducatif notamment, afin de comprendre comment les étudiants abordent une activité, et de comparer cela aux intentions des enseignants, différents moyens ont été utilisés : les questionnaires, les observations par une tierce personne, les interviews et les discussions (Lederman 1999). Les expérimentations de ces dispositifs ont démontré que les informations fournies étaient parfois trop subjectives ou incomplètes et ne reflétaient pas ce qu'il s'est réellement passé. De plus, l'obtention de ces informations était difficile à mettre en place à grande échelle ou sur le long terme. Dans le même domaine, pour observer les usages d'un collecticiel (Chabert 2005), les auteurs s'inspirent du *Web usage mining* pour analyser les *logs* de l'activité des utilisateurs (étudiants et enseignants). Cette fois-ci, des difficultés liées à la compréhension et l'interprétation des données ont été soulignées. En effet, les données stockées dans les *logs* sont de bas niveau d'abstraction et souvent très volumineuse. D'autre part, pour observer et capturer des données sur l'interaction multimodale en situation de mobilité, différents outils peuvent être envisagés : les caméras embarquées ou extérieures ainsi que les captures de logs émis par ces systèmes (Zouinar 2004). Ces informations proviennent de sources hétérogènes, elles sont récupérées de manière asynchrone et sont difficilement exploitables hors du contexte de l'activité.

Notre contexte de recherche est plus large, nous sommes amenés à observer des activités collaboratives ayant des contextes variés (domaine d'activité, type d'activité, environnement informatique,...), mais ces constats restent valables. Dans notre cas, nous avons besoin d'automatiser le processus d'observation et le rendre générique pour qu'il puisse correspondre à une grande diversité de contextes d'activité. De plus, cette observation doit être présentée aux utilisateurs sous forme d'informations au bon niveau d'abstraction, directement interprétables. Pour cela, nous proposons d'observer l'activité des utilisateurs en proposant des indicateurs de collaboration calculés à partir des traces numériques d'activités.

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

La problématique principale de cette thèse vise l'amélioration de l'activité des utilisateurs au sein d'une plate-forme collaborative en fournissant des indicateurs de collaboration. Ces indicateurs ont pour vocation de fournir aux utilisateurs des informations relatives à l'observation d'une activité collaborative de manière précise, structurée et compréhensible.

- **Questions de recherche**

A partir de cette problématique très générale, nous avons identifié plusieurs questions sous-jacentes qui serviront de support à notre étude :

- ✧ Les indicateurs vont fournir des informations relatives à une activité. Dans un premier temps, nous devons identifier les éléments qui caractérisent un indicateur et qui le différencient des autres sources d'informations. Dans cette thèse, nous nous intéressons particulièrement aux indicateurs pour l'amélioration de la collaboration. Le fait de préciser l'objectif général d'un indicateur va modifier ses caractéristiques.

Qu'est ce qu'un indicateur : quelle sont les définitions, globales et spécifiques, proposées ? Quels éléments caractérisent un indicateur ?

- ✧ D'autre part, un indicateur fournit des informations sur l'activité elle-même. L'observation qui est faite peut être qualitative ou quantitative. Selon le cas, les données permettant de calculer l'indicateur peuvent être de différentes formes. De plus, les besoins en observation vont évoluer tout au long d'une activité ou du cycle de vie d'une communauté et vont entraîner des modifications concernant la conception des indicateurs. Dans nos travaux, nous nous intéressons à l'ingénierie des indicateurs de collaborations.

Quelle ingénierie pour les indicateurs : comment les obtenir ? Comment évolue leur construction ? Existe-il des cadres théoriques pour la conception des indicateurs ?

- ✧ Enfin, l'utilisation d'un indicateur est liée à un besoin exprimé. Selon le contexte (environnement informatique, processus collaboratif, domaine d'activité,...), les profils (rôles, droits, intérêts,...) et besoins des utilisateurs varient. Les indicateurs ne vont pas être élaborés, utilisés et interprétés de manière uniforme. De plus, la visualisation de l'indicateur est primordiale pour son interprétation. Encore une fois, selon le contexte d'utilisation, plusieurs représentations sont possibles.

D'une manière générale, nous devons étudier comment est utilisé un indicateur : pour quel objectif d'observation est-il mis en œuvre ? Quels utilisateurs interagissent avec ? Quelle représentation est-il possible d'en faire ?

CAS D'ETUDE

Avant d'exposer nos travaux, nous présentons six cas d'étude qui illustrent le besoin de mettre en place un framework pour les indicateurs de collaboration. Ils serviront d'exemples pour démontrer nos travaux tout au long du mémoire. Ces scénarios proviennent des besoins exprimés par différents utilisateurs lors d'un recueil des besoins. Parmi eux, trois s'appliquent au domaine de la gestion électronique de documents (cas n°1, n°2 et n°5), et trois autres mettent en scène une situation d'apprentissage (cas n°3, n°4 et n°6).

Les deux premiers cas d'étude mettent en évidence les particularités que nous pouvons observer en termes d'utilisation : objectifs d'observation, utilisateurs et représentations. Nous nous appuyons sur les deux suivants pour mettre en avant les processus de construction des indicateurs. Enfin, les deux derniers démontrent les avantages liés à une approche centrée utilisateur pour l'élaboration d'indicateurs.

Tableau 1 : Récapitulatif cas d'études

	Domaine concerné	Besoin(s) illustré(s)	Chapitres
Cas d'étude n°1	Gestion électronique de documents	Particularités des usages	2, 4, 6, 7, 8
Cas d'étude n°2	Gestion électronique de documents	Particularités des usages	2, 4, 6
Cas d'étude n°3	Activité d'apprentissage	Processus de construction	4, 6, 7
Cas d'étude n°4	Activité d'apprentissage	Processus de construction	4, 6
Cas d'étude n°5	Gestion électronique de documents	Approche centrée-utilisateur	2, 4, 6, 7, 8
Cas d'étude n°6	Activité d'apprentissage	Approche centrée-utilisateur	7

Ces cas d'études sont détachables depuis l'annexe 5.

- ***Cas d'étude n°1: Prendre conscience du groupe de travail et de son apport personnel dans ce groupe***

✧ Rôle(s) impliqué(s) : Contributeur

✧ Description :

Une plate-forme collaborative de travail permet à des utilisateurs de déposer des documents qui pourront être consultés par le reste de la communauté. Dans ce type d'environnement, les acteurs doivent continuer à contribuer, à consulter et à s'intéresser au travail de leurs collaborateurs. Alain, contributeur de la plate-forme, souhaite connaître l'utilisation de ses contributions. Par exemple, il veut découvrir les différents chemins ayant permis aux lecteurs d'accéder au document. Il sera alors intéressant pour lui de savoir que la majorité des personnes ayant consulté son document l'ont fait suite à un mail d'alerte car ils étaient abonnés au domaine concerné par la contribution. De plus, si peu de consultations proviennent d'une recherche par mot clé, il pourrait alors s'intéresser aux mots clés du document et les modifier.

Différents indicateurs sont intéressants dans ce cas là. Un tableau de bord accompagne chaque document et reflète son usage et les intérêts qu'il a suscité pour le reste de la communauté. Les informations rapportées vont permettre à l'utilisateur de prendre conscience du groupe de travail auquel il appartient (les membres, les habitudes,...) et de sa contribution propre.

✧ Indicateur(s) envisagé(s) : *Utilisation d'une ressource* : un tableau de bord par document comportant les *Nombre de consultations, Nombre de pushes, Groupes des lecteurs, Chemins ayant permis l'accès au document.*

Dans cette situation, les indicateurs proposés répondent à des besoins liés à l'awareness et à l'observation de l'activité pour motiver les contributeurs. Ils sont visualisés dans l'environnement dans lequel se déroule l'activité, ils accompagnent chaque contribution. Pour leur représentation, un tableau de bord permet l'agrégation de plusieurs indicateurs qui fournissent suffisamment d'informations pour observer l'utilisation d'une contribution. Les données des indicateurs peuvent être représentées par exemple sous forme de tableaux, de labels et de diagrammes circulaires.

- ***Cas d'étude n°2 : Améliorer la productivité lors de la capitalisation de connaissances***

- ✧ Rôle(s) impliqué(s) : Expert, Contributeur

- ✧ Description :

Dans une plate-forme collaborative de gestion de documents, un des objectifs est l'amélioration de la productivité lors de la capitalisation des connaissances. Un processus de validation de document est mis en place afin de vérifier la qualité et la véracité des informations partagées. Lorsque Paul dépose un document sur la plate-forme, il renseigne le domaine concerné par celui-ci. Une alerte par mail est alors envoyée à Jean, expert du domaine, lui indiquant qu'un nouveau document est à valider. Jean peut se trouver rapidement débordé par les demandes de validation et se perdre dans l'ordre des réponses, ou encore oublier une demande. Il a donc besoin d'informations sur le déroulement du processus, pour avoir ainsi plus de visibilité sur l'activité et l'aider dans les validations en cours. Paul, quant à lui aimerait pouvoir suivre le déroulement du processus de validation concernant sa contribution.

Un même indicateur va être proposé pour les deux utilisateurs. Il accompagne chaque document. Cet indicateur va proposer une première visualisation du processus en renseignant les noms et rôles des acteurs et les dates de création, consultation et validation. Il va permettre à la fois à l'expert et au contributeur de prendre conscience de l'activité. De plus, une deuxième visualisation va être proposée pour l'expert et lui permettra de classer les documents qu'il doit valider selon ses critères de choix, par exemple du plus ancien au plus récent. Seul l'état du document « proposé », « validé », « rejeté » est indiqué et l'indicateur est coloré : vert, jaune, rouge ou bleu en fonction du temps d'attente de la validation.

- ✧ Indicateur(s) envisagé(s) : *Etat d'avancement du processus de validation*

Cette fois-ci, l'indicateur va être visualisé par deux types d'acteurs, pour des besoins différents :

- les experts vont l'utiliser pour les aider dans leur processus de validation
- les contributeurs vont le consulter afin de connaître l'état d'avancement de leurs contributions pour la mise à disposition de la communauté.

Pour sa représentation, deux vues sont proposées. Selon leurs droits, les utilisateurs n'ont pas accès aux mêmes données de l'indicateur, la visualisation est variable.

- ***Cas d'étude n°3 : Identifier les statuts sociaux des étudiants dans les groupes de travail***

- ✧ Rôle(s) impliqué(s) : Enseignant

- ✧ Description :

Paul, enseignant à l'université dispose d'un EIAH pour réaliser une activité pédagogique avec 15 étudiants. Contrairement à une activité d'apprentissage en présentiel, cet enseignant a des difficultés à identifier les élèves au centre de la communauté ou inversement socialement isolés. Il a besoin de ces informations en temps réel, pour réguler l'activité en cours. Cela va l'inciter à observer plus précisément ces élèves et interagir avec eux pour remédier à la situation.

Nous lui proposons un indicateur qui lui permet d'identifier les élèves assez bavards ou plutôt isolés à partir des communications menées dans le chat ou le forum. Cet indicateur peut être modifié et recalculé à tout moment. En effet, dans un premier temps, il peut permettre d'observer les communications en général et dans un second temps observer uniquement les conversations ne concernant pas l'activité (i.e. ne pas prendre en compte les communications inter-binôme).

- ✧ Indicateur(s) envisagé(s) : *Niveau de communication*

Dans cet exemple, l'indicateur va observer les activités de communication à travers le chat de chaque apprenant. Cet indicateur doit être calculé pendant l'activité pour faciliter la régulation de l'activité par le tuteur.

De plus, l'indicateur doit être facilement modifiable pour que le tuteur puisse faire des ajustements en fonction de son interprétation de l'activité et de ses nouveaux besoins. Dans cet exemple, l'enseignant décide de n'observer que les actions de communication entre élèves « non-binôme ».

- **Cas d'étude n°4 : Evaluer le niveau de collaboration entre les étudiants**

- ✧ Rôle(s) impliqué(s) : Enseignant, Groupes de projet étudiant

- ✧ Description :

Lors d'une activité collaborative d'apprentissage, les étudiants sont répartis en groupes de quatre personnes. Paul, le tuteur souhaite les mettre en situation de gestion de projet dans lequel ils doivent développer une application attendue par un client. Les étudiants ont à leur disposition, un outil de chat, un forum, un serveur de mails, un agenda partagé et une base de stockage de documents commune. Pour l'ensemble des groupes d'étudiants, Paul veut observer et comparer comment les étudiants collaborent au sein des groupes : la répartition des tâches, la quantité et qualité des interactions, les taux de consultations et de contributions de chaque membre du groupe,... De plus, ces informations seront également utiles pour les groupes de projet pour les inciter à améliorer leurs points faibles et/ou consolider leurs points forts. De la même manière, le tuteur va pouvoir intervenir pour les aider à trouver des solutions aux problèmes identifiés.

Pour y parvenir, un indicateur va lui permettre d'évaluer le niveau de collaboration du groupe. Cet indicateur peut être présenté sous plusieurs vues plus ou moins détaillées. Une première vue présente l'indicateur simplement en indiquant si le niveau de collaboration est faible, moyen ou bon. Cette vue est accessible du tableau de bord de la plate-forme aussi bien par le enseignant que par les groupes de projet. Ensuite une deuxième vue détaillée du même indicateur est possible, elle présente les différents indicateurs qui le composent.

- ✧ Indicateur(s) envisagé(s) : *Niveau de collaboration* (indicateur composite) composé des *indicateurs : Niveau de contribution, Niveau de consultation et Niveau de communication.*

Cet indicateur « Niveau de collaboration » est calculé à partir d'autres indicateurs. Il offre une vision globale de la collaboration entre les membres des groupes de projet. Cet indicateur peut être visualisé par le tuteur et les étudiants. Il est également possible d'obtenir deux vues de ce même indicateur.

Cette fois-ci, l'indicateur est accessible dans un espace différent de l'activité, il n'est pas obligatoire que son calcul soit réalisé en temps réel.

- **Cas d'étude n°5 : Réguler l'activité des différents groupes d'utilisateur**

- ✧ Rôle(s) impliqué(s) : Administrateur/Animateur de communauté

- ✧ Description :

Alain est administrateur de communautés de travail dans une plate-forme collaborative. Lorsqu'une nouvelle communauté se met en place, il doit l'entretenir et l'animer pour garantir son succès. Pour cela, il doit pouvoir superviser l'activité globale dans un premier temps et de manière plus précise dans un second temps de manière à surveiller les situations problématiques. Si c'est le cas, il doit mettre en place des actions en vue de régulation (réunions, envoi de mails,...) et en observer l'impact. Il doit donc disposer d'outils pour mettre en place sa stratégie d'entreprise en ce qui concerne la capitalisation des savoirs. Par exemple, s'il se rend compte qu'il y a une baisse d'intérêts de la part de la communauté en général, il va d'abord essayer de cibler les populations les plus concernées pour adapter sa stratégie. Pour cela, il va observer les mêmes informations mais cette fois-ci selon les groupes des utilisateurs « juniors », « intermédiaires » et « séniors » (cela correspond à l'ancienneté des collaborateurs). Il va alors se rendre compte que ce sont principalement les membres « intermédiaires » qui ne participent pas autant qu'il le souhaiterait. Il va pouvoir cibler ses actions pour réguler la situation.

Un indicateur de haut niveau d'abstraction, permettant de surveiller de manière globale l'adhésion des utilisateurs à la plate-forme, aidera l'administrateur dans l'observation de l'évolution d'une communauté tout au long du cycle de vie de celle-ci. Il va lui permettre d'anticiper les situations problématiques. Cet indicateur sera construit à partir d'un ensemble d'actions que l'administrateur aura estimé représentatives de l'intérêt qu'ils portent à la plate-forme. Dans un premier temps, le point de vue de l'indicateur sera collectif, mais il sera possible d'observer les mêmes données en différenciant chaque membre ou chaque groupe.

- ✧ Indicateur(s) envisagé(s) : *Adhésion à un espace*

Cet indicateur est utilisé par l'administrateur. Il observe l'activité des utilisateurs dans le temps. Cet indicateur va lui permettre d'observer l'impact de ses actions de communication liée à sa stratégie d'utilisation de la plate-forme à travers la communauté. Pour qu'il corresponde au mieux à ses attentes, c'est à lui de le construire, de définir les informations à récupérer et les opérations à appliquer.

De plus, cet indicateur doit pouvoir être facilement modifiable : le référentiel de l'indicateur passe d'un point de vue global à un point de vue différencié.

- **Cas d'étude n°6 : Mise en place d'une nouvelle activité pédagogique**

- ✧ Rôle(s) impliqué(s) : Enseignant

- ✧ Description :

Un EIAH peut être utilisé pour différents scénarios d'apprentissage. Paul, enseignant à l'université, met en place une nouvelle séance pédagogique. Comme il s'agit de la même matière et des mêmes étudiants, il repart d'une séance précédente dans laquelle des indicateurs l'aidaient dans la régulation de l'activité et il souhaite les réutiliser. Il est notamment intéressé par les indicateurs qui lui avaient permis d'observer la communication entre les étudiants. Pendant la préparation de la séance, il doit sélectionner ces indicateurs et vérifier leur validité par rapport à la nouvelle activité. Il lui faut ensuite effectuer les modifications pour qu'ils correspondent à cette nouvelle activité. Par exemple, si les étudiants ne peuvent plus utiliser le chat, la méthode de calcul de l'indicateur « niveau de communication » (cas d'étude n°3) doit être modifiée pour prendre en compte cet élément.

Un outil d'aide dans le choix des indicateurs proposant une liste d'indicateurs avec différents retours d'expérience va lui faciliter la tâche et lui éviter de ne partir de rien à chaque fois. Ce système doit être flexible et lui offrir la possibilité de personnaliser le système d'observation. Il pourra donc choisir de réutiliser un ou plusieurs indicateurs avec ou sans modifications. Dans certains cas, des modifications sur le calcul ou encore la visualisation seront nécessaires dans la nouvelle situation d'apprentissage.

- ✧ Indicateur(s) envisagé(s) : *Indicateurs réutilisables*

Les indicateurs doivent pouvoir être facilement réutilisables et paramétrables pour différentes activités. Pour cela, le système doit stocker les indicateurs avec différents retours d'expériences pour faciliter leurs réutilisations.

Les indicateurs doivent pouvoir être réutilisés complètement ou partiellement. De cette manière, le tuteur va pouvoir se construire son propre système d'observation, de la définition des objectifs à la visualisation en passant par les calculs. Ce système est modulable à tout moment de l'activité. Les nouveaux indicateurs peuvent à leur tour être réutilisés.

ORGANISATION DU DOCUMENT

Ce mémoire est organisé en trois parties qui correspondent aux questions de recherches identifiées. Chacune d'elle est composée d'un état de l'art et d'une ou plusieurs propositions.

- ✧ Dans la première partie « **DÉFINITION DES INDICATEURS** », nous nous intéressons aux définitions des indicateurs. Cette partie se divise en deux chapitres. Dans un premier temps, nous étudions de manière globale les définitions existantes des indicateurs afin d'identifier les caractéristiques communes à tous. Ce premier chapitre « **DÉFINITION DES INDICATEURS - État de l'art** » offre un premier état de l'art dans lequel nous découvrons l'importance du contexte d'utilisation pour préciser les éléments de définition d'un indicateur. Dans le second chapitre « **DÉFINITION DES INDICATEURS - Proposition de la carte d'identité d'un indicateur de collaboration** », nous développons la définition des indicateurs dans notre contexte de recherche : la collaboration. Nous proposons ce que nous avons appelé la « carte d'identité d'un indicateur de collaboration ». Cette carte regroupe l'ensemble des informations qui décrivent un indicateur de collaboration en termes d'objectif d'observation.
- ✧ La seconde partie « **INGÉNIERIE DES INDICATEURS** » est consacrée à l'ingénierie des indicateurs de collaboration. Deux chapitres la composent. Le premier « **INGÉNIERIE DES INDICATEURS - État de l'art** » explore les aspects liés à la conception des indicateurs dans les systèmes actuels. Cette étude nous permet de nous positionner par rapport à notre problématique et d'identifier les objectifs vers lesquels doivent tendre nos contributions. Dans le quatrième chapitre « **INGÉNIERIE DES INDICATEURS - Proposition du patron d'un indicateur de collaboration** », nous proposons un cadre théorique pour la conception des indicateurs. Pour cela, nous identifions les caractéristiques nécessaires à la construction d'un indicateur et nous proposons un langage pour son calcul. Nous regroupons ces informations dans ce que nous avons appelé le « patron d'un indicateur de collaboration ».
- ✧ Dans la troisième partie « **EXPLOITATION DES INDICATEURS** », nous approfondissons un certain nombre d'aspects liés à l'exploitation d'un indicateur (i.e. une fois qu'il est défini et construit). Cette partie se décompose en quatre chapitres. Le cinquième chapitre, intitulé « **EXPLOITATION DES INDICATEURS - État de l'art** », présente un état de l'art global sur les usages des indicateurs des systèmes actuels. L'objectif est d'identifier les éléments à prendre en compte dans nos propositions. Le chapitre suivant « **EXPLOITATION DES INDICATEURS - Proposition de la vitrine d'un indicateur de collaboration** » précise le cadre dans lequel l'indicateur est mis en œuvre et fait sens : dans quel contexte il est utilisé et avec quelle représentation. Dans le septième chapitre, intitulé « **EXPLOITATION DES INDICATEURS - Approche unifiante & Réutilisation** », nous nous intéressons au processus

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

de réutilisation des indicateurs et nous exposons une démarche et divers outils pour accompagner l'utilisateur. Pour cela, nous proposons de modéliser les indicateurs de collaboration en reprenant les éléments spécifiés dans la carte d'identité, le patron et la vitrine. Le huitième et dernier chapitre se décompose en deux parties « **EXPLOITATION DES INDICATEURS - Implémentation & Expérimentation** ». Nous présentons l'outil informatique que nous avons développé et qui permet d'assister les utilisateurs dans l'élaboration d'indicateurs : GINDIC (Générateur d'INDICateurs). Ensuite, nous exposons le recueil des besoins ainsi que l'expérimentation que nous avons menés pour valider notre approche.

Pour conclure, nous effectuons un bilan de notre travail et nous ouvrons des perspectives de recherche.

PREMIÈRE PARTIE : DÉFINITION DES INDICATEURS

Dans cette partie, nous nous intéressons à la première question de recherche « *Qu'est ce qu'un indicateur de collaboration?* ». Notre objectif est d'identifier les caractéristiques qui le définissent. Pour cela, cette partie est composée de deux chapitres :

- ✧ Dans le premier chapitre « **DÉFINITION DES INDICATEURS - État de l'art** », nous proposons une étude générale sur les indicateurs que nous analysons au regard de notre problématique. Nous précisons ainsi les éléments qui nous semblent importants pour construire notre proposition. Nous terminons ce chapitre en définissant les objectifs de recherche auxquels nous nous consacrons pour répondre à cette question.
- ✧ Dans le second chapitre « **DÉFINITION DES INDICATEURS - Proposition de la carte d'identité d'un indicateur de collaboration** », nous nous intéressons à la définition des indicateurs dans notre contexte de recherche : la collaboration. Pour cela, nous étudions les éléments clés à observer d'une activité collaborative. Ensuite, nous déterminons les principales caractéristiques des indicateurs qui permettent de les décrire. Nous proposons de regrouper ces informations dans la « carte d'identité des indicateurs de collaboration ».

Chapitre 1 : DÉFINITION DES INDICATEURS - État de l’art

1.1	Définitions générales.....	37
1.2	Définitions spécifiques	38
1.2.1	Indicateurs spécifiques au domaine.....	39
1.2.2	Indicateurs spécifiques aux objectifs d’observations.....	39
1.3	Synthèse - Analyse	42
1.4	Objectif de recherche n°1	43

Nous avons identifié plusieurs définitions du terme « Indicateur ». Dans un premier temps, nous étudions les définitions générales que nous avons rencontrées dans divers domaines d’activité. Ensuite, nous nous intéressons aux définitions spécifiques proposées pour des domaines et des objectifs d’observation précis.

1.1 Définitions générales

Une première définition provenant du dictionnaire « Le Petit Larousse » est : « *Un indicateur indique, fait connaître quelque chose* ». Cette définition trop générale nous permet cependant d’identifier le but d’un indicateur qui est lié à la connaissance d’un fait.

Dans le dictionnaire Collins, deux définitions d’indicateurs sont proposées :

✧ « *A thing, especially a trend or fact, that indicates the state or level of something* ». Cette seconde définition complète la première en précisant qu’un indicateur fait connaître l’état ou le niveau de quelque chose, il s’agit d’informations supplémentaires qui donnent du sens pour interpréter le fait représenté par l’indicateur.

✧ « *A device providing specific information on the state or condition of something, in particular* ». Cette fois-ci, la notion de dispositif est introduite pour qualifier un indicateur. En effet, le but d’un indicateur est de fournir des informations sur l’état de quelque chose, sur un phénomène et nous parlons de dispositif dans le sens où des actions (requêtes, calculs, transformations,...) doivent être effectuées pour obtenir un indicateur. Il ne s’agit pas de quelque chose d’inné et de simple à obtenir, il y a un coût à cet appareillage. En informatique, nous retrouvons cette notion d’appareillage quand il est question d’observer les situations d’apprentissage collaboratif instrumentées (Courtin 2007).

Les indicateurs sont largement utilisés à travers les systèmes d'aide à la décision, ils sont alors définis comme « *une information ou un regroupement d'informations contribuant à l'appréciation générale d'une situation par le décideur* » (Fernandez 2000). Cette définition traduit le fait qu'un indicateur facilite la compréhension et l'interprétation de la situation ou du phénomène observé.

Toujours dans les systèmes d'aide à la décision, les indicateurs sont vus comme étant des « *indices situés au centre des processus de prise de décision en supportant les intuitions des décideurs* » (Klein 1999). L'objectif d'un indicateur est de « *mesurer une situation et d'initier une réaction du décideur, la réaction pouvant être de ne rien faire. Les indicateurs peuvent représenter différents types d'information, tant quantitatifs que qualitatifs* » (Devillers 2004). Ces deux définitions soulignent l'interaction que peut avoir un indicateur avec le processus de l'activité.

Dans le contexte de mesures d'usage sur le web, « *un indicateur décrit une caractéristique d'un phénomène social, en cours ou passé, dans le but de définir, expliquer ou décrire un concept théorique des sciences humaines et sociales* » (traduction libre) (Scharnhorst 2006). Cette fois-ci, le concept de la temporalité d'un indicateur est abordé. En effet, un indicateur peut intervenir durant une activité ou lorsqu'elle est achevée.

Parfois certains indicateurs sont englobés dans la notion de « métrique ». C'est le cas, par exemple, de la bibliothèque du Congrès National des Etats-Unis qui mesure les activités de son site web à l'aide de métriques (Pagona 2006). Pour cela, ils utilisent plusieurs systèmes qui leur fournissent des mesures sur le comportement des utilisateurs du web en général et sur les utilisateurs de leur propre site web.

Toutes ces définitions restent très générales et ne fournissent pas d'information concernant le contenu ou encore les usages des indicateurs. Afin de préciser cette première vision, il est nécessaire de s'intéresser à des définitions plus spécifiques des indicateurs. En effet, la plupart du temps, le terme indicateur n'est pas utilisé tout seul. Il peut être spécifique au domaine d'application et/ou aux besoins en termes d'observation.

1.2 Définitions spécifiques

Si nous reprenons la définition de (Voyer 2000), « *un indicateur tend non seulement à chiffrer, à représenter mais aussi à indiquer, à donner un sens en fonction d'éléments de référence, d'un contexte ou de conditions prévalantes* ». Autrement dit, les informations renvoyées par l'indicateur dépendent du contexte de l'activité observée ainsi que des besoins en observation qui auront été exprimés. Dans cette partie, nous explorons plusieurs définitions spécifiques des indicateurs que nous analysons ensuite au regard de notre problématique. Nous distinguons deux principales catégories :

- ✧ Nous distinguons les indicateurs **spécifiques au domaine dans lequel ils sont mis en œuvre** : indicateurs web, indicateurs d'apprentissage, indicateurs de l'innovation des sciences et technologies.

✧ **Selon les objectifs d’observations**, nous avons identifié plusieurs indicateurs : indicateurs de statut, indicateurs d’état, indicateurs de risque, indicateurs de performance, indicateur de résultat, indicateurs d’impact, indicateurs de diagnostics, indicateurs de mise en œuvre, indicateurs de processus, indicateurs d’analyse des interactions, indicateurs de contexte, indicateurs d’awareness.

1.2.1 Indicateurs spécifiques au domaine

Les indicateurs spécifiques à un domaine fournissent des informations propres à l’activité de celui-ci.

Les **indicateurs Web** sont utilisés pour établir des changements dans les processus de publications et de communications académiques basées sur le Web, dans les processus de recherche de l’information, dans les comportements de collaboration internationale, et pour les nouveaux outils de recherche (traduction libre de Scharnhorst 2006).

Pour les activités d’apprentissage, (Diagne 2008) s’est intéressé aux **Indicateurs d’apprentissage**. Les dimensions cognitives, sociales et affectives du processus d’apprentissage y sont examinées. Ces indicateurs sont définis comme des variables qui donnent des informations sur le mode, le processus ou la qualité du système cognitif d’une activité d’apprentissage, sur les caractéristiques et la qualité du produit de l’interaction, le mode, le processus ou la qualité de la collaboration lorsqu’on est dans un contexte social.

Dans le domaine des sciences et technologies, nous retrouvons les **Indicateurs STI** (Science, Technology and Innovation Indicators). Ces indicateurs spécifiques représentent des caractéristiques particulières des processus d’innovation dans le domaine des sciences et technologies (Godin 2004). Ils peuvent également être catégorisés selon leur objectif d’observation : les indicateurs portant sur le processus, sur les résultats ou des indicateurs d’état.

1.2.2 Indicateurs spécifiques aux objectifs d’observations

Pour les systèmes d’aide à la décision, l’utilisateur a besoin de connaître l’état actuel de la situation et d’anticiper les risques potentiels. Pour cela, il existe les **indicateurs de statut ou d’état** qui fournissent des informations « brutes » décrivant une ou plusieurs caractéristiques des données. Les **indicateurs de risque** produisent des informations « relatives », provenant de la comparaison entre les caractéristiques des données (données brutes) et les besoins des utilisateurs, la divergence étant exprimée en termes de niveau de risque (Devillers 2004).

D’autre part, dans de nombreux domaines, le besoin d’évaluer la performance d’une activité, d’une entreprise ou d’un groupe de travail a largement été analysé et de nombreux **indicateurs de performance** sont actuellement utilisés.

Par exemple, dans le domaine médical, les indicateurs de performance d'un réseau de surveillance épidémiologique sont définis comme des « *variables en nombre limité, réunies dans un tableau de bord, qui permettent de calculer en continu le niveau de réalisation des activités prioritaires d'un réseau de surveillance épidémiologique afin d'en faciliter le pilotage* » (Hendrix 2004).

Pour l'accompagnement à la stratégie d'entreprise (Lorino 2002), un indicateur de performance est vu comme « *une information devant aider un acteur, individuel ou plus généralement collectif, à conduire le cours d'une action vers l'atteinte d'un objectif ou devant lui permettre d'en évaluer le résultat.(...) Il n'a d'utilité que relativement à une action à piloter, il est donc étroitement lié à un processus d'action précis (par exemple, processus d'usinage ou processus d'accueil des clients).*»

A partir des travaux de (Popova 2007), nous estimons que les indicateurs de performance sont des mesures qui montrent l'état de l'entreprise. Ils peuvent être manipulés et analysés pour obtenir une vision claire du fonctionnement en cours. De plus, ils peuvent être utilisés pour définir des objectifs à atteindre par l'entreprise.

Les **indicateurs de résultat** et les **indicateurs d'impact** sont assez similaires aux indicateurs de performance en termes d'objectif d'observation. Les indicateurs de résultat « *permettent d'apprécier directement les progrès accomplis par rapport à la cible visée, de suivre l'évolution d'une situation donnée par rapport au passé ou en comparaisons à d'autres structures* » (Voyer 2000). Les indicateurs d'impact évaluent les effets suite aux actions effectuées. Par exemple, (Beenen 2004) les utilise lorsqu'il observe les actions des participants suite à l'envoi de mail de remerciement et de bilan sur leurs contributions. Les effets observés sont l'augmentation de leurs contributions et leurs motivations pour la suite de l'activité.

En fonction du résultat d'un indicateur de performance, différentes actions peuvent être menées (régulation de l'activité, recherche approfondie des raisons de ce résultat,...). Pour faciliter ces actions, il est possible de lier aux indicateurs de performance les **indicateurs de diagnostic**. Il s'agit d'une « *liste de variables associées à un indicateur de performance permettant de calculer le niveau de réalisation des activités liées à cet indicateur de performance afin d'identifier, si nécessaire, les causes de non atteinte de ses valeurs attendues* » (Hendrix 2004).

Les **indicateurs de mise en œuvre ou de processus** vont également accompagner les utilisateurs dans la compréhension de l'activité. Dans le domaine politique, par exemple, ils « *décrivent les étapes à franchir lors de l'implantation de réformes ou de résultats intermédiaires permettant de cerner les progrès accomplis en attendant de pouvoir connaître les résultats escomptés* » (Voyer 2000).

Depuis quelques années, de nombreux travaux de recherche s’intéressent aux situations d’apprentissage collaboratif (CSCL) à distance. De nouveaux besoins ont émergé : évaluation de l’apprentissage, aide au tuteur, observation de la collaboration (réseaux sociaux, interactions, répartition des tâches,...). Dans le cadre du projet de recherche européen Kaléidoscope, les chercheurs se sont intéressés aux interactions entre les apprenants au sein de forums éducatifs. Pour cela, des **indicateurs d’analyse de l’interaction** ont été mis en œuvre. Ils constituent « *des variables qui décrivent, représentent ou même évaluent, un facteur relatif au mode, au processus, ou à la qualité de l’activité du système cognitif considéré, ainsi qu’aux caractéristiques ou à la qualité du produit de la discussion qui a eu lieu dans un forum. Ils fournissent des moyens d’abstraire, de synthétiser, d’inférer et souvent de visualiser des informations* » (Dimitracopoulou 2006).

Enfin, dans les activités collaboratives à distance, les utilisateurs ont besoin d’informations concernant le contexte : les utilisateurs (leurs activités, leur profils, leurs relations,...), les processus en cours, l’évolution des contenus manipulés (création, modification, suppression). Par exemple, dans le domaine politique, il existe les **indicateurs de contexte**. Ils « *permettent de situer l’environnement dans lequel s’inscrit l’action du gouvernement* » (Voyer 2000).

Nous retrouvons ce type d’indicateur plus généralement sous le nom d’**indicateurs d’awareness**. Néanmoins, le concept d’*awareness* reste encore très large et est employé pour des besoins parfois contradictoires (Schmidt 2002). Il doit être précisé par un adjectif. Par exemple, dans le domaine du travail collaboratif, l’environnement NESSIE fournit de l’awareness sur les activités. Pour cela, l’auteur distingue les indicateurs de « *task-oriented awareness* » (conscience orientée tâche) et les indicateurs de « *social awareness* » (conscience sociale) (Prinz 1999). Les premiers sont liés aux tâches (par exemple, des informations sur le statut d’un document ou un espace) et les seconds regroupent des informations concernant la présence et l’activité des utilisateurs dans l’environnement. (Gutwin 1995) définit également le concept de « *workspace awareness* » (conscience de l’espace de travail) qui correspond à des informations sur l’activité des autres utilisateurs au sein de l’espace de travail : les utilisateurs connectés, l’espace dans lequel ils travaillent, ce qu’ils font et ce qu’ils ont l’intention de faire après. L’objectif est de réduire les efforts pour la coordination des tâches et des ressources et aider les utilisateurs à collaborer.

Nous venons de présenter des indicateurs spécifiques au domaine d’application ou aux objectifs d’observation. Nous aurions pu évoquer une troisième manière de catégoriser les indicateurs : leur niveau d’abstraction. En effet, certains indicateurs sont de bas niveau tandis que d’autres sont plus élaborés. (Jaulent 2007) distingue les **indicateurs élémentaires** et les **indicateurs composites**. Les indicateurs composites, encore appelés indicateurs synthétiques sont « *des agrégats d’indicateurs individuels ou élémentaires valorisés* ».

1.3 Synthèse - Analyse

Plusieurs définitions du terme « Indicateur » viennent d'être présentées. D'une manière générale, toutes les définitions que nous avons rencontrées sont assez génériques. Elles peuvent donc s'appliquer dans notre contexte de recherche qui est l'amélioration de l'activité collaborative.

Afin d'avoir une première vision globale des indicateurs, nous avons identifié plusieurs éléments fondamentaux :

- ✧ un indicateur fait connaître l'état ou le niveau de quelque chose ;
- ✧ un dispositif (matériel, fonctionnel) est mis en place pour l'obtention de l'indicateur ;
- ✧ un indicateur facilite la compréhension et l'interprétation du phénomène observé ;
- ✧ un indicateur va engendrer (de manière implicite ou explicite) des actions dans l'activité ;
- ✧ un indicateur fournit des informations sur une activité, à un moment donné ou sur une longue période.

D'autre part, nous nous sommes rendu compte que très peu de travaux proposant des indicateurs utilisaient le terme « Indicateur » tout seul. En effet, selon (Voyer 2000), « *il n'existe pas de nomenclature optimale pour les indicateurs. Le choix d'une bonne nomenclature dépend plutôt de l'angle des préoccupations et des objets de la mesure et du type d'information souhaitée et disponible* ».

Nous nous sommes donc intéressés à plusieurs définitions spécifiques des indicateurs. Nous avons déterminé que la spécificité pouvait provenir du domaine dans lequel était employé l'indicateur ou de ses objectifs d'observation, les deux critères pouvant être combinés.

Selon les domaines, les activités changent et **les indicateurs impliqués n'observent pas les mêmes éléments et/ou processus**. Par exemple, les « indicateurs Web » s'intéressent principalement aux processus de recherche d'informations et aux processus de publication et de communication. En revanche, les « indicateurs d'apprentissage » concernent essentiellement les processus cognitifs et les processus d'argumentation des apprenants.

De plus, selon les objectifs d'observation, plusieurs aspects de l'indicateur peuvent varier :

- ✧ **la forme de l'information représentée** (brute ou relative) ;
- ✧ **la temporalité** (observation statique ou variant dans le temps) ;
- ✧ **les interactions avec le processus** (implicites/explicites, spontanées/programmées);
- ✧ **la nature de l'observation qui est fournie** (description ou évaluation d'un phénomène).

Par exemple, les « indicateurs d’état ou de statut » fournissent des informations brutes tandis que les « indicateurs de risque » fournissent des informations relatives. De plus, les « indicateurs de performance » résultent d’une observation de l’activité en continu tandis que les « indicateurs d’état » représentent un instant de l’activité. Enfin, les « indicateurs de mise en œuvre ou de processus » décrivent l’état d’un processus alors que les « indicateurs d’analyse de l’interaction » correspondent à une évaluation de l’activité.

1.4 Objectif de recherche n°1

Dans cette thèse, nous nous intéressons aux activités collaboratives qui peuvent être menées dans divers domaines. Plus précisément, notre problématique concerne l’amélioration de la collaboration grâce aux indicateurs. Les indicateurs sont des données plus ou moins complexes selon le contexte, les utilisateurs et le domaine. Leur interprétation peut être différente d’un utilisateur à un autre, il est important de pouvoir expliquer leur sémantique. Parmi les définitions étudiées dans ce chapitre, aucune ne correspond réellement à notre cadre de recherche. Nous devons donc définir, de manière structurée et précise, les informations qui caractérisent un indicateur de collaboration.

Pour cela, nous devons aborder une démarche similaire à celle de (Godin 2004) qui consiste à nous interroger sur les concepts de l’activité que nous souhaitons observer. Nous devons explorer les éléments (acteur, données, processus) qui rentrent en jeu dans une activité collaborative et qui seront susceptibles d’être observés par les indicateurs. Il est également fondamental de déterminer les objectifs d’observation auxquels devront répondre ces indicateurs pour l’amélioration de l’activité collaborative.

Le premier objectif lié à notre problématique est ***d’identifier ce que sont les indicateurs de collaboration***. Nous nous intéressons aux indicateurs et tout particulièrement à ceux en lien avec une activité collaborative. Dans ce contexte, nous devons clarifier quelles sont les informations qui doivent être prises en compte par un indicateur de collaboration et identifier les caractéristiques primordiales en faisant le lien avec les modèles de collaboration existants. Ce travail va nous servir notamment de cadre méthodologique pour le recueil des besoins en aidant les utilisateurs à clarifier leurs besoins et attentes.

Dans le chapitre suivant, nous apportons des éléments de réponses à cet objectif.

Chapitre 2 : DÉFINITION DES INDICATEURS - Proposition de la carte d'identité d'un indicateur de collaboration

2.1	Carte d'identité d'un indicateur de collaboration	46
2.2	Caractéristiques génériques à tous les domaines.....	47
2.2.1	Indicateurs en Chimie.....	47
2.2.2	Indicateurs Environnementaux	48
2.2.3	Indicateurs Économiques	48
2.2.4	Indicateurs pour l'Entreprise.....	49
2.2.5	Indicateurs Géographiques	49
2.2.6	Synthèse	50
2.3	Cadre d'application des indicateurs : la collaboration	52
2.3.1	Activité collaborative	53
2.3.2	Clés de réussite pour une activité collaborative	53
2.3.2.1	Engagement mutuel	54
2.3.2.2	Travail collaboratif	56
2.3.3	Éléments de l'activité collaborative à observer	58
2.3.3.1	Acteurs de la collaboration	59
2.3.3.2	Tâches/actions du processus collaboratif.....	60
2.3.3.3	Contenus des activités	62
2.4	Bilan - Carte d'Identité d'un Indicateur de Collaboration	63

Dans le chapitre précédent, nous avons exposé plus de vingt définitions (générales et spécifiques) du terme indicateur. Nous nous rendons compte qu'il s'agit d'un objet complexe qui dépend fortement du contexte dans lequel il est mis en place (par exemple le domaine de l'activité observé ou encore les besoins en observations définis).

Si nous reprenons la définition d'indicateur proposée par (Voyer 2000) : « *Un indicateur est un élément ou un ensemble d'éléments d'information significative, un indice représentatif, une statistique ciblée et contextualisée selon une préoccupation de mesure, résultant de la collecte de données sur un état, sur une manifestation observable d'un phénomène ou sur un élément lié au*

fonctionnement d'une organisation. C'est plus qu'un simple nombre, qu'une statistique ou qu'un indice ; il tend non seulement à chiffrer, à représenter mais aussi à indiquer, à donner un sens en fonction d'éléments de référence, d'un contexte ou de conditions prévalantes».

Deux points peuvent être approfondis :

- ✧ Premièrement, la définition précise que les indicateurs sont des éléments « [...] ciblés et contextualisés selon une préoccupation de mesure, résultant de la collecte de données sur un état, sur une manifestation observable d'un phénomène ou sur un élément lié au fonctionnement d'une organisation[...] ». En nous replaçant dans notre contexte de recherche, l'amélioration de la collaboration, nous devons déterminer quels sont les phénomènes observables et pour quelles préoccupations de mesure, i.e. pour quels objectifs d'observation, un indicateur est mis en œuvre.
- ✧ Deuxièmement, nous pouvons essayer d'examiner ce que sont les « [...]éléments ou ensemble d'éléments d'information significative[...] ». Il s'agit de termes très généraux qui laissent sous-entendre de nombreuses possibilités sans pour autant qu'il soit facile et intuitif de les discerner. Nous allons tenter d'identifier les éléments qui caractérisent les indicateurs et plus particulièrement les indicateurs de collaboration.

Dans ce chapitre, nous développons ce que nous appelons **la carte d'identité d'un indicateur de collaboration**. Il s'agit d'un cadre de description qui va aider le concepteur à définir les usages et les concepts représentés par de tels indicateurs. Pour cela, nous allons dans un premier temps identifier les caractéristiques génériques d'un indicateur à partir d'une étude d'indicateurs provenant de divers domaines. Puis, nous allons étudier le cadre de recherche qui nous intéresse : les activités collaboratives, afin de préciser les valeurs possibles de certaines caractéristiques propres au domaine.

2.1 Carte d'identité d'un indicateur de collaboration

Notre objectif est de définir ce que sont les indicateurs de collaboration en précisant les caractéristiques principales qui permettent de les identifier. Nous proposons de réunir ces informations dans ce que nous appelons « la carte d'identité d'un indicateur de collaboration ». Cette carte regroupe toutes les informations concernant l'indicateur qui décrivent précisément les objectifs d'observation auxquels répond l'indicateur, les phénomènes de l'activité collaborative qui sont observés et qui vont permettre de le différencier par rapport à d'autres indicateurs. Elle sera complétée tout au long de ce chapitre.

Dans un premier temps, nous retrouvons toutes les informations qui vont permettre de l'identifier et de le gérer dans l'application : son nom (**Name**), sa description (**Desc**), sa date de création et de modification (**Creation date** et **Update Date**) ainsi que son créateur et ses modificateurs (**Creator** et

Updater(s)) (cf. Figure 1). Ces attributs ne sont pas spécifiques aux indicateurs de collaborations, il s'agit d'informations que nous retrouvons pour n'importe quel indicateur.

Name :

Desc :

Creation date :

Creator :

Update date :

Updater(s) :

Figure 1 : Carte d'identité pour un Indicateur de Collaboration (v1)

Dans la partie suivante, nous allons compléter cette carte d'identité en identifiant les caractéristiques générales d'un indicateur, qui vont fournir des informations supplémentaires pour l'identification des indicateurs.

2.2 Caractéristiques génériques à tous les domaines

Pour le moment, nous nous intéressons aux indicateurs de manière globale et nous cherchons les éléments de description invariants. Il se trouve que les indicateurs sont utilisés dans de nombreux domaines d'activités. En observant les indicateurs de plusieurs de ces domaines, nous cherchons à dégager les éléments importants de description des indicateurs communs aux diverses situations. Nous avons choisi d'observer des indicateurs mis en place dans les domaines suivants : la chimie, l'environnement, l'économie, l'entreprise et la géographie. En effet, tous ces domaines font appel à des indicateurs spécifiques facilement compréhensibles et dont nous retrouvons l'utilisation dans l'actualité, la société ou la vie de tous les jours.

2.2.1 Indicateurs en Chimie

Les problèmes d'acidité jouent un rôle important dans de nombreuses réactions chimiques, c'est pourquoi la mesure du pH est souvent considérée comme nécessaire ou même indispensable pour pouvoir effectuer le contrôle des différents processus (Gaboriaud 1996). L'indicateur de pH fait partie intégrante du processus de dosage car il est utilisé tout au long de celui-ci. Il fournit des informations sur une solution et guide le chimiste dans son dosage acide-base. Il représente l'état acide de la solution à un instant donné. Cet indicateur renvoie un chiffre qui est interprété selon un seuil : de 1 à 7 la solution est acide, à 7 la solution est neutre, au-delà de 7 la solution est basique.

A travers ce domaine d'application, nous découvrons la notion de seuil. Cet indicateur renvoie une valeur graduée que le chimiste peut interpréter uniquement selon les seuils définis. Nous remarquons également que cet indicateur fournit des informations concernant l'état de la solution et non le déroulement de l'activité (du dosage ou du temps de refroidissement par exemple).

2.2.2 Indicateurs Environnementaux

La PAC (Politique Agricole Commune) a mis en place des Indicateurs Agro-Environnementaux (IAE) pour un suivi régulier des préoccupations environnementales (OCDE 1999). Ils sont utilisés principalement :

- ✧ dans les rapports sur l'état de l'environnement et sur le développement durable, pour mettre en lumière les principaux problèmes, sensibiliser le public et susciter une prise de conscience ;
- ✧ pour faciliter la réalisation des objectifs des politiques en matière d'environnement et d'agriculture écologiquement viable et évaluer l'impact de leurs actions ;
- ✧ pour effectuer des analyses prédictives à long terme des problèmes agro-environnementaux.

Ces indicateurs sont organisés en trois catégories :

- ✧ Les indicateurs relatifs à l'état : « pureté de l'eau », « texture du sol », « biodiversité »,...
- ✧ Les indicateurs relatifs aux causes agissantes : « conditions météorologiques », « croissance démographique », « politique gouvernementale »,...
- ✧ Les indicateurs relatifs aux réponses : mesures prises par les pouvoirs publics, les consommateurs ou producteurs.

Les évaluations peuvent être faites au niveau régional, national et même international.

Il est possible de représenter les indicateurs environnementaux selon différents points de vue correspondants à l'échelle géographique. La diversité d'utilisation de ces indicateurs implique la mise en œuvre d'indicateurs de nature différente. En effet, certains renvoient des états de l'activité tandis que d'autres observent les actions déployées.

2.2.3 Indicateurs Économiques

Un indicateur économique est un chiffre significatif de la situation économique pour une période donnée (Le Petit Larousse). Ces informations indiquent l'état de santé économique d'un pays.

Par exemple, le CAC 40, principal indicateur boursier français, est déterminé à partir des cours de 40 actions les plus importantes de la bourse française. Ces 40 valeurs, représentatives des différentes

branches d'activités, reflètent en principe la tendance globale de l'économie des grandes entreprises françaises et leur liste est revue régulièrement pour maintenir cette représentativité.

Globalement, les indicateurs économiques peuvent être de dimension financière (Produit Intérieur Brut) ou sociale (Taux de mortalité). Ces indicateurs fournissent des données « objectives » de la situation. Les utilisateurs sont libres de les interpréter selon une norme prédéfinie, ou encore en comparant avec une valeur antérieure de l'indicateur.

En économie l'utilisation d'indicateurs est courante. Les indicateurs économiques sont riches et diversifiés, ils s'appliquent pour des dimensions variées (sociale, industrielle). Dans ce domaine, les indicateurs représentent le plus souvent l'état ou le résultat d'un phénomène.

2.2.4 Indicateurs pour l'Entreprise

Les indicateurs peuvent être déployés pour accompagner les stratégies d'entreprise. Dans la démarche d'amélioration continue des entreprises, et dans les démarches Qualité, les indicateurs permettent de mesurer ce qui est fait et le chemin restant à parcourir.

Le CMMI (Capability Maturity Model Integrated) (Team 2001) est un modèle permettant d'accroître les performances de l'entreprise par la mise en place d'un cycle d'amélioration continue des processus et le déploiement de bonnes pratiques. Ces pratiques sont pragmatiques et leur efficacité est immédiatement mesurable grâce aux indicateurs qui interviennent sur les 5 niveaux de maturité du modèle (initial, reproductible, défini, maîtrisé et optimisé). En évaluant la qualité des activités selon différents critères, cet indicateur participe à la régulation du processus d'amélioration continue en définissant une stratégie d'entreprise liée aux points à valider. Le même genre d'évaluation est possible avec la norme ISO 9000 pour évaluer la qualité des entreprises.

Dans l'approche entreprise, les indicateurs utilisés permettent de représenter le déroulement du processus de travail dans l'entreprise et les résultats de la mise en place de ce processus, il s'agit d'indicateurs d'activité et de résultat (par exemple : chiffre d'affaire, retard sur projet). Les indicateurs fournissent des informations déjà évaluées de l'activité.

2.2.5 Indicateurs Géographiques

Dans le cadre d'une étude territoriale menée par le Cemagref² de Montpellier, des chercheurs souhaitent élaborer collectivement un document du planning spatial pour le territoire du bassin de Thau : SCOT (Schéma de Cohérence Territoriale) (Duijn 2006). Pour améliorer ce travail collectif, une

² Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement

évaluation du processus de participation est mise en place. L'objectif est de l'améliorer en évaluant les caractéristiques de la participation et non les résultats qui en découlent.

Pour cela le système propose trente-huit indicateurs. Ces indicateurs sont classés selon les informations qu'ils évaluent : le processus, le design du processus, les participants et l'environnement du processus. Par exemple, l'indicateur « représentativité » indique à quel degré les participants représentés dans le processus correspondent à la population touchée par les problèmes territoriaux.

Dans ce domaine, les indicateurs peuvent être utilisés pour évaluer comment se déroule le processus en vue de l'améliorer, il s'agit principalement d'indicateurs d'activité. Ils sont organisés selon les éléments qu'ils observent.

2.2.6 Synthèse

Le tableau 2 reprend les exemples d'indicateurs présentés dans les différents domaines et permet de mettre en avant les caractéristiques des indicateurs.

Tableau 2 : Synthèse indicateurs / domaines d'application variés

	Caractéristique(s)	Indicateur(s)
Chimie 2.2.1	<ul style="list-style-type: none"> - Valeur de l'indicateur graduée, à interpréter selon 1 seuil - Renvoie l'état de la solution - Indicateur de résultat 	<ul style="list-style-type: none"> Ind. pH = ensemble de composants réactifs qui produit un changement de couleur de la solution - Assiste le chimiste dans son dosage
Environnement 2.2.2	<ul style="list-style-type: none"> - Point de vue régional, national et/ou international - Observations des états et des actions menées 	<ul style="list-style-type: none"> Ind. agroenvironnementaux = informe de l'état actuel de l'environnement agricole et de son évolution - prise de conscience, évaluer mesures de la PAC, prévoir les évolutions
Economie 2.2.3	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensions sociales et financières - Indicateurs d'état ou de résultat 	<ul style="list-style-type: none"> CAC 40 = Indicateur boursier français, détermine l'évolution du marché - évaluation situation économique d'un pays
Entreprise 2.2.4	<ul style="list-style-type: none"> - Indicateurs d'activité et de résultat - Résultat de l'indicateur déjà 	<ul style="list-style-type: none"> CMMI = cycle d'amélioration continue des processus - Démarche qualité, mesure les pratiques et

	interprété/évalué	leur efficacité
Géographie 2.2.5	- Indicateur pour évaluer un processus : indicateur d'activité	Représentativité = indique à quel degré les participants représentés dans le processus correspondent à la population touchée par les problèmes territoriaux - analyse du réseau d'acteurs

Nous pouvons voir que certaines caractéristiques se retrouvent dans différents domaines d'application et que d'autres s'appliquent qu'à certains domaines. Parmi elles, quatre nous semble correspondre à des caractéristiques génériques qui renvoient des informations pour la description de l'indicateur :

- ✧ **Le point de vue** : dans le domaine environnemental, les indicateurs sont étudiés selon un point de vue régional, national ou international. Dans cet exemple, il précise le cadre d'observation de l'indicateur. Pour l'indicateur en géographie, les points de vue utilisés sont individuels ou collectifs.
- ✧ **La dimension** : les indicateurs économiques peuvent être organisés selon des dimensions différentes : financière et sociale. Le CAC 40 est de dimension financière tandis que le taux de fécondité est de dimension sociale.
- ✧ **La nature** : différents phénomènes d'une activité peuvent être observés : l'indicateur de pH est un indicateur de résultat tandis que l'indicateur utilisé dans le domaine géographique est un indicateur d'activité.
- ✧ **Le niveau d'interprétation** : les indicateurs n'ont pas le même niveau d'interprétation : l'indicateur de pH renvoie une information à interpréter selon une norme, tandis que les indicateurs économiques peuvent être bruts laissant libres leur interprétation et l'indicateur CMMI est déjà évalué.

Nous pouvons compléter la carte d'identité avec ces caractéristiques (cf. Figure 2).

Name :

Desc :

Creation date :

Creator :

Update date :

Updator(s) :

Point of view :

Dimension :

Nature :

Level of interpretation :

Figure 2 : Carte d'identité pour un indicateur de collaboration (v2)

Nous avons identifié l'ensemble des caractéristiques qui doivent figurer sur la carte d'identité d'un indicateur en général. A présent, nous allons étudier les aspects importants de la collaboration qui peuvent être pris en compte par les indicateurs de collaboration. En effet, le choix des indicateurs à mettre en place va dépendre du contexte de l'activité et des besoins en observations. Nous allons ainsi préciser les valeurs possibles des caractéristiques de la carte d'identité.

2.3 Cadre d'application des indicateurs : la collaboration

Dans cette partie, nous nous intéressons au cadre d'application des indicateurs : la collaboration. Qu'il s'agisse du travail ou de l'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur (CSCW ou CSCL), l'objectif global est de permettre à plusieurs participants de travailler ensemble, à travers un système informatique, pour réaliser une tâche qui peut être de différente nature (conception, management, production, apprentissage,...) (David 2007).

Ces formes de collaboration possèdent des points communs : la répartition des tâches, la notion de groupes ou les relations entre les membres. Les variations concernent généralement les profils des acteurs (élèves, tuteurs ou employés) et les types de tâches.

Dans un premier temps, nous étudions la collaboration et les éléments fondamentaux pour la réussite et le bon déroulement d'une activité collaborative. Nous nous intéressons ensuite aux principales données observables d'une activité collaborative : les acteurs, les tâches et actions du processus et les contenus. A chaque fois, nous revenons sur la carte d'identité en spécifiant les valeurs possibles des caractéristiques correspondantes.

2.3.1 Activité collaborative

Il existe de nombreuses définitions des termes « collaboration », « coopération », « coordination », « collectif » (Benali 2002, Dillenbourg 1999, George 2001, Zaibet 2006). Il est important de différencier la collaboration de la coopération. Pour (Betbeder 2003), la collaboration a lieu lorsque tous les acteurs effectuent toutes les tâches, tandis que la coopération a lieu s'il y a répartition des tâches entre les acteurs.

Dans nos travaux, lorsque que nous parlons de collaboration, nous considérons la définition au sens large : « *Collaborer c'est travailler ensemble à une œuvre commune* » (Zaibet 2006). « *La collaboration a lieu quand deux personnes ou plus communiquent et interagissent dans un but commun* » (Weiseth 2006). Il s'agit d'un processus complexe dans lequel des acteurs réalisent des tâches selon une certaine organisation et une répartition.

Pour cela, les collecticiels (ou *groupware*) désignent les systèmes informatiques qui assistent un groupe d'utilisateurs à la réalisation d'un projet commun, d'une tâche commune. La relation entre les différents participants peut être envisagée sous différents angles (David 2001). Nous pouvons ainsi vouloir réunir des personnes distantes géographiquement (bureau à côté, dans une autre ville, pays ou continent) ou ne travaillant pas en même temps (rythmes différents, emplois du temps incompatibles, décalages horaires).

D'un point de vue théorique (Ellis 1994), les collecticiels doivent permettre à un groupe d'individus de communiquer, de produire ensemble et de se coordonner (cf. Figure 3) :



Figure 3 : Trèfle fonctionnel du collecticiel (Ellis 1994)

D'une manière générale, les collecticiels apportent des solutions pour améliorer et faciliter la collaboration. C'est dans cet objectif que nous envisageons de mettre en place des indicateurs de collaboration. Dans la section suivante, nous étudions les clés de réussite d'une activité collaborative.

2.3.2 Clés de réussite pour une activité collaborative

Gérer un réseau d'acteurs évoluant de manière collaborative consiste à optimiser les échanges et la création des savoirs, en lui donnant les outils adaptés. Afin d'identifier la façon la plus pertinente de gérer une communauté, une grille d'audit des communautés a été élaborée, pour en évaluer la

maturité et fournir des axes de progrès (Archimag 2008). Le résultat final fournit une vision globale de la communauté analysée suivant quatre classes de questions :

- ✧ **Entreprise commune** : Une entité autonome avec des pratiques, des objectifs, des intérêts, etc.
- ✧ **Patrimoine partagé** : Ensemble du capital informationnel créé, adopté et mis en partage par la communauté. Ses membres peuvent créer de nouvelles connaissances à partir de situations d'interactions dans lesquelles ils se trouvent.
- ✧ **Engagement mutuel** : Rapport d'entraide entre les participants, nécessaire au partage des connaissances. Réalisation d'actions et d'opérations pour maintenir la cohérence dans une communauté de savoir.
- ✧ **Travail collaboratif** : Activités et processus coopératifs menés par les participants au sein de la communauté. L'objectif est de partager leurs connaissances et leurs expériences. Il s'agit également de méthodes et d'outils supports qui les appuient.

Dans notre contexte de recherche, nous nous focalisons sur les deux derniers points, qui concernent uniquement l'activité collaborative soutenue par un environnement informatique.

2.3.2.1 Engagement mutuel

Pour (Zaibet 2006), la collaboration suppose un engagement mutuel des participants dans un effort coordonné pour résoudre ensemble le problème. En effet, le partage de connaissances commence par la création d'un climat de confiance entre les collaborateurs. Ces derniers doivent reconnaître mutuellement leurs compétences particulières. Cette mise en confiance se construit progressivement (Archimag 2008). La probabilité de voir apparaître une action conjointe de plusieurs personnes sera quasiment nulle si ces différentes personnes ne se connaissent pas. Il faut qu'elles aient conscience de l'identité des autres et le sentiment que les autres partagent le même état d'esprit (David 2001).

D'une manière générale, lorsque des acteurs s'impliquent dans une activité collaborative, ils suivent une stratégie particulière que (Senteni 2001) appelle la stratégie du « donnant-donnant ». Cette stratégie met en évidence l'importance du choix des partenaires potentiels dans un processus de collaboration, basé sur leur réputation et sur la mise en scène sociale de leur identité.

Les indicateurs peuvent favoriser l'engagement mutuel en procurant des informations sur les acteurs et sur le groupe. Ils doivent fournir des solutions pour aider les utilisateurs à répondre aux questions suivantes :

- ✧ *Avec qui* : Quels sont les partenaires ? Par quoi peut-on les identifier, comment peut-on se faire reconnaître ? De quelle façon la réputation des participants peut-elle s'établir et servir de base au choix de partenaires intéressants ?

- ✧ *Qui fait quoi* : Comment s'établit la tâche entre les participants, la répartition des responsabilités ? Comment se mesure le gain et les coûts de la collaboration ?

Dans le domaine des sciences de gestion, ces actions sont appelées « transactions intellectuelles » (Zacklad 2000). Il s'agit d'un échange de connaissances personnelles et une prise réciproque d'engagements permettant à des acteurs individuels cognitivement interdépendants de réduire leur incertitude dans la conduite ultérieure de leur activité. Une distinction est établie entre des transactions épistémiques, centrées sur les savoirs (correspondant aux questions *Avec qui*), et des transactions relationnelles qui clarifient les engagements mutuels (correspondant aux questions *Qui fait quoi*). Une transaction intellectuelle est réalisée au moyen d'interactions langagières que l'on peut appréhender comme des actes de langage tels qu'ils ont été introduits par (Austin 1962).

Par conséquent, les indicateurs doivent reposer sur une connaissance des partenaires, des tâches, des échéances et des coûts/bénéfices associés. Par exemple, dans le premier cas d'étude, « Prendre conscience du groupe de travail et de son apport dans ce groupe », le tableau de bord renvoie un certain nombre d'informations permettant à un contributeur de connaître les typologies d'acteurs qui ont consulté le document dont il est l'auteur. Il va également pouvoir apprécier des statistiques d'utilisation qui vont l'aider à comprendre le « fonctionnement » du réseau auquel il appartient (un maximum de consultations provenant de recherches par mots clés par exemple).

Néanmoins, dans ce contexte, il faut être prudent quant au choix et à l'utilisation des indicateurs. L'engagement mutuel est d'autant plus déterminant lorsque les acteurs de l'activité ne se connaissent pas. Nous devons veiller à ce que les indicateurs soient acceptés pour favoriser la collaboration. Si nous faisons l'analogie avec les « indic » des enquêtes policières, les indicateurs ne doivent pas être perçus comme des « mouchards ». Ils doivent être à tout prix acceptés pour éviter le rejet qui irait à l'encontre de ce que nous attendons d'eux.

La notion d'engagement est essentielle à la poursuite et à l'efficacité de la collaboration. Si les connaissances échangées et les engagements pris permettent aux acteurs de se coordonner, ils contribuent aussi à la réalisation de la tâche pour laquelle ils sont structurellement dépendants.

Nous pouvons faire plusieurs constats liés à la carte d'identité d'un indicateur de collaboration (cf. Figure 4) :

- ✧ Les indicateurs qui vont soutenir l'engagement mutuel doivent s'appuyer principalement sur une observation des acteurs en les identifiant. ***Le point de vue est majoritairement individuel.***
- ✧ Ces indicateurs sont généralement des indicateurs d'awareness qui vont renvoyer des informations sur l'état de l'activité (qui fait quoi). Il s'agit alors d'indicateurs ***de nature état.***
- ✧ Comme nous l'avons précisé, les indicateurs mis en œuvre pour l'engagement mutuel s'intéresse principalement à la coordination entre les acteurs et aux interactions. Il s'agit d'indicateur de ***dimension sociale.***

- ✧ Le niveau d'interprétation n'est pas spécifique à l'objectif. Néanmoins, nous pouvons constater qu'il s'agit principalement d'indicateurs d'awareness, fournissant une observation objective de l'activité. **Le niveau d'interprétation peut donc être brut.**

Point of view : ..	Individuel.....
Dimension :	Sociale.....
Nature :	Etat.....
Level of interpretation :	Brut.....

Figure 4 : Carte d'identité pour un indicateur de collaboration (soutien à l'engagement mutuel)

Nous avons exploré l'engagement mutuel, à présent, nous nous intéressons au second point : le travail collaboratif.

2.3.2.2 Travail collaboratif

Les utilisateurs ont besoin de connaître les tâches à effectuer, leur état, pour se positionner dans l'activité elle-même. Ces informations créent chez chaque participant une conscience de groupe, qui lui permet de comprendre et mesurer l'activité et la dynamique du groupe ; de situer sa propre action au sein du groupe, et ainsi de coordonner ses propres activités avec celles des autres (Benali 2002). Dans (Archimag 2008), l'auteur parle de « réflexivité ». Selon le responsable collaboratif interrogé, les participants à un groupe de travail ont besoin de percevoir leur tâche et de se positionner par rapport aux autres.

Pour cela, dans le domaine de l'ingénierie des connaissances, (Salembier 2001) distingue la **régulation prescriptive** et la **régulation émergente** pour assister les activités collaboratives :

- ✧ La première forme vise à organiser de la manière la plus formalisée possible les interactions et la coordination entre les individus. Du point de vue de sa réalisation concrète, cette typologie d'assistance à la coopération a surtout été utilisée dans la conception de systèmes de type « *workflow* ». L'objectif principal de ce type de système est de proposer une automatisation de certains aspects du travail comme les flux de communication, de documents, les processus opératoires. Un des inconvénients est que cette approche ne prend pas en compte le caractère situé de l'action humaine. Ce point est particulièrement crucial à considérer lorsqu'on vise à instrumenter des activités collaboratives.
- ✧ La deuxième option consiste à identifier les propriétés des environnements et les processus informels qui rendent possibles la coopération et l'articulation des activités par les acteurs eux-mêmes, et à offrir un ensemble de ressources qui favorisent et facilitent leur mise en oeuvre. Dans cette optique, nous nous limitons à « médiatiser l'interaction ». Dans le cadre de l'apprentissage collaboratif, (Baker 1999) appelle cela le « *Grounding* ». Il s'agit des processus d'interactions dans lesquels des « bases communes » sont construites et maintenues pour et par les individus. Ces connaissances communes sont nécessaires pour l'exécution des tâches de production.

Chapitre 2 : DÉFINITION DES INDICATEURS – Proposition de la carte d'identité d'un indicateur de collaboration

La mise en place de ces deux types d'assistance va permettre d'avoir une connaissance la plus riche possible du processus collaboratif et ainsi de remédier aux situations problématiques. Pour compléter cela, dans son étude sur la collaboration au sein des systèmes PLM (*Product Lifecycle Management*), (El Kadiri 2008) identifie quatre catégories de causes de blocage au travail collaboratif (cf. Figure 5) : (C1) Organisationnelle, (C2) Hommes/Individus, (C3) Technique/Informatique, (C4) Collaboration/Coordination.

(C1) Organisationnelle	
C1.1: Degré de formalisation des procédures de travail	
C1.1.2: Problème de réalisabilité (faisabilité)	
C1.1.3: Rigidité / Manque de flexibilité	
C1.2: Contournement des processus	
C1.3: Problèmes d'adaptation des acteurs face aux évolutions	
C1.3.1: Instabilité des modèles de données dans le temps	
C1.3.2: Instabilité des modèles de processus dans le temps	
C1.4: Complexité de la gestion des droits d'accès	
(C2) Hommes/Individus	
C2.1: Refus d'utilisation du système	
C2.1.1: Incompétences, Manque d'expérience	
C2.1.2: Changement d'habitudes	
C2.1.3: Culture technique	
C2.1.4: Attitudes face au partage des informations	
C2.1.5: Capacités de réactivité limitées	
C2.2: Manque d'autonomie	
C2.2.1: Problème de répartition des tâches et des responsabilités	
C2.2.2: Limitation des droits d'accès	
C2.2.2.1: Niveau de confiance	
(C3) Technique/Informatique	
C3.1: Réseaux	
C3.1.1: Surcharge	
C3.1.2: Accès lourds aux réseaux des différents sites	
C3.2: Bugs répétés du système	
C3.3: Problèmes d'interfaçage avec les outils existants	
(C4) Collaboration/Coordination	
C4.1: Problèmes de coordination	
C4.1.1: Délais de réponse trop longs	
C4.2: Problèmes de communication	
C4.3.1: Crainte de perte du savoir-faire	
C4.3.2: Sentiment d'appartenance, d'exclusion	
C4.3: Outils de collaboration	

Figure 5 : Causes de blocage au travail collaboratif (El Kadiri 2008)

L'auteur propose de suivre une démarche qui revient à :

- ✧ **Construire des indicateurs de suivi** afin d'être capable d'observer et d'anticiper les problèmes de collaboration.
- ✧ **Etendre les processus collaboratifs** afin de pouvoir mettre en oeuvre des actions de déblocage des différents problèmes précédemment observés.

Selon (El Kadiri 2008), le choix d'un indicateur renvoie au choix d'une action comme moyen pertinent d'atteindre un objectif. Il faut définir les actions à engager pour atteindre un objectif et ensuite identifier les informations qui vont permettre d'évaluer le déroulement ou le résultat de ces actions. Par exemple, dans le deuxième cas d'étude, « Améliorer la productivité lors de la capitalisation de connaissances », l'indicateur mis en oeuvre va aider les acteurs du processus de validation de documents à se repérer dans le processus.

Les indicateurs vont supporter les processus collaboratifs en renvoyant des informations sur le déroulement de celui-ci et participer ainsi à leur régulation. Pour cela, il est possible d'analyser le travail collaboratif selon une approche prescriptive ou une approche émergente.

Nous pouvons alors compléter la carte d'identité d'un Indicateur de Collaboration (cf. Figure 6) :

- ✧ Le processus ainsi que les tâches seront mis en avant à travers les indicateurs. Le point de vue n'a pas vraiment d'importance. Certains indicateurs identifieront précisément les acteurs des tâches tandis que d'autres feront références aux actions sans mentionner les acteurs. Il peut **ne pas y avoir de point de vue**, ou celui-ci peut **être individuel**.
- ✧ Les indicateurs permettant le soutien du processus collaboratif sont principalement de **nature activité**. Néanmoins, la démarche proposée par (El Kadiri 2008) suppose l'utilisation d'indicateur de **nature résultat** pour pouvoir évaluer le résultat de l'activité menée.
- ✧ Il s'agit principalement d'indicateurs de **dimension action**. Ces indicateurs s'intéressent uniquement aux déroulements ou aux résultats des actions et tâches menées à travers un ou plusieurs processus collaboratif.
- ✧ Le **niveau d'interprétation** de ces indicateurs peut être **brut** et fournir une description des actions menées par les utilisateurs. Ils peuvent également fournir un Niveau d'Interprétation **gradué**. C'est le cas des indicateurs de suivi suggérés par (El Kadiri 2008), qui sont accompagnés d'informations pour leur interprétation.

Point of view : ... Individuel
Dimension : Action
Nature : Activité, Résultat
Level of interpretation : Brut, Gradué

Figure 6 : Carte d'identité pour un indicateur de collaboration (soutien au travail collaboratif)

Nous venons de voir que pour améliorer l'activité collaborative, il faut **soutenir l'engagement mutuel et faciliter les processus collaboratifs**. Dans la partie suivante, nous étudions les éléments de l'activité collaborative que nous devons observer à travers les indicateurs pour répondre à ces deux objectifs.

2.3.3 Éléments de l'activité collaborative à observer

Parmi les définitions d'une activité collaborative qui existent, nous pouvons distinguer des éléments communs à observer : **les acteurs, les tâches et actions** du ou des processus réalisés par les acteurs

et **les contenus** de l'activité collaborative elle-même. Dans les paragraphes qui suivent, nous détaillons chacun de ces éléments et mettons en avant les aspects à prendre en compte pour l'observation de l'activité par les indicateurs et complétons la carte d'identité.

2.3.3.1 Acteurs de la collaboration

Les acteurs qui participent à une activité collaborative se présentent sous deux formes : individuelle et collective (Baker 1999). Pour représenter les actions de collaboration avec un formalisme, (Martinez 2003) décrit la situation en spécifiant les groupes d'une part, et les utilisateurs ainsi que leur rôle d'autre part. En effet, dans le contexte organisationnel du travail coopératif, il est important de partir de l'individu, mais de le situer comme acteur et membre d'un groupe (David 2001). Le groupe est l'entité qui est naturellement au centre des préoccupations du travail coopératif. Les groupes peuvent être classifiés selon leur taille, le degré d'intensité des relations qui favorisent la communauté et le degré d'organisation ou de structuration du groupe. Dans une étude en science de gestion, (Zaibet 2006) distingue différentes formes de groupes de travail : les groupes sociaux, l'équipe de travail, la communauté et le réseau. Chacun des groupes fonctionne différemment en termes de relations, d'organisation, d'intérêts communs et de conscience de groupe.

Dans son étude, (Duijn 2006) analyse un réseau d'acteurs pour évaluer le processus de répartition collaborative mis en place. Dans ce contexte, il semble intéressant d'étudier les interdépendances entre les coalitions d'acteurs et non entre les acteurs eux-mêmes. Les coalitions ont souvent lieu quand les acteurs ont des intérêts, des idées ou objectifs communs (ils plaident la même cause environnementale dans cet exemple). L'évolution des interdépendances entre ces coalitions est importante pour comprendre l'évolution du processus (conflits par exemples).

De plus, dans le processus collaboratif, les acteurs ont des profils et des rôles différents (tuteurs, chercheurs et élèves dans l'apprentissage collaboratif). Le concept de rôle est capital pour comprendre les interactions qui se déroulent entre les individus. Le rôle fonde les attentes réciproques et sert à orienter les actions (David 2001). Les aspects organisationnels qui en découlent font apparaître des besoins et des droits différents. Nous retrouvons l'importance des rôles des acteurs également dans une analyse socio-cognitive des activités collaboratives de conception de logiciels en open source présentée par (Sack 2006). Deux rôles apparaissent : « *advanced* » (programmeurs expérimentés en Python), « *newbie* » (novice du langage de programmation). Dans cette situation, le travail collaboratif s'organise selon une hiérarchie (les acteurs « *advanced* » vont aider les « *newbie* » par exemple).

Lorsque des utilisateurs participent à une activité collaborative, ils sont le plus souvent identifiés en tant qu'individu ou selon leur profil (expertises, rôles,...). Les indicateurs vont permettre la représentation de leurs activités individuellement ou collectivement. Néanmoins, il se peut que certaines situations amène à devoir gérer les acteurs de manière anonyme, auquel cas tout ce qui concerne l'engagement mutuel n'est pas applicable. Par exemple, le brainstorming est une activité qui nécessite une participation de tous les acteurs au-delà de leurs rôles, l'anonymat peut favoriser la production.

Les indicateurs qui vont renvoyer des informations concernant les acteurs vont pouvoir être décrits de la manière suivante (cf. Figure 7) :

- ✧ Le **point de vue** peut être **collectif** (représentation des groupes d'acteurs) ou **individuel**.
- ✧ Pour ces indicateurs, les acteurs sont au centre de l'attention. Leur **dimension** peut être **sociale** (concerne les réseaux sociaux, rôles des acteurs dans la communauté) ou **affective** (concerne les relations entre les acteurs, leurs ressentis par rapports aux autres et/ou à l'activité).

Point of view : ...*Individuel, Collectif*.....

Dimension :*Sociale, Affective*.....

Nature :

Level of interpretation :

Figure 7 : Carte d'identité pour un indicateur de collaboration (observation des acteurs)

Nous venons de présenter une étude sur les acteurs d'une activité collaborative en vue de leur observation à travers les indicateurs. Dans la partie suivante, nous nous intéressons aux actions du processus collaboratif qui peuvent également être l'objet d'indicateurs.

2.3.3.2 Tâches/actions du processus collaboratif

Si nous reprenons la définition citée dans la section précédente : « *la collaboration a lieu quand deux personnes ou plus communiquent et interagissent dans un but commun* » (Weiseth 2006). Pour atteindre ce but commun, un processus collaboratif est mis en place. Le processus de l'activité représente le déroulement de celle-ci. Lorsque nous nous intéressons à la régulation d'une activité de collaboration, il est important d'étudier et de modéliser le processus et ses tâches afin d'intégrer facilement les indicateurs à mettre en place. Ce processus est implicite ou explicite, prédéfini ou opportuniste, rigide ou flexible.

Dans le domaine de l'apprentissage, le processus collaboratif peut être représenté sous forme d'un scénario d'activité (Ferraris 2005). Chaque activité est découpée en tâches. Il peut s'agir de tâches individuelles ou collectives et de travail synchrone ou asynchrone (George 2001, Laperrouzaz 2007). Plusieurs travaux proposent une classification des tâches comprises dans une activité collaborative. Nous avons présenté le trèfle fonctionnel du collectif (Ellis 1994) qui distingue : la **communication**, la **coordination** et la **production** (cf. Figure 3). Une autre classification proposée par (Martel 1999) reprend le trèfle et ajoute une quatrième dimension : la **régulation**. Cet espace fait référence aux tâches qui facilitent l'organisation des participants, favorisent leur engagement dans l'activité collaborative et augmentent la cohésion de groupe.

(David 2001) reprend également le trèfle fonctionnel et introduit l'espace de **conversation**. Son intersection avec les autres espaces montre que cette activité peut être étroitement liée aux tâches de coordination et de production. La partie disjointe indique le caractère libre de cette activité. En

Chapitre 2 : DÉFINITION DES INDICATEURS – Proposition de la carte d'identité d'un indicateur de collaboration

revanche, selon lui, l'espace de communication n'a pas d'existence propre, il s'agit uniquement d'un support aux activités de production et de coordination. L'espace de conversation permet aux participants de dialoguer sans échanger des données persistantes. Il s'agit d'une activité informelle qui peut être réalisée de différentes manières, synchrone ou asynchrone, textuelle, orale ou visuelle.

(Weiseth 2006) propose également une classification des tâches collaboratives avec une vision uniquement tournée vers le travail collaboratif (l'aspect engagement mutuel n'est pas pris en considération). Il distingue trois catégories :

- ✧ **Coordination** : regroupe les tâches de planning, de standardisation, d'ajustement mutuel.
- ✧ **Prise de décision** : regroupe les tâches de choix, d'analyse et d'évaluation, de rapport et de surveillance.
- ✧ **Production** : recherches, publications, mails.

(Pinelle 2003), quant à lui, propose une classification des tâches du processus collaboratif en s'intéressant uniquement à l'accompagnement du processus de production (tout ce qui concerne l'engagement mutuelle et la régulation émergente) :

- ✧ **Communication** : regroupe les communications explicites (messages écrits, parlés) et la collecte d'informations : l'awareness basique, les retours visuels ;
- ✧ **Coordination** : regroupe les partages d'accès (temps, espaces, objets), et les transferts de données.

Nous retenons qu'il est possible de classer de différentes manières les tâches d'un processus collaboratif, l'intérêt est d'ensuite utiliser cette classification pour améliorer le processus grâce aux indicateurs.

Les indicateurs qui s'intéressent aux processus collaboratifs vont pouvoir être décrits à travers la carte d'identité de la manière suivante (cf. Figure 8):

- ✧ Cette fois-ci, le déroulement du processus, l'enchaînement et la description des tâches sont primordiales. Ces indicateurs peuvent être caractérisés par une ***nature activité***.
- ✧ Parmi les catégorisations des tâches proposées dans les différents travaux, les ***dimensions*** concernées par les indicateurs vont être ***sociale*** (informations sur les tâches de communications et de coordinations) ou ***action*** (information concernant les tâches de production et de prise de décision par exemple).

Point of view :
Dimension : <i>Sociale, Action</i>
Nature : <i>Activité</i>
Level of interpretation :

Figure 8 : Carte d'identité pour un indicateur de collaboration (observation des actions)

Nous avons étudié les acteurs et les actions d'une activité collaborative en vue de leur observation à travers des indicateurs. Dans la section suivante, nous approfondissons les contenus de l'activité qu'il peut être intéressant de suivre à travers les indicateurs.

2.3.3.3 Contenus des activités

Si nous reprenons les divers types de tâches que regroupe une activité collaborative, les contenus manipulés durant une activité collaborative peuvent être les produits de l'activité et les contenus des échanges entre les acteurs.

Par exemple, dans le domaine de recherche appliqué dans cette thèse, le Knowledge Management, le produit de l'activité collaborative est un document. Il peut s'agir de rapports, de modèles, de synthèses ou de comptes-rendus. D'une manière générale, ce qui va intéresser les utilisateurs est le cycle de vie des produits (évolutions des versions, consultation, suppression,...). Dans l'un des systèmes de co-rédaction étudié par (Dourish 1992), un document passe par plusieurs états (brouillon, avancé, validé). Pour cela, plusieurs phases se succèdent : génération et collection d'idées, initiation de la production de texte, commentaires et révisions.

Les indicateurs qui s'intéressent aux contenus de l'activité collaborative doivent pouvoir renvoyer des informations concernant le cycle de vie du produit (son historique) et concernant son état. Par exemple, dans le domaine de l'Engineering Design, (Beylier 2007) propose un indicateur de maturité qui permet d'évaluer (selon des normes prédéfinies) le niveau de maturité d'un document. Le calcul de cet indicateur repose sur l'observation des actions menées sur le document tout au long de son cycle de vie.

De plus, nous avons vu que les interactions en dehors du processus de production sont indispensables au bon déroulement de l'activité collaborative dans son ensemble. Les contenus des échanges vont permettre d'observer ces aspects. Pour cela, il existe des travaux qui proposent des indicateurs pour l'analyse des interactions au sein d'une activité collaborative (May 2007). Le plus souvent, les approches mises en place utilisent la théorie des actes de langage pour l'analyse du discours. L'acte de langage peut être vu comme une unité de discours (pour étudier la séquenciation des illocutions) ou comme un acte illocutoire (relatif à des intentions) (Brassac 1992).

Deux types de contenus sont intéressants pour l'observation de l'activité collaborative : les produits de l'activité et les contenus des interactions entre les acteurs. Les indicateurs doivent permettre l'observation de l'état et des actions et interactions concernant ces éléments.

A ce moment-là, les indicateurs qui s'intéressent aux contenus de l'activité peuvent être caractérisés de la manière suivante (cf. Figure 9) :

- ✧ Cette fois-ci l'état du contenu ou les actions menées en lien avec les contenus vont être observés. Ces indicateurs peuvent être caractérisés par une **nature état ou activité**.
- ✧ L'approche centrée-contenus pourra être représentée par une **dimension contenu**.

Point of view :
Dimension : Contenu
Nature : Etat, Activité
Level of interpretation :

Figure 9 : Carte d'identité pour un indicateur de collaboration (observation des contenus)

2.4 Bilan - Carte d'Identité d'un Indicateur de Collaboration

Dans le cadre de cette thèse, nous visons l'amélioration de la collaboration grâce aux indicateurs. Nous considérons que la collaboration a lieu lorsque deux personnes ou plus communiquent et interagissent dans un but commun. Pour cela, la notion d'engagement mutuel et le support au travail collaboratif sont essentiels à la poursuite et à l'efficacité de la collaboration. Les indicateurs qui vont soutenir les activités collaboratives doivent permettre l'observation des acteurs (profils, rôles, connaissances), des actions réalisées (déroulement, résultat, temporalité) et des contenus de l'activité (productions issues du travail collaboratif et échanges entre les acteurs).

Maintenant que nous avons étudié le contexte d'application des indicateurs de collaboration, nous pouvons compléter la **Carte d'Identité d'un Indicateur de Collaboration** en spécifiant les valeurs possibles pour les différentes caractéristiques (cf. Figure 10) :

- ✧ Pour l'analyse des interactions dans les forums éducatifs, (Dimitracopoulou 2006) propose quatre points de vue différents à partir desquels nous pouvons observer les échanges des participants : individuel, de groupe, de communauté et de société. Nous avons vu que le processus d'une activité collaborative peut se décomposer en phases individuelles de travail et en phases collectives, les indicateurs doivent en rendre compte pour représenter au mieux l'activité. Nous définissons trois **points de vue** possibles : **individuel, collectif et différencié**. Les indicateurs peuvent ainsi renvoyer des informations concernant : les actions et/ou les aspects sociaux d'un individu (individuel), d'un individu par rapport à un groupe (différencié), d'un groupe (collectif), d'un groupe par rapport à une communauté (différencié) et d'une communauté (collectif).
- ✧ Observer une activité collaborative revient à étudier le déroulement des différentes tâches du processus ou scénario collaboratif. Nous en avons vu plusieurs catégorisations : communication, coordination, production, conversation, régulation et prise de décision. De plus, nous avons vu qu'il était important de pouvoir considérer

avant tout les acteurs et/ou les contenus de l'activité. Nous choisissons de distinguer quatre dimensions : **la dimension action, la dimension document, la dimension sociale et la dimension affective**. Les indicateurs de dimension action font référence au processus de l'activité collaborative (exemples : tâches réalisées, interactions) tandis que les indicateurs de dimension contenu mettent en avant les produits et contenus de l'activité collaborative. Les indicateurs de dimension sociale regroupent les informations sur l'espace de travail et les utilisateurs dans cet espace. Ils collectent également des informations sur la collaboration, la coordination du groupe et sur les réseaux sociaux qui se construisent. Les indicateurs de dimension affective représentent les informations sur l'état socio-affectif des membres du groupe d'un point de vue individuel ou de groupe. Ils vont permettre d'évaluer la motivation, l'implication (personnelle ou du groupe) et les efforts des participants, les relations de conflit, d'empathie et de confiance entre les membres.

- ✧ Comme nous l'avons vu précédemment, les indicateurs sont utilisés dans des buts différents, nous pouvons alors les classer selon la **nature** des informations observées. Nous distinguons deux groupes d'indicateurs qui vont être utilisés différemment : les indicateurs **d'impact ou de résultat** et les indicateurs **d'activité ou d'état**. Les indicateurs d'impact sont utilisés lorsque nous nous intéressons aux effets obtenus ou produits suite à une activité. Les indicateurs de résultat permettent d'apprécier le résultat d'une action. Ces indicateurs peuvent permettre de déceler des problèmes, auquel cas il faudra faire appel à d'autres indicateurs pour comprendre les problèmes survenus durant l'activité : les indicateurs d'activité. Les indicateurs d'activités et d'état sont utilisés pour observer le déroulement d'une activité en cours ou passée et les actions réalisées par les participants.
- ✧ Enfin, selon les besoins en observation qui auront été établis les indicateurs peuvent être présentés sous différentes formes. Le **niveau d'interprétation** de l'indicateur peut être **brut, gradué ou évalué**. Un indicateur brut va fournir une représentation objective du phénomène observé, laissant ainsi libre son interprétation (« la note de l'élève est 8 »). Un indicateur gradué est accompagné d'une norme pour être interprété (« l'élève à 8/10 »). L'indicateur évalué fournit à l'utilisateur des informations déjà interprétées de l'activité (« l'élève a une bonne note »).

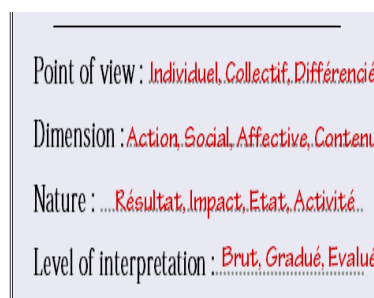


Figure 10 : Carte d'identité d'un indicateur de collaboration (caractéristiques possibles)

Chapitre 2 : DÉFINITION DES INDICATEURS – Proposition de la carte d'identité d'un indicateur de collaboration

A présent, nous reprenons l'indicateur présenté dans le cinquième cas d'étude, nommé « Adhésion à un espace », qui évalue le niveau de participation (de tous les utilisateurs dans un espace). La figure 11 illustre la carte d'identité de cet indicateur.

Name : *Adhésion à un espace*

Desc : *Evalue le niveau de participation d'un groupe*

Point of view : *Collectif*

Dimension : *Action*

Nature : *Impact*

Level of interpretation : *Evalué*

Creation date : *01/02/2009*

Creator : *egendron*

Update date :

Updater(s) :

Figure 11 : Carte d'identité de l'indicateur « Adhésion à un espace »

Nous pouvons voir dans cet exemple, que l'indicateur observe le niveau de participation des utilisateurs depuis le 1^{er} Février 2009. L'indicateur est catégorisé de la manière suivante : le point de vue sur l'activité est collectif, la dimension concerne les actions (de production de contenus) menées, il s'agit d'un indicateur d'impact et l'indicateur est à un niveau d'interprétation déjà évalué.

Nous venons d'identifier les éléments qui permettent de décrire un indicateur de collaboration. Les caractéristiques proposées permettent au concepteur de clarifier sa vision de l'indicateur. Néanmoins, il est parfois difficile de remplir ces caractéristiques car il s'agit d'un jugement personnalisé de l'indicateur. Par exemple, il est difficile de différencier les indicateurs de dimension affective et de dimension sociale car ils font tous référence aux tâches de coordination et communication en ayant une vision centrée sur les acteurs. Pour cela, l'utilisateur a la possibilité de compléter la description de l'indicateur et préciser ainsi l'objectif qu'il vise à travers l'indicateur. D'autre part, nous verrons dans le septième chapitre que la mise en place de la réutilisation d'indicateur permet d'avoir des retours d'utilisations qui renvoie des informations supplémentaires sur le fonctionnement de l'indicateur.

Dans ce chapitre, nous avons répondu au premier objectif de notre problématique en complétant la définition générique d'un indicateur (proposée par (Voyer 2000)) avec les caractéristiques qui décrivent un indicateur dans notre cadre de recherche : la collaboration.

Dans cette définition toujours, l'auteur spécifie « [...] qu'un indicateur résulte d'une collecte de données [...] ». Nous allons voir que l'obtention d'un indicateur ne se résume pas uniquement à cela, des opérations de transformations et de calculs sont nécessaires. La partie suivante est consacrée à l'ingénierie des indicateurs de collaboration.

DEUXIÈME PARTIE : INGÉNIERIE DES INDICATEURS

Dans cette partie, nous nous intéressons à la deuxième question de recherche « **Quelle ingénierie pour les indicateurs ?** ». Notre objectif est de découvrir les aspects liés à la construction des indicateurs et de proposer des solutions pour l'automatisation du processus de construction d'un indicateur. Pour cela, cette partie est composée de deux chapitres :

- ✧ Le troisième chapitre de cette thèse « **INGÉNIERIE DES INDICATEURS - État de l'art** » propose une étude générale sur l'ingénierie qui est faite des indicateurs dans les systèmes actuels. Nous nous intéressons aux sources de données permettant leur construction, au processus et aux cadres théoriques pour la conception des indicateurs. Au regard de notre problématique, nous précisons ensuite les éléments qui nous semblent importants pour construire notre proposition.

- ✧ Dans le quatrième chapitre « **INGÉNIERIE DES INDICATEURS - Proposition du patron d'un indicateur de collaboration** », nous présentons notre proposition concernant l'ingénierie des indicateurs. Notre objectif est de proposer un cadre théorique pour la conception des indicateurs. Pour cela, nous commençons par identifier les caractéristiques d'un indicateur qui sont nécessaires pour sa conception. Ensuite, nous nous interrogeons sur les besoins liés à l'ingénierie des indicateurs de collaboration puis nous proposons un langage pour leur calcul. A la fin de ce chapitre, nous représentons le « Patron d'un indicateur de collaboration », il contient toutes les informations liées à la construction d'un indicateur.

Chapitre 3 : INGÉNIERIE DES INDICATEURS - État de l'art

3.1	Sources d'informations pour la conception des indicateurs	70
3.1.1	Questionnaires	71
3.1.2	Connaissances utilisateurs	71
3.1.3	Contenus	72
3.1.4	Traces	73
3.1.5	Indicateurs.....	74
3.2	Processus d'ingénierie des indicateurs	75
3.2.1	A quel moment sont calculés les indicateurs ?	75
3.2.2	Comment évoluent les indicateurs dans les systèmes existants ?.....	76
3.2.3	Cadres théoriques pour la construction des indicateurs	77
3.2.3.1	Démarches de construction des indicateurs	78
3.2.3.2	Langage de spécification des relations entre indicateurs.....	78
3.2.3.3	Architecture SBT-IM.....	79
3.2.3.4	Patron d'Indicateur Réutilisable	79
3.2.3.5	Langage UTL-CL (Pham 2009)	80
3.2.3.6	Recommandations.....	81
3.3	Synthèse - Analyse	82
3.3.1	Sources d'informations choisies.....	82
3.3.2	Processus de construction - Eléments à retenir.....	85
3.3.3	Cadres théoriques - Eléments à retenir	85
3.4	Objectif de recherche n°2	87

Dans le premier chapitre, nous avons souligné que les indicateurs variaient selon les domaines d'activité et les besoins en observation. Les indicateurs sont des objets complexes, qui suivent, parfois implicitement, des processus de conception. Dans cette partie, nous étudions l'ingénierie qui est faite des indicateurs dans les systèmes actuels. Cette étude va nous éclairer sur les moyens à mettre en œuvre pour concevoir et calculer les indicateurs dans notre contexte de recherche.

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

D'une manière générale, les indicateurs renvoient des informations sur une activité en cours ou passée. Lorsque nous nous intéressons aux activités réalisées dans les environnements informatiques, nous pouvons distinguer différents moyens de concevoir les indicateurs. Afin d'illustrer ce constat, nous reprenons plusieurs systèmes proposant des indicateurs et nous nous appliquons à :

- ✧ identifier les sources d'informations qui peuvent être utilisées pour la conception de ces indicateurs ;
- ✧ observer les processus d'ingénierie des indicateurs ;
- ✧ étudier les travaux de recherche qui proposent des méthodes pour la conception des indicateurs (langages, cadres théoriques, cycles de conception,...).

3.1 Sources d'informations pour la conception des indicateurs

Parmi les environnements que nous avons étudiés, il existe des systèmes dont le processus de calcul des indicateurs est totalement implémenté dans la plate-forme. C'est le cas de l'outil « *iHelp* » (Brooks 2006), qui dispose de deux indicateurs d'awareness pour faciliter les interactions entre les étudiants, motiver l'exploration de l'environnement et fournir aux formateurs un retour sur l'activité (cf. Figure 12). La construction de ces indicateurs est intégrée à la plate-forme et les données utilisées ne sont pas exploitables indépendamment.

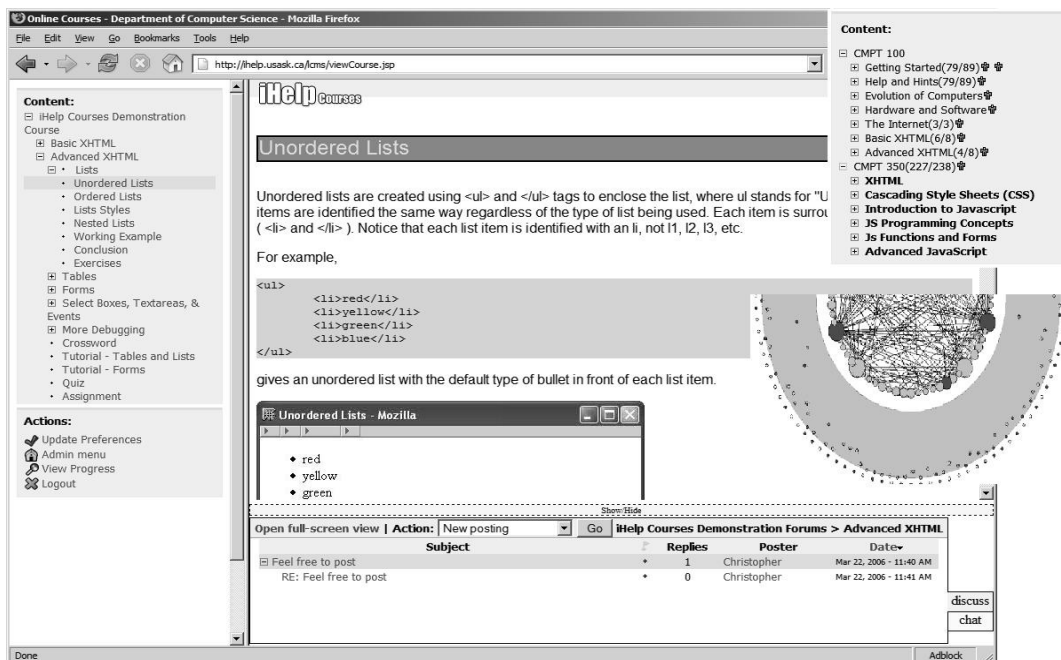


Figure 12 : Environnement iHelp (Brooks 2006)

Il existe également des systèmes dont le processus de calcul des indicateurs est plus ou moins indépendant de la plate-forme. Les sources d'informations sont alors des données identifiées. Parmi elles, nous pouvons en distinguer plusieurs formes que nous détaillerons :

- ✧ **les questionnaires ;**
- ✧ **les connaissances des utilisateurs ;**
- ✧ **les contenus de l'activité ;**
- ✧ **les traces ;**
- ✧ **les indicateurs.**

Il est possible qu'un système combine plusieurs sources de données pour obtenir les informations utiles au calcul de l'indicateur. Par exemple, (Daradoumis 2006) s'intéresse à l'évaluation des interactions dans l'apprentissage collaboratif. Pour y parvenir, des questionnaires sont proposés aux élèves et des traces d'activités sont générées. Les tuteurs exploitent ces deux sources pour comprendre et évaluer les contributions.

3.1.1 Questionnaires

Pour observer les interactions dans une activité d'apprentissage collaboratif, (Daradoumis 2006) propose un framework qui s'appuie sur une approche d'évaluation mixte. Plusieurs sources de données sont exploitées pour des analyses quantitatives et qualitatives. Notamment, des **questionnaires d'auto-évaluation** sont utilisés pour le calcul d'indicateurs de haut niveau (« *task performance* », « *group functioning* »,...). Les questionnaires d'auto-évaluation vont permettre de vérifier et compléter les indicateurs obtenus à partir des autres sources d'informations. L'outil *Sphinx* fournit aux utilisateurs des moyens pour construire et analyser des questionnaires, il est largement utilisé dans le domaine éducatif (Moscarola 1995). L'analyse peut se faire aussi bien sur des questions fermées que sur des questions ouvertes de l'enquête. Des statistiques sont ensuite générées et représentées sous différentes formes (diagrammes, tableaux,...).

Le calcul d'indicateurs basé sur des questionnaires d'évaluation ou d'auto-évaluation permet une analyse précise et qualitative de l'activité. Les questionnaires sont configurables, ils permettent de cibler les phénomènes (actions, sentiments) à observer. Néanmoins, l'utilisation de questionnaires ne permet pas de calculer des indicateurs en temps réel, les questionnaires sur l'activité sont principalement réalisés a posteriori et un travail d'interprétation des résultats est nécessaire. Ce travail d'interprétation engendre souvent un coût non négligeable et des problèmes d'objectivité.

3.1.2 Connaissances utilisateurs

Les informations nécessaires au calcul d'un indicateur doivent être techniquement accessibles. Elles peuvent être déjà disponibles dans une base de données accessible ou provenir d'autres sources, tels que des **opinions d'experts ou de collègues** (Devillers 2004).

Par exemple, pour évaluer la maturité des documents partagés dans la plate-forme KALIS (Beylier 2007), l'indicateur de maturité se définit en quatre niveaux : « *Simple storage* », « *Usefulness revealing* », « *Reliabilization* » and « *Consolidation* » (cf. Figure 13). Cet indicateur est calculé à partir des actions sur le document (modifications, consultations,...). Néanmoins, le dernier niveau ne peut être atteint qu'avec la **validation d'un expert**.

My documents			
Type	Document name	Maturity Indicator (LO-HI)	Values
Macro	ANSYS friction resistance model macro	Orange gauge	6 1 0
Macro	Fatigue combining and post-processing macro	Orange gauge	3 0 0
Calculation worksheet	Fatigue strength evaluation worksheet	Yellow gauge	3 0 0
Standard	DIN 19704 Hydraulic steel constructions - German standards (1976)	Green gauge	9 2 0
Calculation worksheet	Buckling analysis worksheet (Eurocode 3)	Orange gauge	2 0 0
Calculation worksheet	Steel structures CM66 buckling verification from ANSYS results	Red gauge	0 0 0
Standard	NF E 25-030 bolted joints standard	Yellow gauge	1 0 0

Figure 13 : Indicateur de maturité pour la plate-forme KALIS (Beylier 2007)

De même, pour comprendre et améliorer l'engagement social d'une communauté, (Millen 2002) étudie plusieurs indicateurs de social awareness. Parmi les sources d'informations exploitées, un **membre observateur** de la communauté est consulté afin de relater des informations particulières concernant les actions et communications menées en dehors de l'outil.

Le calcul d'indicateurs à partir des connaissances des experts garantit la qualité et la fiabilité de celui-ci. Cependant, cette solution implique que la mise à jour de l'indicateur est dépendante des utilisateurs porteur des connaissances et leurs activités. De plus, ce genre de proposition ne permet pas d'être exhaustif en termes de phénomènes de l'activité observés. Enfin, comme les questionnaires, lorsqu'il est question d'obtenir des informations provenant des utilisateurs il se peut que leur transcription de l'activité ne soit pas le reflet de la réalité.

3.1.3 Contenus

En fonction des activités des utilisateurs, plusieurs contenus peuvent être utiles au calcul des indicateurs. Pour mesurer les interactions d'un groupe, nous retrouvons généralement l'analyse des **contenus de forum de discussion** (Avouris 2002), de **messaging instantané** (Millen 2002) ou encore d'**échanges de mail** (Sack 2006). Ces sources d'informations facilitent la compréhension de l'organisation sociale d'un groupe, le rôle des membres de ce groupe ainsi que les types d'interactions menées (discussion, explication, apprentissage,...). Par exemple, dans le cadre de l'apprentissage collaboratif, (Daradoumis 2006) propose d'effectuer des analyses quantitatives et qualitatives. Pour cela, le tuteur examine les actions et contributions des étudiants et détermine si

elles correspondent à ce qu'il attendait. Il peut alors observer la qualité de l'aide et des supports proposés par chaque membre du groupe.

Les informations collectées dans les contenus de l'activité permettent, encore une fois, une analyse qualitative et surtout plus approfondie de l'activité. Il est toutefois difficile d'analyser du texte en langage naturel ou encore des vidéos. De plus, il est souvent impossible d'automatiser les méthodes d'analyses qui permettent de calculer des indicateurs à partir de contenus.

3.1.4 Traces

Les premiers travaux de recherche qui ont souhaité automatiser l'observation de l'activité au sein d'une plate-forme informatique se sont intéressés aux **fichiers de logs** générés automatiquement. Actuellement, ces sources d'informations sont encore utilisées pour le calcul d'indicateurs, le plus souvent couplées avec les sources citées précédemment (Millen 2002, Kaléidoscope 2006, Daradoumis 2006). Ces fichiers de logs fournissent énormément d'informations qui peuvent provenir de plusieurs sources de traçage et doivent parfois être transformés pour faciliter leur utilisation (Heraud 2005).

Depuis quelques années, de plus en plus de travaux se sont intéressés à la modélisation de l'activité d'une plate-forme sous forme d'**objets traces** ou **observables**. Les traces proviennent aussi bien des actions des utilisateurs que des actions du système (Bousbia 2007). Plusieurs modèles de la trace d'activité ont déjà été proposés (Settouti 2005, Randriamalaka 2007) et offrent des structures pour l'exploitation de ces traces.

Par exemple, la plate-forme MOODLE (cf. Figure 14) a été instrumentée de manière à générer des **traces** qui sont ensuite transformées pour le calcul d'indicateurs (Djouad 2009). Egalement, dans le cadre des jeux éducatifs, (Carron 2008) fournit un ensemble de « sondes » sur l'activité qui renvoie des **événements** stockés et utilisés pour le calcul d'indicateurs. De plus, pour l'analyse de forums de discussions dans le domaine éducatif, (May 2007) préconise d'observer les événements générés de l'outil informatique côté client et côté serveur afin de collecter l'ensemble des actions des membres du forum. Les traces sont ensuite fusionnées et transformées pour être stockées et exploitées par les tuteurs de l'activité.

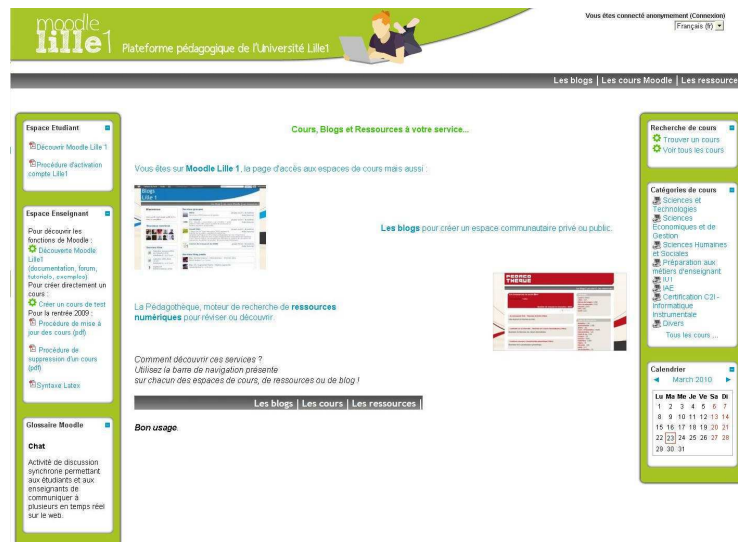


Figure 14 : Plate-forme Moodle

Dans le domaine du travail collaboratif, le système NESSIE reçoit également des événements provenant de capteurs (*sensors*) installés sur différentes plates-formes d'apprentissage (Prinz 1999). Quatre catégories de capteurs sont distinguées : « *presence sensors* », « *software sensors* », « *task and activity sensors* » et « *real word activity sensors* ».

Dans tous ces exemples, les traces sont modélisées selon un format plus ou moins structuré et adapté à leur exploitation. Il existe plusieurs niveaux d'abstraction des traces. Par exemple, (Settouti 2005) propose un SGBT (Système de Gestion à Base de Traces) qui permet de gérer les traces provenant de plusieurs sources. Pour cela, des transformations (fusion, sélection,...) peuvent être effectuées sur les traces « brutes » afin de garder uniquement les traces qui nous intéressent avec un plus haut niveau d'abstraction.

Le calcul d'indicateurs à partir de traces permet d'être exhaustif quant aux actions tracées de l'activité. De plus, leur obtention et leur interprétation peut se faire en temps réel. L'analyse a posteriori est également possible grâce aux outils de gestion des traces qui permettent leur stockage. Néanmoins, cette approche fournit une analyse uniquement quantitative de l'activité et nécessite un appareillage (pour la collecte et la gestion) ainsi que des outils ou méthodes pour l'interprétation des traces et la conception des indicateurs.

3.1.5 Indicateurs

La dernière source d'informations permettant de concevoir des indicateurs est l'**indicateur** lui-même. En effet, nous avons abordé la notion « d'indicateur composite » dans le premier chapitre. Il s'agit d'indicateurs calculés à partir d'autres indicateurs. Actuellement, il existe quelques travaux qui réutilisent les indicateurs pour en calculer de plus complexes.

Par exemple, pour observer l'apprentissage à distance, (Jaillet 2005) se base sur la théorie de l'activité et offre au tuteur un indicateur renvoyant des données tangibles sur l'implication de l'étudiant dans les travaux qu'il a réalisés et sur son degré de collaboration avec d'autres étudiants. Cet indicateur est calculé à partir de trois indicateurs élémentaires correspondants au triplet de l'activité (assiduité, disponibilité et implication). Il fait sens pour l'évaluation de l'activité uniquement en associant ces trois critères. Egalement, en gestion, les indicateurs composites permettent d'évaluer l'état ou la performance d'une activité de manière globale. Par exemple, l'indicateur « Niveau de qualité de services clients » correspond à la moyenne pondérée des résultats de quatre indicateurs élémentaires portés sur les engagements de la qualité du service client (Jaulent 2007). Enfin, pour organiser les indicateurs de performance, (Popova 2007) propose un langage de spécification qui modélise de manière précise et explicite leurs relations et leurs objectifs. Certaines relations font référence à la composition d'indicateurs : « Est déclenché par », « Est compris dans », « Est l'agrégation de », « Est indépendant ».

Les avantages et les inconvénients de l'utilisation d'indicateurs « élémentaires » comme sources d'informations pour le calcul d'indicateurs « composites » dépendent de la conception des indicateurs élémentaires eux-mêmes. Par exemple, si les indicateurs élémentaires sont conçus à partir des traces, nous pouvons à nouveau constater l'exhaustivité, le temps réel et l'appareillage coûteux de cette proposition. D'autre part, cela rend possible la réutilisation d'une partie du processus de conception. En effet, si un indicateur est basé en partie sur les mêmes traces qu'un autre, l'exploitation directe de celui-ci va éviter les redondances de calculs. Enfin, l'appareillage est encore plus lourd car il nécessite la gestion des indicateurs et de leurs relations.

Les sources d'informations que nous venons de citer ne sont pas toutes accessibles aux mêmes moments. Les questionnaires se font généralement après une activité tandis que les traces peuvent être générées pendant l'activité. Le processus de conception d'un indicateur est donc variable d'un environnement à l'autre. Dans la partie suivante, nous nous intéressons au déroulement de ce processus.

3.2 Processus d'ingénierie des indicateurs

Dans cette partie, nous étudions **à quel moment de l'activité les indicateurs sont calculés et mis à jour**. Nous allons voir que cela dépend des sources d'informations, des besoins en termes d'observation et de la puissance de l'environnement informatique.

Ensuite, nous regardons de manière globale **comment évoluent les indicateurs dans les systèmes existants** (on s'intéresse aux changements concernant la construction des indicateurs).

3.2.1 A quel moment sont calculés les indicateurs ?

Parmi les systèmes étudiés, nous identifions trois modalités temporelles de calcul des indicateurs : asynchrone, synchrone et à la demande.

Dans le cadre de l'évaluation de l'activité, les indicateurs sont le plus souvent calculés de manière **asynchrone**. Par exemple, pour les indicateurs économiques, l'évaluation de l'activité d'une année (en comparaison avec les précédentes) est réalisée lorsque celle-ci est terminée (Jaulent 2007). Pour des raisons techniques (temps de calcul élevé et coûteux), les indicateurs de l'environnement NESSIE sont également calculés en asynchrone.

En revanche, pour les systèmes d'aide à la décision, le temps réel peut être essentiel au bon fonctionnement de l'activité en cours (Devillers 2004). Pour les mêmes raisons, dans le cadre d'une activité d'apprentissage collaboratif à distance, les tuteurs ont besoin d'observer les étudiants durant l'activité de manière à intervenir dès qu'un élève semble en difficulté (Carron 2008). Les indicateurs **synchrone**s sont nécessaires dans ces situations.

Il est également possible de mettre en place les deux solutions. Par exemple, OCAF (Object-oriented Collaboration Analysis Framework) est un framework qui étudie les actions et les dialogues des acteurs. Il produit des indicateurs qualitatifs et quantitatifs. Certains sont calculés de manière synchrone et d'autres de manière asynchrone (Avouris 2002).

Enfin, nous retrouvons de systèmes qui permettent de calculer des indicateurs **à la demande**. Par exemple, (Djouad 2009) propose un outil avec lequel l'utilisateur peut calculer des indicateurs à partir des traces d'activités de la plate-forme Moodle. Ces indicateurs sont éphémères. L'utilisateur peut visualiser la valeur d'un indicateur lorsqu'il vient d'être calculé. Les valeurs ne sont pas stockées, il s'agit d'informations sur l'activité à un instant donné.

3.2.2 Comment évoluent les indicateurs dans les systèmes existants ?

L'évolution du contexte d'utilisation d'un indicateur peut parfois entraîner des modifications concernant la construction des indicateurs. Parmi les systèmes étudiés, nous avons identifié trois procédés :

- ✧ Pour l'élaboration des indicateurs, la majorité des systèmes actuels ont procédé à un recueil des besoins, ont établi une liste d'indicateurs attendus dans le système et les ont construits (Bousbia 2007, Jaillet 2005). Ces indicateurs **sont fixes, ils ont été établis le plus souvent avant l'activité, ils n'évoluent pas**.
- ✧ Nous retrouvons également des systèmes qui possèdent **une liste d'indicateurs établie à l'avance mais qu'il est possible de moduler**. Par exemple, dans le cadre de l'observation d'activité d'apprentissage, (Loghin 2008) propose le modèle FOPAM (Flexible Observation of Pedagogical Activities Model). Le tuteur peut choisir au cours d'une séance, de manière dynamique, un ensemble d'indicateurs dédiés à un objectif

d'observation particulier (par exemple, regarder les interactions entre les groupes de travail).

- ✧ Enfin, lorsqu'on souhaite examiner l'activité d'une communauté, il est possible que les besoins en observation changent parallèlement à l'évolution de la communauté. A ce moment-là, il devient nécessaire d'ajouter **de nouveaux indicateurs, parfois non identifiés** lors de la mise en place de la communauté (Sack 2006). Pour les mêmes raisons, le système d'observation fourni aux tuteurs d'une activité d'apprentissage propose la construction d'indicateurs « à la volée » (Carron 2008). Ces travaux vont encore plus loin, le tuteur peut **modifier la construction de l'indicateur**. Par exemple, il est possible qu'il ait mal estimé la difficulté d'une séance de travail et qu'il se retrouve avec un indicateur lui exposant que tous les étudiants sont en retard sur l'activité. Dans ce cas, il peut revenir sur la construction d'indicateur et augmenter le temps prévu initialement (en modifiant le seuil de déclenchement).

Les différentes modalités présentées (mode de calcul et évolution des indicateurs) font sens dans leur contexte de mise en œuvre. Néanmoins, depuis quelques années, l'accent est mis sur la modularité et la personnalisation des systèmes d'observation (Prinz 1999).

Dans cette thèse, nous nous intéressons aux indicateurs qui fournissent des informations sur une activité collaborative dans le but de l'améliorer. La configuration et la personnalisation (selon le domaine ou encore le contexte de l'activité) d'un système d'indicateurs implique l'utilisation de méthodes et cadres théoriques qui vont faciliter ces processus. Dans la partie suivante, nous étudions les méthodes, langages, frameworks, qui concernent la construction des indicateurs.

3.2.3 Cadres théoriques pour la construction des indicateurs

Dans cette partie, nous revenons sur les travaux de recherche qui proposent des cadres théoriques s'intéressant de près ou de loin à la construction des indicateurs. Pour cela, nous présentons :

- ✧ **deux démarches concernant le cycle de vie des indicateurs ;**
- ✧ **un langage de spécification des relations entre indicateurs ;**
- ✧ **l'architecture SBT-IM** (Système à Base de Trace pour calculer des Indicateurs de la plateforme Moodle) ;
- ✧ **un « Patron » d'Indicateur Réutilisable ;**
- ✧ **le langage UTL-CL** (Usage Tracking Language and Calculation Language) ;
- ✧ **quelques recommandations.**

3.2.3.1 Démarches de construction des indicateurs

(Hendrix 2004) présente une démarche intéressante de mise à jour continue des indicateurs appliquée dans le cadre des indicateurs de performance utilisés pour la surveillance épidémiologique. Elle se divise en cinq étapes :

- a. **la description de l'environnement** et du fonctionnement du réseau de surveillance épidémiologique afin d'en délimiter précisément tous les objectifs, activités et résultats attendus ;
- b. **la détermination des objectifs prioritaires des activités** de manière à définir les grandes lignes de ce qui sera retenu pour suivre l'amélioration de la performance ;
- c. **la construction des tableaux de bord** et des indicateurs de performance ;
- d. **la mise en place et le suivi** du système d'indicateurs de performance ;
- e. **l'audit et la mise à jour du système.**

La démarche de construction des indicateurs composites proposée par (Jaulent 2007) reprend les étapes 'a' et 'b' et développe l'étape 'c'. Après avoir identifié les objectifs de l'organisation à évaluer, il propose de se concentrer sur :

- d. **le choix les indicateurs individuels** (définir leurs formes et les méthodes mathématiques qui seront appliquées) ;
- e. **les transformations de ces indicateurs ;**
- f. **leur valorisation** (utilisation de pondérations).

Ces deux démarches couvrent les principales étapes du cycle de conception des indicateurs et nous confirment l'importance de la première phase de définition des indicateurs. De plus, la mise à jour continue proposée dans la première démarche s'accorde bien avec l'évolution des besoins des utilisateurs en indicateurs. Malgré cela, ces deux démarches ne nous donnent pas d'indications (outils, langages, ontologies) sur la manière de procéder pour chaque étape.

3.2.3.2 Langage de spécification des relations entre indicateurs

Lorsqu'un système informatique fournit plusieurs indicateurs, il est important de connaître les liens qui existent entre eux. En effet, si un utilisateur décide de supprimer un indicateur déjà utilisé pour le calcul d'un indicateur composite, ce dernier ne sera plus fiable et le système d'observation sera compromis. Dans les tableaux de bord d'indicateurs, et particulièrement dans les systèmes d'aide à

la décision, la cohérence entre les indicateurs est alors un élément fondamental pour une bonne utilisation.

Dans le cadre des indicateurs de performances, Popova définit un langage de spécification qui permet de décrire explicitement les relations entre les indicateurs (Popova 2007). Il identifie dix relations : « *is defined as* », « *correlated* », « *is caused by* », « *is included in* », « *is aggregation of* », « *independent* », « *divergent* », « *trade off set* », « *is costlier than* », « *minimal* ».

Ce langage assure une cohérence dans la gestion d'un système d'indicateurs. Si l'on reprend les démarches énoncées, ce langage va accompagner les utilisateurs dans les étapes de mise en place, de suivi, d'audit et de mise à jour du système d'indicateurs (étape d. et e.). Néanmoins, il ne nous permet pas de décrire les éléments de conception de l'indicateur.

3.2.3.3 Architecture SBT-IM

Dans le cadre de l'observation d'une activité d'apprentissage, (Djouad 2009) a repris l'architecture d'un système à base de traces et l'a complétée pour permettre le calcul d'indicateurs pour la plateforme Moodle. Il s'agit de l'architecture SBT-IM (Système à Base de Traces pour le calcul d'Indicateurs de la plate-forme Moodle). Cette proposition permet de dissocier de l'activité elle-même les phases de collecte de trace, de transformation et de calcul d'indicateurs. Ce qui nous intéresse tout particulièrement ici est la phase de calcul de l'indicateur.

L'auteur propose un sous-système, « **Indicator Calculus** », qui associe à chaque indicateur une ou plusieurs traces et une règle de calcul. La trace utilisée pour calculer la valeur de l'indicateur est le résultat d'une séquence de transformations. Pour obtenir la valeur de l'indicateur, une règle de calcul est appliquée sur certains éléments de la trace. Des opérations arithmétiques sont utilisées par la règle de calcul : addition, soustraction, multiplication et division.

Cette architecture permet de calculer des indicateurs à partir de traces numériques. Cette proposition permet à un utilisateur de définir et sauvegarder les opérations à mettre en place pour la conception d'un indicateur. En revanche, il n'y a pas de gestion des indicateurs mis en œuvre. En effet, les indicateurs sont calculés « à la volée », il n'y a pas de gestion, de suivi et de mise à jour des indicateurs. Seules les traces et les transformations sur ces traces sont modélisées et enregistrées.

3.2.3.4 Patron d'Indicateur Réutilisable

Pour permettre la réutilisation d'indicateurs d'analyse de l'interaction, (Diagne 2008) suggère d'utiliser un **Patron d'Indicateur Réutilisable** (PIR). Il permet de capitaliser les savoir-faire en termes de définition des indicateurs.

Un PIR est composé de quatre modules :

- a. **Descriptif** de l'indicateur ;
- b. **Problème** : objectif de régulation visé et le contexte de supervision dans lequel l'indicateur a été défini et utilisé ;
- c. **Solution** : description la fonction « indicateur » et son domaine de définition ;
- d. **Autres Patrons** définis dans le même contexte.

Encore une fois, ce qui nous intéresse tout particulièrement dans cette étude est le module Solution. Ce module contient la fonction « **indicateur** » qui décrit la construction de l'indicateur. Elle peut être formulée dans le patron en tant qu'algorithme ou formule mathématique. Cette fonction est composée de :

- l'ensemble de départ : les traces ou informations nécessaires et
- l'ensemble d'arrivée : les informations fournies par l'indicateur.

La solution est également accompagnée du descriptif de l'interprétation à donner à l'indicateur pour aider l'utilisateur final à comprendre les informations fournies par cet indicateur.

Cette fois-ci, cette modélisation de l'indicateur est assez complète : elle permet à la fois de capitaliser des informations utiles pour sa gestion (notamment la réutilisation) et décrire les opérations pour son calcul. Toutefois, la fonction « indicateur » requiert des connaissances informatiques. Si nous souhaitons mettre en place des nouveaux indicateurs (en réutilisant ou pas d'autres indicateurs), le concepteur doit être capable de comprendre et d'écrire l'algorithme de leurs calculs.

3.2.3.5 Langage UTL-CL (Pham 2009)

Le langage **UTL-CL** (Usage Tracking Language-Calculation Language) s'appuie sur le langage UTL (Usage Tracking Langage) (Iksal 2007). Ce dernier supporte la modélisation des besoins et des moyens d'observation ainsi que la construction du scénario descriptif. Ce langage permet aussi la capitalisation du savoir-faire d'observation d'une situation pédagogique.

UTL propose deux familles de données :

- les **données primaires** (*primary-datum*). Une donnée primaire n'a subi aucun prétraitement pour l'analyse, elle constitue donc la base de calcul des données dérivées. Il existe trois catégories de données primaires: la donnée brute (*raw-datum*), la donnée additionnelle (*additional-datum*), et la donnée produite (*content-datum*).
- les **données dérivées** (*derived-datum*). Une donnée dérivée est calculée ou composée des données primaires ou d'autres données dérivées. Il existe deux catégories: la donnée intermédiaire (*intermediate-datum*) et l'indicateur (*indicator*).

Chaque type de données UTL est défini par trois facettes :

- **définition** (defining) : représente les besoins en observations ;
- **acquisition** (getting) : décrit les moyens d'observation pour l'acquisition des données et
- **utilisation** (using) : définit l'utilisation des données (s'il s'agit de données calculées).

Le langage de calcul basé sur le langage UTL (UTL-CL) va faciliter la génération et la réutilisation des outils d'observation. Ce langage est composé d'opérateurs qui combinent des données primaires et dérivées pour obtenir les indicateurs correspondants aux besoins en observation des enseignants.

Il permet aux concepteurs de représenter ces besoins sous forme d'expressions de calcul. La principale syntaxe de ce langage est :

cal <Elements [as <Conditions>] > where <Data>

Le champ « Elements » correspond aux données de la facette **utilisation** qui seront calculés, le champ « Conditions » représente les tests qui doivent être vérifiés avant le calcul et le champ « Data » décrit les données qui sont nécessaires pour le calcul.

Dans ce langage, les indicateurs sont considérés comme des « données dérivées » et sont décrits avec les trois modules « définition », « acquisition » et « utilisation ». Dans l'extension proposée, il est possible de décrire la conception des indicateurs sous la forme d'expressions de calcul. D'autre part, ce langage ne mentionne aucune information concernant la gestion et le processus de conception des indicateurs. Ces travaux ayant débutés il y a peu de temps, aucun retour sur l'utilisation de ce langage pour la construction d'indicateurs n'ont été communiqués. Nous attendons des publications liés aux résultats de ces travaux pour nous intéresser à la réutilisation des aspects liés à la construction d'un indicateur.

3.2.3.6 Recommandations

A partir de plusieurs revues de la littérature, nous avons retenus particulièrement 3 recommandations concernant la construction d'indicateurs composites. Il s'agit de :

- ✧ pouvoir mettre des pondérations sur les indicateurs individuels ;
- ✧ gérer et anticiper les problèmes de fiabilité ;
- ✧ veiller à l'hétérogénéité des indicateurs individuels.

Que ce soit dans le domaine du travail ou dans le domaine éducatif, la notion de **pondération** est souvent employée pour les indicateurs composites (Daradoumis 2006). En effet, il faut permettre aux

utilisateurs de mettre des poids sur les différents indicateurs en fonction de leur importance dans le contexte d'utilisation des données (Devillers 2004).

De plus, dans son étude sur les indicateurs économiques, (Jaulent 2007) s'intéresse à la **fiabilité** d'un indicateur. Selon lui, « *plus l'indicateur composite vise large, plus il est probable que les données seront indisponibles. De même, plus les unités d'évaluation sont diverses, plus la disponibilité des données changera également* ». Si une décision est prise avec des indicateurs non renseignés (valeurs absentes), il suggère d'utiliser des méthodes pour formaliser leur imputation.

Enfin, lorsque l'on construit un indicateur composite à partir d'indicateurs individuels, il est vraisemblable que des problèmes d'**hétérogénéité** d'unités de mesure apparaissent (Jaulent 2007). Si tel est le cas, les indicateurs individuels devront être transformés et normalisés.

Tout comme les deux premières propositions de cette partie, ces recommandations sont plutôt de l'ordre de la méthodologie que de l'outil théorique. Les deux premières concernent la construction de l'indicateur lui-même et la troisième s'applique pour la gestion du système d'indicateurs dans son ensemble.

3.3 Synthèse - Analyse

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés à l'ingénierie des indicateurs qui est mise en œuvre dans les systèmes actuels. Nous avons identifié les principales sources d'informations qui peuvent être utilisées pour la conception des indicateurs. Puis, nous avons suivi les processus de construction des indicateurs afin de découvrir leur évolution. Enfin, nous avons approfondi plusieurs cadres théoriques qui traitent, de près ou de loin, la conception des indicateurs.

3.3.1 Sources d'informations choisies

Nous avons remarqué que la construction des indicateurs était parfois intégrée directement dans les environnements informatiques et que les sources d'informations n'étaient pas clairement identifiées et dissociables. D'ores et déjà, nous pouvons prétendre que cette solution ne nous convient pas. En effet, nous nous intéressons aux activités collaboratives de divers domaines, nous allons donc être amenés à utiliser plusieurs environnements informatiques. Si les sources d'informations sont intégrées à l'environnement, la création et la modification d'indicateurs vont être très coûteuses. Les sources d'informations qui seront utilisées par les indicateurs doivent être plus ou moins indépendantes de l'environnement dans lequel se déroule l'activité. Elles doivent être exploitables en tant que données.

Nous avons distingué cinq sources d'informations possibles pour le calcul d'indicateurs : les questionnaires, les connaissances des utilisateurs, les contenus de l'activité, les traces d'activité et les indicateurs eux-mêmes (cf. Tableau 3).

Les **questionnaires** vont permettre aux utilisateurs (acteurs de l'activité, observateurs) de donner leurs avis, exposer leurs compréhensions de l'activité. Ils sont le plus souvent utilisés pour compléter et/ou vérifier le résultat d'un indicateur. Il s'agit d'informations subjectives. La mise en place de questionnaires nécessite du temps de préparation et d'analyse pour le concepteur et du temps de réponse supplémentaire pour les utilisateurs.

Les **connaissances des utilisateurs**, pour les mêmes raisons que les questionnaires, sont des sources d'informations subjectives. Dans certaines situations, l'obtention de ces informations peut se faire durant l'activité. A ce moment là, ces actions peuvent aussi bien être enregistrées sous formes de traces d'activités. Dans d'autres situations, les utilisateurs sont interrogés en dehors de l'activité, et tout comme les questionnaires, du temps supplémentaire est nécessaire pour l'obtention de ces informations.

Les **contenus** de l'activité sont également une source d'informations pour le calcul d'indicateurs. Il s'agit cette fois-ci d'analyse sémantique. Ce genre de pratique est possible lorsque nous observons une activité bien précise telle que l'échange de mails ou encore les forums de discussions. Dans notre cas, les activités que nous visons regroupent toutes celles qui interviennent dans la collaboration.

Les **traces** d'activité ont d'abord été utilisées sous forme de fichiers de logs puis sous forme d'objets modélisés. Elles sont modélisées selon un format structuré et adapté à leur exploitation. Pour obtenir ces traces, l'environnement informatique est doté d'un module qui permet d'exporter les traces vers un outil qui va faciliter leur exploitation. L'avantage est que ce processus n'est pas intrusif pour les utilisateurs, il se déroule de manière transparente. Les traces peuvent être de bas niveau de compréhension (dans un format « brut » tel que les logs) ou de plus haut niveau. Celles de plus haut niveau ont subi des transformations afin de ne garder que les informations utiles et au bon format. Les traces d'activités ne vont pas permettre d'étudier les contenus d'une activité (d'un point de vue qualitatif), en revanche, elles vont permettre d'observer l'évolution des éléments de l'activité (les actions des acteurs, les modifications sur les documents, les actions menées dans un espace).

Les **indicateurs** eux-mêmes sont également des sources d'informations potentielles pour le calcul d'indicateurs composites. Cela fait sens lorsqu'un indicateur ne peut être interprété que lorsqu'il en combine d'autres. Le fait d'utiliser des indicateurs pour le calcul d'un indicateur composite évite de le recalculer entièrement à partir des traces. Les calculs déjà définis peuvent être réutilisés. Bien souvent, il s'agit d'indicateurs de haut niveau d'abstraction qui offrent une vue globale de l'activité. L'utilisateur doit pouvoir obtenir le détail du résultat de l'indicateur en observant les indicateurs qui le composent.

Tableau 3 : Sources d'informations pour le calcul d'indicateurs – Synthèse

	Type d'analyse	Objectivité	Obtention	Coût
Questionnaires	Précise, Qualitative, Paramétrable, Non exhaustive	Non	Asynchrone Non automatisée	Elevé
Connaissances des utilisateurs	Qualitative, Fiable, non Exhaustive	Non	Asynchrone Non automatisée	Faible
Contenus de l'activité	Qualitative, Approfondie	Oui	Non automatisée	Elevé
Traces numériques	Exhaustive, Quantitative	Oui	Synchrone Automatisée	Elevé
Indicateurs	Exhaustive, Quantitative	Oui	Synchrone Automatisée	Elevé

Dans notre travail, nous nous intéressons à l'élaboration d'indicateurs pour les activités collaboratives dans divers domaines. Nous avons besoin de définir le processus de construction, si possible automatique et indépendant de la plate-forme où se déroule l'activité, à mettre en place. L'utilisation de plusieurs sources d'informations est très riche mais implique bien souvent des coûts supplémentaires. La récolte des informations ainsi que les calculs des indicateurs doivent se faire de manière transparente, sans déranger les utilisateurs dans leurs activités. D'autre part, nous pensons que la récupération des contenus d'une activité est faisable lorsque l'on se focalise sur une ou deux activités, or notre souhait est d'être le plus exhaustif possible à ce sujet. Nous ne choisissons pas d'exploiter les contenus d'activité pour éviter un travail d'ingénierie conséquent pour chaque nouvelle activité rencontrée.

L'utilisation des traces d'activités semble correspondre le mieux à notre cadre de recherche. De plus, les opinions d'expert peuvent être envisagées à travers les traces. Il ne s'agit pas de récupérer le contenu d'un mail dans la trace mais pourquoi pas la valeur d'un vote effectué par un utilisateur sur un document. D'autre part, nous pensons que l'utilisation d'indicateurs composites est à approfondir dans notre contexte. Nous devons trouver un moyen d'utiliser à la fois les traces et les indicateurs dans le processus de construction.

3.3.2 Processus de construction - Eléments à retenir

Parmi les systèmes que nous avons approfondis, nous avons vu que les indicateurs pouvaient être calculés de manière synchrone, asynchrone ou à la demande. Les trois solutions se justifient par rapport au contexte d'utilisation de ces indicateurs. Dans le cadre de nos recherches, nous devons répondre aux besoins de diverses activités collaboratives. Nous allons prendre en compte ces trois procédés.

Ensuite, nous avons vu que certains environnements offraient une liste d'indicateurs établie à l'avance qu'il était impossible de modifier. D'autres permettaient de moduler la liste d'indicateurs en cours d'activité. Tandis que d'autres proposaient même la conception de nouveaux indicateurs.

D'une manière générale, les systèmes d'informations ont évolué au cours de ces dernières années et sont passés d'une approche centrée document ou processus vers une approche centrée utilisateur. C'est le cas, notamment dans le domaine de la Gestion de Connaissance. (Davenport 1998) publie une étude dans laquelle il évalue le succès de plus de cent projets, et selon lui, une approche centrée utilisateur est la clé d'un projet réussi. Le même constat est vérifié pour les tableaux de bord de gestion (Devillers 2004) : il est nécessaire de permettre aux utilisateurs de participer au processus de construction des indicateurs.

Nous devons permettre aux utilisateurs de sélectionner les indicateurs pertinents dans leur contexte ou de définir leurs propres indicateurs. Les utilisateurs ont parfois des profils, objectifs et intérêts différents. Un ensemble d'indicateurs prédéfinis doit être mis à leur disposition. Toutefois, les utilisateurs doivent être capables de voir comment sont calculés ces indicateurs, de modifier leurs procédures et si possible d'en créer de nouveaux. Les besoins des utilisateurs peuvent évoluer, les systèmes d'indicateurs personnalisables vont permettre de pallier à cela. Nous suivons une approche centrée utilisateur, nous devons donc proposer un outil d'observation basé sur des indicateurs adaptables et personnalisables pour et par les utilisateurs.

3.3.3 Cadres théoriques - Eléments à retenir

Nous venons de voir qu'il était nécessaire de fournir aux utilisateurs des moyens pour personnaliser et créer des indicateurs. Pour cela, nous nous sommes interrogés sur la conception elle-même de l'indicateur, sur les méthodes employées ainsi que les outils théoriques utilisés.

Nous avons étudié plusieurs travaux théoriques qui se sont intéressés à la construction des indicateurs dans différents domaines. L'objectif était d'avoir le maximum de références sur lesquelles appuyer nos propositions pour offrir un système permettant de concevoir tous les indicateurs dont nous aurons besoin pour les activités collaboratives, tout en respectant les aspects mentionnés précédemment (sources d'information et processus de construction). Parmi eux, nous pouvons dissocier trois propositions orientées « méthodologie » et trois propositions orientées « outil ».

Premièrement, les deux démarches de construction proposées par (Hendrix 2004) et (Jaulent 2007) nous confirment la nécessité d'une étude préliminaire de l'activité concernée par les indicateurs (i.e. la collaboration) et des objectifs d'observation de celle-ci. Il s'agit de la première étape du processus d'élaboration des indicateurs. Ensuite, les phases suivantes s'intéressent à la construction des indicateurs et tableaux de bord, à leur mise en place, leur suivi, à l'audit et la mise à jour du système. (Jaulent 2007) précise que la construction des indicateurs revient à choisir les indicateurs individuels, définir les transformations qui auront lieu sur ces indicateurs ainsi que les pondérations qui seront appliquées. Pour la conception des indicateurs de collaboration, nous devons suivre une démarche similaire en prenant soin de faire participer les utilisateurs. De plus, le langage de spécification ainsi que les recommandations offrent des éléments méthodologiques, des retours d'expériences pour la construction et la gestion des indicateurs. Certains éléments concernent uniquement les indicateurs composites (i.e. calculés à partir d'autres indicateurs).

Ces trois propositions nous semblent intéressantes et suffisamment génériques pour être appliquées dans notre cadre de recherche : l'élaboration d'indicateurs pour l'amélioration des activités collaboratives. Il s'agit de méthodes et bonnes pratiques que nous pouvons prendre en compte pour l'ingénierie des indicateurs. Cependant, il ne s'agit pas encore des outils qui permettent de construire et de gérer de manière structurée et automatiques des indicateurs dans diverses activités collaboratives.

A présent, nous reprenons les trois propositions orientées « outils » : l'architecture SGBT-IM (Djouad 2008), le Patron d'indicateur (Diagne 2009) et le langage UTL-CL (Pham 2009). Nous mettons en évidence les aspects liés à la description des calculs des indicateurs et les éléments rentrant en compte pour la gestion de la conception (cf. Tableau 4) :

- ✧ Le module « Indicator Calculus », de l'architecture SGBT-IM, propose d'effectuer des transformations sur les traces et d'appliquer une fonction arithmétique pour obtenir un indicateur.
- ✧ La partie « Solution » du Patron d'Indicateur Réutilisable contient la fonction « indicateur » et son domaine de définition. Globalement, cette fonction est composée de deux ensembles : les traces ou informations nécessaires au calcul de l'indicateur, et les informations fournies par l'indicateur.
- ✧ Le langage UTL-CL est composé d'opérateurs qui permettent de combiner traces et indicateurs. La syntaxe de ce langage met en avant trois composants : les données qui seront calculées, les tests qui doivent être vérifiés avant le calcul de l'indicateur et les données nécessaires pour le calcul.

Ces trois propositions soulignent deux aspects essentiels pour le calcul d'indicateurs. Le premier est que nous devons définir et décrire les données nécessaires au calcul d'un indicateur. Pour cela, des transformations sont possibles, des tests peuvent également être mis en place. Le second est que nous devons déterminer le résultat attendu : sa « forme » ainsi que les méthodes ou opérations qui permettent de l'obtenir. Le fait de décrire les données (traces d'activités et opérations) utilisées va permettre d'automatiser le processus d'élaboration des indicateurs et faciliter leur réutilisation.

Tableau 4 : Outils pour la construction des indicateurs – Synthèse

	Calcul/Conception	Gestion / Mise à jour
Architecture SBT-IM (Djouad 2008)	<i>Module « Indicator Calculus » :</i> - description des transformations à partir des traces (filtrage, opérations) - exécution fonction arithmétique	- A la volée uniquement - Indicateur non modélisé - Sauvegarde des transformations
Patron Indicateur Réutilisable (Diagne 2009)	<i>Fonction « indicateur », sous forme d'algorithme :</i> - ensemble de départ (traces) - ensemble d'arrivée (informations fournies par l'indicateur)	- Mise à jour non mentionnée - Réutilisation - Indicateur modélisé par le PIR
UTL-CL (Pham 2009)	<i>Expression de calcul :</i> - conditions de départ - éléments utilisés pour le calcul - méthodes exécutées	- Mise à jour non mentionnée - Indicateur modélisé en tant que donnée dérivée (langage UTL)

3.4 Objectif de recherche n°2

Toutes ces solutions nous semblent intéressantes dans le cadre de nos travaux de recherche. Notre solution doit permettre la construction d'indicateurs à partir de traces d'activités ou d'autres indicateurs de manière automatique. De plus, nous devons tendre vers un framework qui regroupe les différents concepts évoqués pour la description du calcul des indicateurs et insister sur la gestion du processus d'ingénierie des indicateurs (mode de conception et temporalité concernant le calcul et la mise à jour des indicateurs).

Le second objectif lié à notre problématique est d'automatiser le processus de construction de manière à pouvoir le reproduire pour chaque nouvelle activité dans laquelle nous souhaitons mettre en place des indicateurs. Pour cela, nous devons **identifier tous les éléments liés à l'ingénierie des indicateurs et proposer un langage de calcul d'indicateurs permettant de décrire les opérations effectuées pour générer un indicateur**. Ce langage doit couvrir l'ensemble des indicateurs identifiés lors de recueil de besoins ainsi que ceux issus de la littérature.

Notre proposition est présentée dans le chapitre suivant.

Chapitre 4 : INGÉNIERIE DES INDICATEURS - Proposition du patron d'un indicateur de collaboration

4.1	Caractéristiques d'un indicateur liées à sa construction	90
4.1.1	Type.....	92
4.1.2	Structure	93
4.1.3	Calcul.....	94
4.2	Processus de calcul des indicateurs	94
4.2.1	Besoins pour l'ingénierie des indicateurs.....	94
4.2.1.1	Objets dynamiques	94
4.2.1.2	Des traces aux indicateurs.....	95
4.2.1.3	Relations n-n entre données et résultats	95
4.2.1.4	Explication du résultat et traçabilité.....	96
4.2.2	Etudes des propositions actuelles.....	96
4.2.3	Notre choix : Les systèmes à base de règles	99
4.3	Langage de calcul des indicateurs	100
4.3.1	Description de la base de connaissance : les faits.....	100
4.3.1.1	Applicabilité	100
4.3.1.2	Application.....	101
4.3.1.3	Syntaxe des éléments de la base de fait.....	101
4.3.2	Description de la base de connaissance : les règles.....	106
4.3.2.1	Partie condition	106
4.3.2.2	Partie action.....	109
4.3.3	Synthèse	114
4.4	Bilan – Patron d'un indicateur de collaboration	115

L'analyse réalisée dans le chapitre précédent a permis de définir nos objectifs concernant l'ingénierie des indicateurs. Dans notre travail, nous nous intéressons à l'élaboration d'indicateurs pour les activités collaboratives dans divers domaines. Nous avons besoin de définir le processus de

construction, si possible automatique et indépendant de la plate-forme dans laquelle se déroule l'activité. De plus, nous souhaitons suivre une approche centrée-utilisateur pour la conception des indicateurs pour permettre aux utilisateurs de définir eux-mêmes leurs propres indicateurs. Naturellement, un ensemble d'indicateurs prédéfinis doit tout de même être mis à leur disposition. Toutefois, afin de comprendre les valeurs renvoyées par les indicateurs, les utilisateurs doivent être capables de voir comment ils sont calculés, de modifier leurs méthodes de construction et si possible, d'en créer de nouveaux.

Afin de bien comprendre, reprenons le cinquième cas d'étude qui illustre ces besoins. Dans un environnement collaboratif de gestion de connaissances, l'administrateur met en place une stratégie pour le déploiement d'une nouvelle activité avec de nouveaux acteurs. Il est amené à observer l'activité selon différents points de vue pour l'interpréter et la réguler si besoin. Les indicateurs vont l'assister dans cette tâche. Ils vont lui permettre d'observer l'impact de ses actions de communication sur l'activité des différents groupes. L'indicateur « Adhésion à un espace » va l'aider à évaluer l'implication des participants dans la nouvelle activité. Cet indicateur est construit à partir des traces de connexion et de contribution des utilisateurs. Le résultat est une valeur hebdomadaire, que l'administrateur visualise sous forme de graphique. Il peut à tout moment décider de modifier l'indicateur.

Notre objectif, dans ce chapitre, est de proposer un cadre théorique pour l'ingénierie des indicateurs qui satisfasse tous ces besoins. Pour cela, nous commençons par identifier les caractéristiques d'un indicateur qui sont nécessaires pour sa conception. Ensuite, nous nous interrogeons sur les besoins liés à l'ingénierie des indicateurs de collaboration puis nous proposons un langage pour leur calcul. Toutes ces informations sont regroupées dans ce que nous appelons le « Patron d'un indicateur de collaboration ».

4.1 Caractéristiques d'un indicateur liées à sa construction

A travers les propositions étudiées dans le chapitre précédent, nous avons mis en évidence deux aspects essentiels pour le calcul d'indicateurs. Premièrement, nous devons déterminer quelles sont les données nécessaires au calcul d'un indicateur : nous avons établi qu'un indicateur pouvait être calculé à partir de traces et/ou d'indicateurs. Deuxièmement, il est nécessaire de décrire les opérations qui vont permettre l'obtention de la valeur de l'indicateur (transformations de traces, méthodes de calcul,...). De plus, parmi les indicateurs présentés dans les différents cas d'étude, nous nous rendons compte qu'ils ne se présentent pas de la même manière, qu'ils ne sont pas du même type. Cela implique que des traitements différents doivent être effectués pour l'obtention du résultat de l'indicateur.

Dans le cadre du projet européen Kaléidoscope (Kaléidoscope 2006), une modélisation d'un indicateur pour l'analyse des interactions a été proposée (cf. Figure 15). Cette modélisation regroupe tous les attributs d'un indicateur concernant aussi bien sa définition, sa construction que sa

visualisation. L'indicateur est décrit par son nom et un ensemble de concepts tels que l'objectif de l'indicateur, un champ de validité, sa valeur et la forme que peut prendre la valeur. De plus, les informations concernant l'utilisation de l'indicateur (qui va l'utiliser et quand) sont fournies. Nous retrouvons également la description des éléments utilisés pour la construction de l'indicateur : les données d'interaction à partir desquelles est calculé l'indicateur et les méthodes d'analyse de ces données.

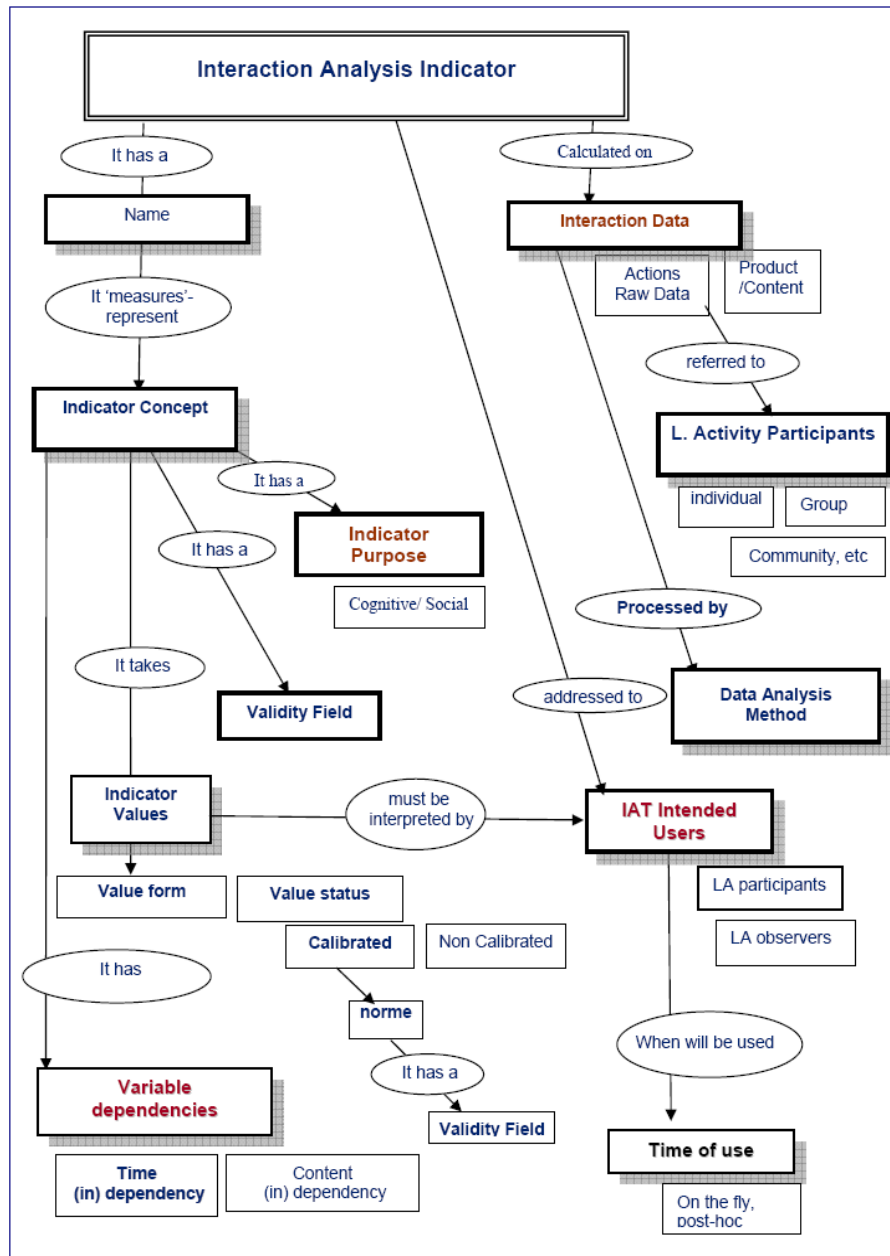



Figure 15 : Modélisation d'un indicateur pour l'analyse des interactions (Kaléidoscope 2006)

Dans ce chapitre, nous nous intéressons uniquement aux éléments qui caractérisent un indicateur en vue de sa construction. Parmi ceux proposés, nous retenons donc la forme de la valeur ainsi que les méthodes et données utilisées pour le résultat.

Les caractéristiques d'un indicateur qui nous semblent intéressantes pour sa conception sont par conséquent : son *type*, sa *structure*, et les *processus de calculs appliqués*. Nous proposons de réunir ces informations dans ce que nous appelons « *le patron d'un indicateur de collaboration* ». Ce patron est en quelque sorte le « squelette » de l'indicateur que nous « habillerons » différemment selon l'instanciation finale (contexte et visualisations) (cf. Figure 16).

 **Type :**
→ *attributs du type*

Structure:

Règle(s) de calcul associées:

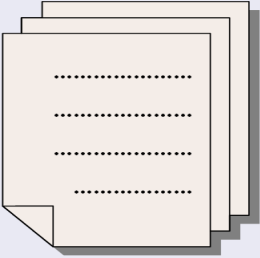


Figure 16 : Patron d'indicateur de collaboration

4.1.1 Type

Au sens mathématique, un indicateur est une variable typée. Pour l'analyse de l'interaction dans les forums éducatifs, les indicateurs sont regroupés selon deux grandes catégories (Dimitracopoulou 2006) : **les types numériques et alphanumériques et les types structurés.**

- ✧ **Les types numériques et alphanumériques** sont les plus utilisés dans les environnements collaboratifs : le coût de sa construction est faible (calcul, pourcentages à partir de traces), le niveau d'abstraction est moindre (facilite la compréhension et l'interprétation des utilisateurs), la visualisation est simple. De plus les types d'indicateurs numériques relèvent souvent de calculs mathématiques, leur fiabilité est donc élevée. Parmi les indicateurs que nous avons étudiés, nous retrouvons les indicateurs de type **Nombre** et **Seuil**. L'indicateur de type Nombre renvoie une information brute de l'activité tandis que l'indicateur à seuil évalue un aspect de l'activité selon une norme (Jaulent 2007). Cette norme est définie pour l'indicateur et peut varier selon le contexte.

Exemples.

Dans le premier cas d'étude, les indicateurs élémentaires « Nombre de consultations » et « Nombre de pushes » renvoient le nombre total de lectures et de mails de pushes générés par document. Il s'agit d'informations brutes et objectives. Ces indicateurs sont de type Nombre.

Dans le troisième cas d'étude, l'indicateur « Niveau de communication » est de type Seuil. Il renvoie au tuteur une évaluation des interactions dans le chat et dans le forum selon les normes qu'il aura prédéfinies (par exemple, faible, convenable, élevé).

- ✧ **Les types structurés** sont des types d'indicateurs plus évolués. Ils peuvent être utilisés pour comparer ou évaluer une situation. Parmi les indicateurs étudiés dans le cadre de cette thèse nous retrouvons les indicateurs de type **Tableau** et **Intervalle Discret**. Les indicateurs de type Tableau permettent de renvoyer des informations facilitant la comparaison entre différents éléments de l'activité (espace, groupe, acteur). Les indicateurs de type Intervalle Discret évaluent des données dans le temps et permettent d'observer leurs variations.

Exemples.

Parmi les indicateurs élémentaires composant le tableau de bord du premier cas d'étude, les indicateurs « Rôles et groupes des lecteurs » et « chemins d'accès » sont de type Tableau. Pour chaque document, ils permettent respectivement de compter les consultations par rôles et groupes des acteurs et de compter les consultations en fonction du chemin d'accès au document.

L'indicateur « Adhésion à un espace », illustré dans le cinquième cas d'étude est de type Intervalle Discret. L'intérêt de cet indicateur est de pouvoir observer son évolution dans le temps et après les actions de communications notamment.

4.1.2 Structure

Dans nos travaux, nous distinguons deux formes d'indicateur : l'indicateur **élémentaire** et l'indicateur **composite**. Un indicateur élémentaire est construit à partir de traces obtenues grâce à une ou plusieurs transformations (sélection, réécriture de motifs, fusion temporelle), sur lesquelles des calculs sont exécutés pour obtenir une valeur à l'indicateur. L'indicateur composite, comme son nom l'indique est obtenu à partir d'autres indicateurs. Deux cas de figures sont possibles : soit l'indicateur composite est une agrégation d'autres indicateurs, soit sa valeur est construite à partir des valeurs des autres indicateurs et dans ce cas le fonctionnement est le même qu'avec des traces : des transformations permettent également de sélectionner les indicateurs nécessaires au calcul.

Pour la conception de l'indicateur, nous devons pouvoir repérer l'un ou l'autre. En effet, nous avons vu avec le langage de spécification proposé par (Popova 2008) qu'il était important de connaître les

relations entre les indicateurs. Pour cela, nous proposons de renseigner, dans le cas d'un indicateur composite uniquement, les indicateurs qui le composent et ainsi spécifier la **Structure** de l'indicateur.

4.1.3 Calcul

Les traces générées à partir de l'activité contiennent des informations bien souvent incompréhensibles ou trop volumineuses pour une exploitation directe par les utilisateurs. Des opérations sur ces traces sont nécessaires pour renvoyer ces informations sous forme d'indicateurs. Les processus de transformation et de calcul sont relativement complexes. Il ne s'agit pas d'un simple attribut qui caractérise un indicateur mais de tout un ensemble de données structurées qui représentent le processus permettant l'obtention du résultat de l'indicateur. Cela fait l'objet de la suite de ce chapitre.

4.2 Processus de calcul des indicateurs

Dans cette partie, nous revenons sur les besoins concernant l'ingénierie des indicateurs identifiés dans l'état de l'art (cf. Chapitre 3). Nous explorons ensuite plusieurs propositions pour leur conception afin de choisir celle qui convient le mieux dans notre cadre de recherche.

4.2.1 Besoins pour l'ingénierie des indicateurs

Nous avons établi la liste des principaux besoins auxquels doit répondre le système choisi pour la construction des indicateurs. Ces besoins concernent aussi bien les possibilités en termes de gestion des indicateurs durant l'utilisation du système que les méthodes de calcul déployées.

4.2.1.1 Objets dynamiques

Les objets manipulés par le système vont être principalement des traces d'activités et des indicateurs. Le système va devoir également permettre de gérer des méthodes permettant de calculer les valeurs de ces indicateurs.

Ces connaissances ne sont pas figées au lancement du système. De nouvelles traces vont sans cesse apparaître, prêtes à l'emploi pour les indicateurs. De nouveaux indicateurs vont être créés, tandis que d'autres vont être modifiés ou supprimés au fur et à mesure que les besoins des utilisateurs vont changer. Les calculs des indicateurs vont changer de la même manière. Nous avons vu dans l'état de

l'art que les systèmes d'indicateurs ayant le plus de succès étaient les systèmes modulables, permettant des modifications des indicateurs.

Le système doit être capable de prendre en compte plusieurs types de connaissances telles que les traces, les indicateurs et les calculs effectués pour l'obtention des indicateurs. Ces connaissances vont évoluer régulièrement, le système doit permettre de les modifier, les ajouter et les supprimer à tout moment.

4.2.1.2 Des traces aux indicateurs

La valeur d'un indicateur est obtenue suite à un ou plusieurs calculs sur les traces de l'activité. Nous avons constaté en étudiant différents outils pour la construction des indicateurs que le système d'indicateur devait permettre de décrire distinctement :

- ✧ les éléments utilisés pour la construction : les traces, les indicateurs et les transformations qui permettent de sélectionner les éléments pertinents pour le calcul (des transformations de filtrage par exemple) ;
- ✧ Les méthodes de calcul appliquées aux valeurs des indicateurs (somme des traces, ajout de la valeur d'un indicateur à une liste,...).

Le système doit permettre de décrire les processus de construction des indicateurs en distinguant les éléments utilisés et les méthodes de transformation et de calcul utilisées pour l'obtention de la valeur des indicateurs. Nous verrons, dans le septième chapitre, qu'il est intéressant de capitaliser ce genre d'informations pour pouvoir les réutiliser dans un autre contexte.

4.2.1.3 Relations n-n entre données et résultats

Il est possible qu'un même évènement entraîne la modification des valeurs de plusieurs indicateurs, c'est-à-dire que plusieurs indicateurs utilisent les mêmes éléments (traces ou indicateurs).

Par exemple, l'évènement « L'utilisateur jcmarty a consulté le document 'Etat de l'art sur les indicateurs' dont l'auteur est egendron le 24/05/09 » sera utilisé pour le calcul de plusieurs indicateurs élémentaires du premier cas d'étude : « Nombre de consultations » (renvoie le nombre total de consultation par documents), « Rôles et groupes des lecteurs » (liste le nombre de consultations par profils) et « Chemins ayant permis l'accès au document » (liste le nombre de consultations par chemins d'accès). Ces trois indicateurs utilisent la même trace, pour éviter de réécrire cette partie, l'identification d'un même évènement doit pouvoir modifier plusieurs indicateurs.

Le constat inverse est possible : un même indicateur peut voir sa valeur modifiée par plusieurs évènements. Par exemple, l'indicateur « Adhésion à un espace » (cas d'étude n°5) (évalue l'implication des membres d'une communauté dans un espace à partir de leurs actions) verra sa

valeur augmenter avec un coefficient plus élevé pour une trace de contribution que pour une trace de consultation. Cet indicateur nécessite deux processus de calcul car deux traitements différents seront faits selon la trace qui sera récupérée par le système.

Notre système, doit donc permettre de modifier la valeur de plusieurs indicateurs pour un évènement et inversement modifier la valeur d'un indicateur avec plusieurs évènements. Cela implique une approche dans laquelle, les traces d'activités doivent être sauvegardées pour être utilisées plusieurs fois.

4.2.1.4 Explication du résultat et traçabilité

Le quatrième et dernier besoin concerne l'explication de la valeur de l'indicateur. Dans le cadre de cette thèse, nous mettons l'accent sur une approche centrée-utilisateur. Il est important pour la compréhension et l'acceptabilité d'un indicateur que l'utilisateur ait la possibilité de comprendre le résultat de l'indicateur, de connaître les éléments qui ont permis d'obtenir la valeur d'un indicateur.

Par exemple, si l'indicateur « Niveau de communication » (cas d'étude n°3) est passé du seuil « moyen » à « bon » en une semaine, le tuteur pourra aller vérifier si cette amélioration est principalement due à une augmentation des contributions dans le forum ou des conversations dans la messagerie instantanée.

Le système doit garder en mémoire tous les évènements qui ont permis de fournir la valeur actuelle d'un indicateur. Il doit permettre la traçabilité de tous les résultats.

Dans la partie suivante, nous étudions plusieurs approches pour la conception des indicateurs au regard des besoins que nous venons de spécifier : objets dynamiques, des traces aux indicateurs, relations n-n entre données et résultats et explication du résultat et traçabilité.

4.2.2 Etudes des propositions actuelles

Nous avons vu dans le chapitre précédent, que de nombreux systèmes proposaient des indicateurs totalement intégrés dans l'application. Ces indicateurs sont élaborés uniquement dans le cadre de l'activité supportée par la plate-forme et ne peuvent pas être exploités dans un autre contexte. La plupart d'entre eux ne proposent pas d'explications concernant le résultat des indicateurs. Nous ne connaissons pas la syntaxe pour la description des calculs et les données ne peuvent pas évoluer. Le plus souvent les indicateurs sont préconçus et leur modification coûteuse. Ces systèmes ne répondent pas aux deux premiers et au dernier besoins cités (*objets dynamiques, des traces aux indicateurs, et explication du résultat*).

Parmi les travaux théoriques relatif à l'ingénierie des indicateurs étudiés dans l'état de l'art, deux proposent des outils pour la conception et la gestion d'indicateurs : l'architecture SBT-IM (Djouad 2008) et le langage UTL-IC (Pham 2009).

- ✧ Pour décrire le processus de calcul d'un indicateur, (Djouad 2008) suggère de modéliser et sauvegarder les transformations sur les traces réalisées. Le concepteur d'un indicateur peut décrire le processus de calcul entièrement (traces utilisées et fonction appliquée pour obtenir l'indicateur). De plus, les traces sont stockées lorsqu'elles sont générées, il est ensuite possible de les modifier ou de les supprimer. Il est également possible de créer de nouveaux indicateurs ou d'en modifier à tout moment. Cette proposition répond bien au premier besoin (*objets dynamiques*) et partiellement au second et au dernier (*des traces aux indicateurs et explication du résultat*). Néanmoins, cette proposition ne répond pas au troisième besoin (*relations n-n entre données et résultats*) : un seul indicateur peut être modifié à la fois.
- ✧ Le langage UTL-IC est une extension du langage UTL (Iksal 2005) pour le calcul d'indicateurs. Il propose un méta-modèle des données de l'activité qui permet de représenter des traces et des indicateurs. Pour chacune de ces données, le concepteur peut renseigner la facette « obtention » dans laquelle sont décrites les transformations pour l'obtention du résultat. Le langage permet de décrire plusieurs événements pour l'élaboration d'un indicateur. Cette proposition répond donc correctement aux deux premiers besoins (*objets dynamiques et des traces aux indicateurs*), partiellement au troisième (*explication du résultat*) et ne permet pas le dernier (*relations n-n entre données et résultats*).

Nous élargissons notre étude aux travaux de recherche qui proposent des systèmes d'observations d'activité (par forcément avec des indicateurs) : les systèmes d'observation multi-agents (Loghin 2008), les sondes de traçages (Carron 2008) et les systèmes à base de règles (Schauer 2002).

- ✧ L'approche multi-agent pour l'observation d'activité d'apprentissage est intéressante car elle permet de décrire plusieurs calculs d'indicateurs à travers les agents. Le tuteur ou l'observateur peut choisir quels agents (i.e. quels calculs) activer et désactiver et ainsi adapter le système d'observation en fonction de ses besoins. Avec cette proposition, la dynamique des objets (événements et indicateurs) est possible. L'explication du résultat l'est également si l'agent est prévu avec ce comportement. De plus, plusieurs événements peuvent être observés et utilisés par agent mais le tuteur ne peut pas modifier les opérations permettant l'obtention du résultat final. Cette proposition répond bien au premier besoin, partiellement aux trois autres.
- ✧ Dans le domaine de l'apprentissage toujours, (Carron 2008) fournit aux concepteurs d'indicateurs plusieurs sondes de traçages pour le calcul d'indicateurs d'activité. Le tuteur peut construire et configurer des indicateurs à n'importe quel moment. Cette approche renvoie les mêmes constats que l'approche multi-agents sauf que la

description du calcul est possible (deuxième besoin) : le concepteur peut choisir plusieurs méthodes de calcul pour l'obtention du résultat à partir des traces obtenues des sondes.

- ✧ Finalement, la dernière approche que nous avons étudié est les systèmes à base de règles. Ces systèmes sont composés de deux bases : les faits et les règles. Il est possible à tout moment d'ajouter, de modifier et de supprimer les éléments de ces bases. Une règle se compose de deux parties : les conditions et les actions. Les conditions regroupent les évènements déclencheurs et les actions décrivent des opérations qui vont agir sur les éléments de la base de faits. Cette approche répond correctement aux quatre besoins. Premièrement, les données de la base de faits peuvent évoluer dans le temps. Deuxièmement, la description des règles est totalement paramétrable et modulable. De plus, il est possible de décrire plusieurs éléments dans les deux parties de la règle. Ainsi plusieurs conditions peuvent engendrer plusieurs actions. Enfin, les systèmes à base de règles permettent de retracer l'historique de l'exécution de chaque règle.

Comme nous pouvons le constater dans le tableau ci-dessous, la plupart de ces propositions répondent partiellement aux besoins identifiés précédemment. Les systèmes à base de règles semblent plus adaptés pour nos travaux. Nous avons donc choisi de nous appuyer sur ce genre de système pour la conception et la gestion du processus de construction des indicateurs.

Tableau 5 : Etude de plusieurs approches pour le calcul d'indicateurs

	Evolution des connaissances	Description du processus de calcul	Liens entre événements et indicateurs	Explication du résultat
Systèmes intégrés	Non	Non	Peut-être	Non
SBT-IM	Oui	Partiellement	Partiellement	Non
UTL-IC	Oui	Oui	Partiellement	Non
Systèmes Multi-Agents	Oui	Partiellement	Partiellement	Partiellement
Sondes de traçage	Oui	Partiellement	Partiellement	Partiellement
Systèmes à base de règles	Oui	Oui	Oui	Oui

Dans la partie suivante, nous décrivons les principes et le fonctionnement des systèmes à base de règles.

4.2.3 Notre choix : Les systèmes à base de règles

D'une manière générale, un système à base de règles est un outil capable de reproduire les mécanismes cognitifs d'un expert dans un domaine particulier. Il s'agit de l'une des voies largement explorées dans le domaine de l'intelligence artificielle (Pitrat 1995). Il permet de modéliser le raisonnement d'un expert, de manipuler des connaissances sous une forme déclarative, d'en faciliter l'acquisition, la modification et la mise à jour et de produire des explications sur la façon dont sont obtenus les résultats d'une expertise (Menzies 2002).

Un système à base de règles se compose de deux parties : une base de connaissances (faits et règles) et un moteur d'inférence. Une règle est composée d'une partie prémisse (condition logique que doivent vérifier des faits) et d'une partie action (actions à opérer sur la base de faits). Des métadonnées telles que la priorité ou le contexte d'application (groupe de règles) peuvent être associées aux règles. Le moteur d'inférence est un mécanisme qui permet d'inférer des connaissances nouvelles à partir de la base de connaissances du système. Il peut fonctionner en chaînage avant ou en chaînage arrière. A chaque fois, il existe plusieurs stratégies de résolution de conflits (lorsque le système doit choisir une règle à déclencher parmi celles applicables).

Dans le cadre de cette thèse, nous utilisons les systèmes à base de règles pour le calcul d'indicateurs. Drools, le système choisi, fonctionne en chaînage avant. C'est une stratégie « axée sur les données ». Des faits sont insérés et le système va essayer de déduire toutes les conclusions possibles. Ce processus est répété jusqu'à épuisement des faits, le résultat est ensuite retourné. De plus, pour la résolutions de conflits, le système essaye toutes les règles en commençant par celle ayant le plus fort coefficient de priorité.

Les traces et les indicateurs sont considérés comme des faits, et les indicateurs peuvent être construits à partir de ces deux éléments. Les faits peuvent être modifiés à tout moment. Dans la partie condition de la règle, nous retrouvons la description des éléments utilisés pour le calcul. Dans la partie action, nous décrivons toutes les opérations pour le calcul du résultat de l'indicateur. Dès qu'une nouvelle trace est présente dans la base de faits, les prémisses de chaque règle (partie condition) sont testées et les actions sont exécutées s'il y a correspondance.

Pour générer la valeur de l'indicateur, de nombreuses données doivent être spécifiées. Par exemple, pour l'indicateur « Adhésion à un espace » (cas d'étude n°5), les traces d'activités des utilisateurs sont stockées dans la base de faits dès qu'elles sont générées. Pour ce cas, dès qu'une nouvelle trace apparaît dans la base de faits, un filtrage est effectué et sélectionne uniquement les traces correspondant à une consultation ou une contribution. Si c'est le cas, soit l'indicateur est créé et initialisé soit (s'il existe déjà) sa valeur est mise à jour.

Le système doit avoir accès aux informations concernant les traces et les indicateurs. Ces éléments sont gérés dans la base de faits. De plus, le système utilise des méthodes et des opérateurs sur les

objets manipulés pour la génération de la valeur de l'indicateur. Ces données sont décrites dans les règles de calcul.

Dans la partie suivante, nous définissons un langage pour le calcul d'indicateur qui repose sur l'approche des systèmes à base de règles. Dans le huitième chapitre, nous présenterons l'implémentation du système à base de règles déployé au sein du prototype de l'outil permettant la construction et la gestion des indicateurs de collaboration.

4.3 Langage de calcul des indicateurs

Le langage que nous proposons permet de définir les règles de calcul des indicateurs selon une approche « système à base de règles ». Nous commençons par décrire la syntaxe des éléments de la base de faits puis celle des règles de calcul.

4.3.1 Description de la base de connaissance : les faits

Dans cette partie, nous listons les éléments dont doit disposer notre système à base de règles dans la base de faits. Pour cela, nous suivons le processus de construction d'un indicateur et inspectons les besoins de chaque tâche. Ce processus peut être découpé en deux tâches consécutives qui correspondent aux deux parties d'une règle d'inférence : la définition de l'**applicabilité** de la règle et l'**application** d'opérations pour l'obtention de la valeur de l'indicateur. Pour chaque tâche, nous détaillons les objets utilisés et nous mettons en avant les éléments qui doivent appartenir à la base de faits.

4.3.1.1 Applicabilité

Dans cette première étape du processus, le système doit disposer de toutes les informations qui vont lui servir à réaliser la deuxième étape. Pour cela, il doit obtenir les éléments qui contiennent des informations sur l'activité : les traces d'activité et les indicateurs concernés (s'il s'agit de la construction d'un indicateur composite) et les attributs de ces éléments.

Il doit permettre de cibler ces éléments en précisant des contraintes sur et entre les éléments (traces et indicateurs) ainsi que sur leurs attributs. Il doit donc avoir à sa disposition des opérateurs pour décrire des contraintes sur diverses données de types variés (entier, booléen, date, texte,...).

Par exemple, pour obtenir l'indicateur « Niveau de communication » (cas d'étude n°3), toutes les traces de communication (chat, forum) doivent être utilisées. Pour chacune de ces traces, l'identifiant de l'élève doit être précisé pour que le calcul se fasse par acteur.

4.3.1.2 Application

Dans la deuxième étape, le système va calculer la valeur d'un indicateur. Il utilise pour cela certaines informations contenues dans les objets décrits ci-dessus (applicabilité) et exécute une ou plusieurs actions qui modifie la valeur de l'indicateur. Du point de vue informatique, les actions correspondent à des méthodes (calcul mathématique, transcription,...) qui prendront en arguments des éléments décrits dans la partie applicabilité et généreront la valeur d'un indicateur.

Nous avons vu dans la première partie de ce chapitre que selon le type de l'indicateur, le rendu et donc la valeur de l'indicateur variait. En effet, les opérations pour obtenir un indicateur de type Intervalle Discret et celles pour un type Nombre seront différentes. Pour cette tâche, le système a donc besoin de connaître l'indicateur pour lequel est réalisé le calcul et préciser son type.

Par exemple, L'indicateur « Nombre de consultations » (indicateur élémentaire du cas d'étude n°1) est de type Nombre, il calcule le nombre total de consultations sur un document depuis sa création. La méthode de calcul utilisée va simplement incrémenter la valeur de l'indicateur. En revanche, si l'on considère l'indicateur « Niveau de consultations » (indicateur élémentaire du cas d'étude n°4) de type Seuil qui fait correspondre le nombre de consultations sur un document avec un ensemble de seuils prédéfinis, la méthode de calcul sera différente : la valeur de l'indicateur est incrémentée et le seuil correspondant à cette valeur est renvoyé (le seuil est le résultat de l'indicateur).

Pour générer la valeur d'un indicateur à partir de traces d'interactions, nous retenons que le système doit avoir accès aux traces, aux indicateurs et au type de l'indicateur dont nous cherchons à calculer la valeur. Ces éléments sont contenus dans la base de faits.

Il doit également utiliser des opérateurs pour décrire des transformations sur les objets manipulés et des méthodes de calcul afin d'obtenir la valeur de l'indicateur. Ces éléments sont décrits à travers les règles de construction.

4.3.1.3 Syntaxe des éléments de la base de fait

Dans cette partie, nous décrivons la syntaxe³ des éléments de la base de faits : les traces et les indicateurs.

- **Trace**

Dans la littérature, il existe de nombreux travaux de recherche concernant la modélisation des traces, certains ayant une vision assez basique et d'autres plus abstraite.

³ La syntaxe proposée est donnée en format Backus-Naur (ou notation BNF ou EBNF lorsqu'on y ajoute les aspects répétitions ou regroupement de blocs typiques des expressions régulières).

Premièrement, (Bravo 2006) suggère de collecter les informations sur une action permettant de répondre aux questions « qui », « quand », « où » et « quoi ». De même, (Glahn 2007) a mis en place des capteurs qui renvoient des informations sur le temps, le contexte social, l'acteur et l'environnement d'une action. De plus, pour le calcul d'indicateurs (May 2008) collecte les informations suivantes : l'identité de l'acteur, le type d'activité et les attributs de cette activité. Enfin, (White 2006) s'intéresse aux actions en lien avec les documents. Pour cela, pour chaque document, des traces sont produites, elles contiennent des informations sur les tâches et les acteurs.

Deuxièmement, (Settouti 2009) présente un Système de Gestion à Base de Traces (SGBT) dans lequel les traces modélisées sont accompagnées des transformations qui ont permis leur obtention. Egalement, dans le domaine éducatif, le langage UTL (*Usage Tracking Language*) permet de modéliser les traces d'activité en spécifiant leur obtention et leur usages (Iksal 2005).

Pour la construction des indicateurs, nous n'avons pas besoin des informations concernant l'obtention et la formalisation des traces. Nous associons à l'objet Trace les propriétés suivantes : une **action**, une **ressource**, un **acteur**, une **date** et une **valeur** (cf. Figure 17).

- ✧ <trace_action> correspond aux actions des utilisateurs (consultation, recherche, contribution,...). Il s'agit d'une propriété de type « chaîne de caractère ».
- ✧ <trace_content> représente les données concernées par l'action (document, topic de forum, mot clé,...). Il s'agit d'une propriété de type « chaîne de caractère ».
- ✧ <trace_actor> représente l'acteur qui réalise l'action, l'identifiant, le groupe et le rôle de l'acteur sont renseignés. Il s'agit d'une propriété de type « liste ».
- ✧ <trace_date> est la date à laquelle a eu lieu l'action. Il s'agit d'une propriété de type « date ».
- ✧ <trace_value> permet de stocker des données complémentaires à la trace. Ce champ n'est pas obligatoire. Il s'agit d'une propriété de type « chaîne de caractère ». Il peut s'agir du résultat d'une action de vote (i.e. la note attribuée) ou encore de l'action d'origine ayant entraîné une consultation. Pour exploiter cet attribut, nous avons besoin de connaître sa correspondance. La trace peut être accompagnée d'un Modèle qui facilite son interprétation, c'est ce que (Settouti 2009) nomme une M-Trace.

<trace>	::=		
		<trace_action>	<trace_action> ::= action <property>
		<trace_content>	<trace_content> ::= content <property>
		<trace_actor>	<trace_actor> ::= actor <property>
		<trace_date>	<trace_date> ::= date <property>
		[<trace_value>]	<trace_value> ::= value <property>

Figure 17 : Syntaxe de la base de faits : Trace

Exemple.

Lorsque l'utilisateur « jcmarty » a évalué (à l'aide d'un système de notation à étoiles) le document intitulé « Etat de l'art sur les indicateurs » qu'il vient de consulter, la trace de cette action est représentée de la manière suivante :

<i>action</i>	"évaluation"
<i>content</i>	"Etat de l'art sur les indicateurs"
<i>actor</i>	{ "jcmarty", "senior", "expert" }
<i>date</i>	"2009-01-20T14:20:10TZD"
<i>value</i>	"4"

- **Indicateur**

Nous retrouvons également les indicateurs dans la base de faits : ils vont servir à calculer d'autres indicateurs et les règles de calculs vont modifier leur valeur. Parmi les caractéristiques qui permettent de gérer les indicateurs durant leur conception nous reprenons certains attributs de la carte d'identité de l'indicateur (cf. chapitre 2) et nous associons le Type de l'indicateur. Comme nous l'avons évoqué dans le début de ce chapitre, le type de l'indicateur va déterminer les possibilités de méthodes applicables pour le calcul de la valeur de celui-ci. A ces attributs, nous ajoutons la valeur de l'indicateur. Nous choisissons alors de représenter un indicateur dans la base de faits avec les attributs suivants (cf. Figure 18) : un **nom**, la **date de création** et **de dernière modification**, un **état**, **son ou ses créateur(s)**, un **objet**, un **type** et une **valeur**.

- ✧ <indic_name> est le nom de l'indicateur. Il s'agit d'une propriété de type « chaîne de caractère ».
- ✧ <indic_date_calculation> et <indic_date_creation> correspondent à la date à laquelle a été réalisée la dernière mise à jour de la valeur de l'indicateur et à la date de création de l'indicateur. Il s'agit de propriétés de type « date ».
- ✧ <indic_state> est l'état de l'indicateur. Les valeurs possibles sont « actif » ou « passif ». Seuls les indicateurs actifs seront mis à jour. Il s'agit d'une propriété de type « chaîne de caractère ».
- ✧ <indic_creators> contient le ou les identifiants du ou des créateur(s) de l'indicateur. Il s'agit d'une propriété de type « liste ».
- ✧ <indic_object> est l'objet concerné par l'indicateur. Ce champ peut être vide. Par exemple, l'indicateur du deuxième cas d'étude « Etat d'avancement du processus de validation » est construit pour chaque document. Dans ce cas, le nom du document sera renseigné

par l'attribut objet de l'indicateur. Il s'agit d'une propriété de type « chaîne de caractère ».

- ✧ <indic_value> contient toutes les valeurs possibles de l'indicateur. La valeur d'un indicateur est définie par un identifiant et une propriété. C'est la propriété qui va contenir les valeurs de l'indicateur. Actuellement, il peut s'agir d'un chiffre ou d'un tableau. La structure de cet attribut dépend du type de l'indicateur.
- ✧ <indic_type> représente le type de l'indicateur. Pour appliquer une méthode sur un indicateur et ainsi modifier sa valeur, il faut vérifier la faisabilité de celle-ci par rapport au type de l'indicateur (pas d'opérations arithmétique pour obtenir la valeur d'un indicateur de type texte par exemple). Le type est défini par un nom et plusieurs propriétés. Actuellement nous avons spécifié quatre types d'indicateurs : Nombre, Seuil, Intervalle Discret et Tableau. Cette liste n'est pas exhaustive. Les propriétés sont variables selon les types. Parmi elles, deux sont tout de même obligatoires : les dates de début et de fin de calcul (<indic_type_date>). Ensuite, selon la catégorie à laquelle appartient l'indicateur, il est possible d'ajouter des propriétés supplémentaires au Type de l'indicateur. Parmi celles utilisées actuellement par notre système, il y a la période (dans le cas du type Intervalle Discret uniquement), et la liste des seuils (pour le type Seuil).

<pre> <indicator> ::= <indic_name> <indic_date_calculation> <indic_date_creation> <indic_state> <indic_creators> [<indic_object>] <indic_value> <indic_type> </pre>	<pre> <indic_name> ::= name <property> <indic_date_calculation> ::= date_calculation <property> <indic_date_creation> ::= date_creation <property> <indic_state> ::= state <property> <indic_creators> ::= creators <property> <indic_object> ::= object <property> <indic_value> ::= value <property> <indic_type> ::= <indic_type_name> <indic_type_date> <indic_type_property>* <indic_type_name> ::= type_name « Number" " Discrete Interval" « Threshold" "Table" <indic_type_date> date_begin <prop_value> date_end <prop_value> <indic_type_property> ::= <indic_type_prop_name> <property> <indic_type_prop_name> ::= "period " "thresholds" </pre>
---	--

Figure 18 : Syntaxe de la base de faits : Indicateur

Exemple.

L'indicateur « Adhésion à un espace » (cas d'étude n°5) est modélisé dans la base de faits de la manière suivante :

<i>name</i>	<i>"Adhésion à un espace"</i>
<i>date_calculation</i>	<i>" 2009-01-20T14:20:10TZD"</i>
<i>date_creation</i>	<i>" 2008-10-05T10:12:10TZD "</i>

<i>state</i>	<i>"actif"</i>
<i>creators</i>	<i>{"egendron"}</i>
<i>object</i>	<i>"juniors"</i>
<i>type_name</i>	<i>"Intervalle discret"</i>
<i>date_begin</i>	<i>" 2008-01-01T00:00:00TZD "</i>
<i>date_end</i>	<i>" 2009-12-31T24:59:59TZD»"</i>
<i>period</i>	<i>"mois"</i>
<i>value</i>	<i>[23,45,26,34,12,18,40,48,56,54,44,40,36]</i>

Cet indicateur a été conçu le 5 novembre 2008 par l'utilisateur egendron, il est actuellement actif. Cet indicateur représente l'adhésion à un espace (dans la règle sera indiqué que le calcul se base sur les connexions et les contributions) des acteurs membres du groupe « juniors » par mois. Il s'agit d'un indicateur de Type Intervalle discret.

- **Propriété**

Les attributs des traces et des indicateurs de la base de faits sont définis grâce à des propriétés <property>. Une propriété est toujours définie par un **type** et une **valeur** (cf. Figure 19).

- ✧ <prop_type> est le type au sens informatique de la propriété. Actuellement, il est possible d'avoir les types suivants : entier, réel, booléen, date, chaîne de caractère, tableau et liste et liste de couples.
- ✧ <prop_value> représente la valeur de la propriété. Les propriétés de type booléen ont pour valeur « true » ou « false ». Les propriétés de type date sont décrites au format « YYYY-MM-DDThh:mm:ssTZD » selon la norme ISO-8601. Les propriétés de type tableau sont décrites au format « [a,b,c] ». Les propriétés de type liste sont décrites au format « {a,b,c} » et de type liste de couples au format « { (a,b) , (c,d) ,(e,f) } ».

<pre><property> ::= <prop_type> <prop_value></pre>	<pre><prop_type> ::= "integer" "real" "boolean" "date" "string" "table" "list" <prop_value> ::= <character>+ <character> ::= <letter> <numeral> <char_spe> <letter> ::= 'a..z' <numeral> ::= '0..9' <char_spe> ::= '_' '-' '{' '}' '(' ')' '[' ']' ':' ';' ','</pre>
--	--

Figure 19 : Syntaxe de la base de faits : Propriété

Nous avons vu comment les faits étaient modélisés dans le système expert. Dans la partie suivante nous décrivons la syntaxe des règles qui vont les manipuler.

4.3.2 Description de la base de connaissance : les règles

Une règle de calcul va modifier la valeur d'un indicateur. Pour cela, sa description comprend les sources utilisées (les faits) et les actions opérées pour l'obtention de la valeur de l'indicateur. Chaque règle est identifiée par un nom unique (<name>). Une règle est représentée par une construction de type « condition /action » (cf. Figure 20) :

- ✧ La partie « **condition** » contient la description des éléments qui vont déclencher le calcul de la valeur de l'indicateur et qui le composent : traces, indicateurs (composants) et opérations d'obtention (filtrage, élagage,..) (<conditions>).
- ✧ La partie « **action** » décrit les opérations de génération (affichage, calcul mathématique, composition,...) effectuées sur la valeur d'un ou plusieurs d'indicateurs. Les éléments de la partie condition peuvent être utilisés dans ces calculs (<actions>).

De plus, une règle permet de modifier un ou plusieurs indicateurs. Une partie « **targets** » est ajoutée à la description de la règle, elle identifie les indicateurs susceptibles d'être modifiés par cette règle. Cet attribut contient la liste des indicateurs sur lesquels seront appliquées des opérations dans la partie « action ». Les indicateurs représentés dans cette partie peuvent être décrits de manière incomplète (par exemple uniquement son identifiant ou son nom). Tous les indicateurs correspondant aux informations remplies seront alors modifiés.

```
<rule> ::=
  <name>          <name> ::= name <character>+
  <targets>       <targets> ::= target indicator <indicator>+
  <conditions>
  →
  <actions>
```

Figure 20 : Syntaxe générale d'une règle

4.3.2.1 Partie condition

Dans la partie « **condition** » nous retrouvons la sélection de tous les faits (traces et indicateurs) qui doivent être vérifiés pour que la partie « **action** » soit exécutée. Comme nous l'avons évoqué dans le troisième besoin, plusieurs éléments peuvent engendrer la modification d'un indicateur. Les indicateurs vont exiger que tous ou uniquement certains éléments existent pour déclencher la règle. Par exemple, pour le calcul de l'indicateur « Niveau de communication » (cas d'étude n°3), l'écriture d'un message dans un forum ou les conversations à travers le chat doivent déclencher la règle de cet indicateur.

Pour cela, nous représentons la partie « condition » par un ensemble structuré de filtres (traces et d'indicateurs) (<filters>) et d'opérateurs logiques (<logic_operator>) (cf. Figure 21). Nous reprenons les opérateurs, issus de la logique minimale, tels que la disjonction « OR », la conjonction « AND », la négation « NOT » et le ou exclusif « XOR ».

```

<conditions> :=
  <filters>
  { <logic_operator> <filters> }
  <filters> := filters <trace> | <indicator>
  <logic_operator> := "AND" | "OR" | "NOT" | "XOR"
    
```

Figure 21 : Syntaxe d'une règle de calcul : partie Conditions v.1

Ensuite, nous devons pouvoir filtrer les faits en fonction des valeurs de leurs propriétés (<property>). Pour cela, des opérateurs (<operator>) apparaissent dans la description des propriétés des composants Trace et Indicateur (cf. Figure 22). La représentation des propriétés dans la partie condition de la règle diffère de celle des éléments de la base de faits. Lorsque nous décrivons un filtrage sur un objet, nous renseignons uniquement les propriétés filtrées.

```

<property> := <prop_type> <operator> <prop_value>

<operator> := "==" | ">" | "<" | "!=" | "contains" | "not_contains" | "equals" | "ends_with" |
  "start_with" | "is_empty" | "size=" | "size>" | "size<" | "size!="
    
```

Figure 22 : Syntaxe d'une règle de calcul : opérateurs sur les propriétés

Exemple.

L'indicateur « Adhésion à un espace » (cas d'étude n°5) voit sa valeur modifiée lorsqu'une nouvelle trace de consultation ou de contribution apparait. Le filtre sur la propriété « action » de la trace permet de préciser cela. Le filtrage peut être décrit comme ci-dessous :

action	==	« consultation »
	OR	
action	==	« contribution »

Comme le montre cet exemple, l'opérateur est associé à la valeur de la propriété et par la même occasion à son type. La liste d'opérateurs proposée n'est pas exhaustive. De plus, les opérateurs ne s'appliquent pas tous à tous les types des propriétés (<prop_type>).

Enfin, il nous reste un dernier scénario à représenter dans la partie « condition » de la règle : tester les valeurs des propriétés de faits différents. Par exemple, un indicateur peut avoir besoin de deux traces consécutives, nous serons alors amenés à comparer les dates de ces deux traces pour vérifier leur enchaînement. Pour cela, nous ajoutons à la partie « condition » une partie « critères » (<criteria>) qui reprend certains faits décrits dans cette partie pour les comparer entre eux (cf. Figure 23). Il s'agit d'un ensemble de critères de sélection qui doivent être validés pour que la partie « action » de la règle soit déclenchée.

Les éléments de la partie « critères » doivent être préalablement décrits, nous les retrouvons dans « filters ». Pour pouvoir être utilisés ainsi et éviter les redondances de description, ces faits doivent être désignés avec des identifiants. Pour cela, il est possible de rajouter à la fin de la description de chaque objet l'affectation dans une variable (<identifiant>). L'affectation se fait à l'aide du signe « >> ».

```
<conditions> ::=
  <filters>
  { <logic_operator> <filters> }
  <criteria>
  <criteria> ::= criteria "(" <test> { <logic_operator>, <test> } ")"
  <test> ::= "(" <identifiant> <operator> <identifiant> ")"
  ... >> <identifiant>
  <identifiant> ::= <letter>+
```

Figure 23 : Syntaxe d'une règle de calcul : partie Conditions v.2

Le test de la partie « critères » sera possible à condition que les deux éléments représentés par les identifiants soient de même type (deux indicateurs, deux propriétés de type date,...).

Enfin, dans la partie « condition », nous devons préciser les éléments qui seront utilisés dans la partie « action » de la règle. L'affectation d'un identifiant aux faits et/ou aux propriétés des faits va également permettre de les réutiliser dans la partie « action ».

Nous venons de voir comment représenter, dans la partie condition de la règle, les différents filtrages qui peuvent être utilisés pour choisir les faits qui vont servir au calcul de la valeur de l'indicateur. Cette partie décrit les faits filtrés (traces et/ou indicateurs) et spécifie les éléments qui serviront dans la partie action pour calculer la valeur de l'indicateur. Il est possible de filtrer les éléments eux même et/ou les valeurs de leurs propriétés. Cela nécessite l'utilisation de différents d'opérateurs.

Exemple.

Si nous reprenons l'indicateur « Adhésion à un espace » (cas d'étude n°5) qui représentent l'évolution de l'activité d'un groupe d'utilisateur par mois. Pour son calcul, les traces de connexion et de contribution seront utilisées. La partie « condition » est complétée de la manière suivante :

```
targets
    name    "=="    "Adhésion à la base"
    object  >>    indic_obj

filters
    action  "=="    "connexion"
           OR
    action  "=="    "contribution"
    actor   >>    indic_act

criteria
    test( indic_act.groupe == indic_obj )
```

Lorsque les éléments choisis existent, que les indicateurs cibles de la règle sont désignés et que la partie évaluation est vérifiée, la partie « action » est déclenchée. Dans la partie suivante, nous décrivons la syntaxe de la partie « action » de la règle.

4.3.2.2 Partie action

Dans la partie « **action** », nous allons retrouver les méthodes permettant de modifier la valeur de l'indicateur (cf. Figure 24). Les actions (<actions>) à déclencher sont des méthodes appliquées (<method>) sur la valeur de l'indicateur qui est définie ici par un identifiant (<indic_value_id>) avec un ensemble d'arguments en paramètre (<args>). Plusieurs indicateurs peuvent être modifiés dans une seule règle.

```

<actions> ::= <indic_value_id> <action> {<indic_value_id> <action>}

<action> ::= <method> "(" <args> ")"

<args> ::= {<arg>}

<arg> ::= <identifiant> | <value>

<identifiant> ::= <character>+

<value> ::= <character>+
    
```

Figure 24 : Syntaxe d'une règle de calcul : partie Action v.1

Les arguments peuvent être des faits (traces et indicateurs) et des propriétés des faits (n'importe quel élément identifié dans la partie condition de la règle). Ils sont représentés par leur identifiant (<identifiant>). Nous pouvons également retrouver dans les arguments d'une méthode des valeurs proposées par le concepteur de l'indicateur (<value>).

Exemple.

Par exemple, pour l'indicateur «Adhésion à un espace» (cas d'étude n°5), de type Intervalle Discret, la méthode de calcul a besoin de connaître la date de la trace filtrée pour pouvoir incrémenter la valeur de l'indicateur à la bonne période. Pour cela, la règle peut s'écrire de la manière suivante :

```

targets
    name    "=="    " Adhésion à un espace "
    state   "=="    "actif"
    object  >>     ind_obj
    value   >>     val

filters
    action  "=="    "connexion"
           OR
    action  "=="    "contribution"
    actor   >>     trace_actor
    date    >>     d

criteria
    test ( ind_obj == trace_actor.groupe)
    →
    val.increments ( d )
    
```

NB : La valeur de l'indicateur est un « objet » sur lequel une méthode est appelée. Cette méthode va déclencher des traitements sur les attributs de l'objet Valeur qui contiennent la valeur (au sens résultat) de l'indicateur.

Plusieurs méthodes peuvent être appelées dans la partie « action ». Selon les types indicateurs (Nombre, Intervalle discret, Seuil et Tableau), différentes méthodes peuvent être appliquées. Nous distinguons des méthodes de calcul (<m_calculation>) et des méthodes de réécriture (<m_rewriting>) (cf. Figure 25). Encore une fois les listes proposées ne sont pas exhaustives.

```

<method> ::=      <m_calculation> | <m_rewriting>

<m_calculation> ::= "additionner" | "soustraire" | "multiplier" | "diviser" |
                    "calculer_moyenne" | "calculer_taux" | "calculer_maximum" |
                    "calculer_minimum" | "compter" | "incrémenter" |
                    "calculer_valeur_absolue" | "calculer_arrondi" |
                    "calculer_factoriel" | "calculer_puissance" | "calculer_racine"

<m_rewriting > ::= "affecter" | "initialiser" | "concaténer" | "ajouter_element"
    
```

Figure 25 : Syntaxe d'une règle de calcul : méthodes de la partie Action

Les méthodes de calculs ont la particularité de renvoyer une valeur numérique. Elles ne sont pas applicables pour tous les types d'indicateurs. Les méthodes de réécriture, regroupent des actions ne nécessitant pas de calcul telles que l'affectation ou l'initialisation d'une valeur, le résultat d'une concaténation ou encore l'ajout d'un élément dans un tableau ou une liste. Nous considérons que les correspondances possibles entre les méthodes et les types des indicateurs sont répertoriés en dehors de la règle et une vérification est effectuée avant la validation de la règle. De plus, le contenu de chaque méthode n'est pas décrit dans la règle : il s'agit d'un traitement informatique développé au sein de l'objet informatique Indicateur et transparent pour l'utilisateur. La règle notifie l'appel à la méthode uniquement.

Enfin, les indicateurs composites nécessitent un traitement spécifique pour leur calcul. Nous distinguons deux sortes de compositions d'indicateurs :

- ✧ **l'agrégation de plusieurs indicateurs** : la valeur de l'indicateur est simplement l'union des valeurs des indicateurs qui le composent. Dans ce cas, aucun calcul supplémentaire n'est nécessaire. Le système de gestion d'indicateur doit connaître les identifiants des indicateurs en question pour pouvoir les restituer au système de visualisation tous ensembles par exemple. Ces informations ne sont pas gérées par les règles de calcul.

Exemple.

L'indicateur «Utilisation d'une ressource» (cas d'étude n°1) regroupe quatres indicateurs distincts (« Nombre de consultations », « Nombre de push », « Chemins d'accès au document » et « Profils intéressés »). Cet indicateur n'a pas besoin de règle pour être mis à jour, il le sera automatiquement lorsque que les indicateurs qui le composent le seront.

- ✧ **la fusion d'indicateurs** : cette fois-ci, la valeur de l'indicateur est obtenue par un calcul à partir des valeurs des autres indicateurs. Les indicateurs sont utilisés comme des faits traces. Ces opérations doivent être décrites à travers des règles de calcul.

Exemple.

Par exemple, l'indicateur « Niveau de collaboration » (cas d'étude n°4) est composé des indicateurs « Niveau de contribution », « Niveau de consultation » et « Niveau de communication ». Sa valeur est calculée à partir des valeurs des indicateurs le composent. Cet indicateur nécessite une règle de calcul pour déterminer le seuil de l'indicateur en combinant (avec des pondérations) les seuils des autres indicateurs.

Nous complétons la description de la partie « action » de la règle pour permettre la fusion d'indicateurs (cf. Figure 26).

Nous considérons qu'une fusion entre plusieurs indicateurs est possible lorsque les types qui les caractérisent sont identiques à celui de l'indicateur composite. Nous devons également choisir comment la fusion de toutes les valeurs opère. Pour cela, nous ajoutons la méthode nommée « **composer** » à la liste des méthodes potentielles de la partie action. De plus, dans les arguments de la méthode (<args>), nous rajoutons une structure propre à la composition par fusion : une formule mathématique (<formula>) à appliquer avec tous les indicateurs (désignés par leur identifiant (<identifiant>)) avec la possibilité de mettre des pondérations (<coefficient>).

```
<actions> ::= <indic_value_id> <action> {<indic_value_id> <action>}
<action> ::= <method> "(" <args> ")"
<method> ::= <m_calculation> | <m_rewriting> | "composer"
<args> ::= {<arg>}
<arg> ::= <identifiant> | <value> | <formula> "("{<identifiant>,[<coefficient>]} ")"
<identifiant> ::= <character>+
<value> ::= <character>+
<coefficient> ::= { 1..9 }
<formula> ::= "sum" | "average" | "maximum" | "minimum" | "multiplication" |
"substraction" | "division"
```

Figure 26 : Syntaxe d'une règle de calcul : partie Action v.2

Pour les quatre types d'indicateurs que nous pouvons décrire avec ce langage (Nombre, Seuil, Intervalle discret, Tableau), les valeurs sont de type numérique. Nous pouvons appliquer les formules mathématiques suivantes : la somme, la moyenne, le maximum, le minimum, la multiplication de 1 à n valeurs d'indicateur et la soustraction et la division de 2 valeurs d'indicateurs. Pour l'instant, les types d'indicateurs ne manipulent que des valeurs numériques, si le système gère de nouveaux types d'indicateurs il faudra veiller à proposer de nouvelles formules correspondant aux fusions possibles entre ces nouveaux indicateurs.

Exemple.

L'indicateur « Niveau de collaboration » (Cas d'étude n°2) de type Seuil, la méthode de composition a besoin de récupérer les valeurs des 3 indicateurs composants (« Niveau de contribution », « Niveau de consultation » et « Niveau d'interaction »). Des pondérations sont également ajoutées à la méthode. Pour cela, la règle peut s'écrire de la manière suivante :

```
name " Niveau de collaboration"

targets
  name "==" " Niveau de collaboration "
  state "==" "actif"
  value >> val

filters
  name "==" " Niveau de contribution"
  state "==" "actif"
  value >> val1
  AND
  name "==" " Niveau de consultation"
  state "==" "actif"
  value >> val2
  AND
  name "==" " Niveau d'interaction"
  state "==" "actif"
  value >> val3

→
val. composer (somme , val1 , 2 , val2 , 0.75 , val3 , 1.25 )
```

4.3.3 Synthèse

Pour résumer tout ce que nous venons de présenter, une règle permet de décrire la construction d'indicateurs élémentaires et composites. Pour cela, elle manipule des faits suivants : Trace et Indicateur. Elle est composée de deux parties principales : la partie « **condition** » et la partie « **action** ».

La partie « **condition** » expose les faits filtrés et décrit les éléments qui serviront dans la partie « **action** » pour calculer la valeur de l'indicateur. Il est possible de filtrer les éléments (traces et indicateurs) selon les valeurs de leurs propriétés. Cela nécessite l'utilisation de différents d'opérateurs.

La partie « **action** » décrit la ou les méthodes appliquées pour l'obtention de la valeur d'un ou plusieurs indicateurs. Nous avons distingué trois types de méthodes : les méthodes de calcul, de transcription et la composition. Toutes ces méthodes utilisent des paramètres. Les paramètres peuvent être des éléments de la partie « **condition** » de la règle, des éléments définis par le concepteur ou encore des formules décrivant certaines compositions entre indicateurs.

Pour illustrer ce que nous venons de développer, nous présentons l'intégralité de la règle de calcul pour l'indicateur « Adhésion à un espace » (cas d'étude n°5).

```
name " Construction de l'indicateur Adhésion à un espace "
```

```
targets
```

```
    name "==" " Adhésion à un espace "
```

```
    state "==" "actif"
```

```
    object >> indic_obj
```

```
    value >> val
```

```
filters
```

```
    action "==" "consultation"
```

```
    OR
```

```
    action "==" "contribution"
```

```
    actor >> trace_actor
```

```
    date >>
```

```
criteria test (indic_obj == trace_actor.groupe)
```

```
→
```

```
val. incrémenter (d)
```

L'indicateur dont la valeur sera modifiée par cette règle doit être actif et doit être nommé « Adhésion à un espace ». L'objet et la valeur de cet indicateur sont identifiés à l'aide des variables « indic_obj » et « val ». Ces variables sont utilisées dans la partie « critères » et la partie « action ».

Un filtre est défini : toutes les traces dont l'attribut « action » possède la valeur « consultation » ou « contribution » seront susceptibles de déclencher cette règle. Deux variables « trace_actor » et « d » permettent de récupérer le groupe de l'acteur concerné par la trace ainsi que la date de l'action.


Cette règle est déclenchée si le critère défini est vérifié. Ce critère vérifie que le groupe de l'acteur concerné par la trace est identique à l'objet de l'indicateur. Un test d'égalité est réalisé sur les 2 variables correspondantes. La partie action appelle la méthode « incrémenter » sur la valeur de l'indicateur décrit plus haut. Cette méthode prend en paramètre la date de la trace.

Dans l'annexe 1, nous décrivons les règles de calculs des indicateurs des cas d'étude 1 à 5.

4.4 Bilan – Patron d'un indicateur de collaboration

Dans ce chapitre, nous avons proposé un cadre pour l'ingénierie des indicateurs en précisant les caractéristiques liées au processus de conception et en spécifiant un langage pour le calcul des indicateurs. Toutes ces informations sont répertoriées dans ce que nous avons appelé le « Patron d'un indicateur de collaboration ». Nous répondons ainsi au deuxième objectif de recherche de cette thèse.

La figure suivante illustre notre proposition avec l'indicateur «Adhésion à un espace». Il s'agit d'un indicateur de type Intervalle Discret calculé selon une période mensuelle. Le calcul de l'indicateur prend en compte l'activité de la plate-forme du 1^{er} janvier 2008 au 31 décembre 2009. De plus, cet indicateur est élémentaire, il est calculé uniquement à partir de traces. Enfin, une seule règle de calcul est associée à l'indicateur, il s'agit de la règle décrite dans la section précédente.



Type : *Intervalle Discret*
→ *Période = mois*
→ *du 01-01-2008 au 31-12-2009*

Structure: *Indicateur élémentaire*

Règle de calcul associée:

```
name « Construction de l'indicateur Adhésion à un espace »  
  
targets  
  name "==" " Adhésion à un espace "  
  state "==" "actif"  
  object >> indic_obj  
  value >> val  
  
filters  
  action "==" "connexion"  
  OR  
  action "==" "contribution"  
  actor >> trace_actor  
  date >> d  
  
test (indic_obj == trace_actor.groupe)  
  
enter (d)
```

Figure 27 : Patron de l'indicateur « Adhésion à un espace »

Nous avons présenté la carte d'identité et le patron d'un indicateur de collaboration. Dans la partie suivante nous nous intéressons aux usages des indicateurs.

TROISIÈME PARTIE : EXPLOITATION DES INDICATEURS

Dans cette partie, nous nous intéressons à la troisième question de recherche « **Comment sont utilisés les indicateurs ?** ». Notre objectif est de découvrir l'ensemble des usages qui en sont faits et de déterminer les bonnes pratiques. Nous souhaitons ensuite proposer des solutions pour les mettre en œuvre dans notre cadre de recherche. Pour cela, cette partie est composée de quatre chapitres :

- ✧ Le cinquième chapitre de cette thèse « **EXPLOITATION DES INDICATEURS - État de l'art** » propose une étude générale sur les usages qui sont faits des indicateurs actuels. Nous nous intéressons aux utilisateurs qui interagissent avec, aux objectifs d'observations auxquels ils répondent et à leurs représentations. Au regard de notre problématique, nous précisons ensuite les éléments qui nous semblent importants pour construire notre proposition et nous définissons les objectifs de recherche associés.
- ✧ Dans le sixième chapitre « **EXPLOITATION DES INDICATEURS - Proposition de la vitrine d'un indicateur de collaboration** » nous abordons l'instanciation d'un indicateur. Nous précisons dans quel cadre l'indicateur est mis en œuvre et fait sens : dans quel contexte il est utilisé et avec quelle représentation. Nous regroupons toutes ces informations dans ce que nous appelons la «Vitrine d'un indicateur de collaboration ».
- ✧ Dans le septième chapitre, intitulé « **EXPLOITATION DES INDICATEURS -Approche unifiante & Réutilisation** », nous nous intéressons au processus de réutilisation et nous exposons une démarche pour accompagner l'utilisateur. Pour cela, nous proposons de modéliser les indicateurs de collaboration en reprenant les éléments spécifiés dans la carte d'identité, le patron et la vitrine. Ensuite, nous soutenons le processus de réutilisation des indicateurs en fournissant aux utilisateurs un outil qui va les aider à sélectionner les indicateurs à réutiliser : la classification.
- ✧ Le huitième et dernier chapitre se décompose en deux parties « **EXPLOITATION DES INDICATEURS - Implémentation & Expérimentation** ». Pour mettre en œuvre nos différentes propositions (langage de calcul, modélisation et classification), nous présentons l'outil informatique que nous avons développé et qui permet d'assister les utilisateurs dans l'élaboration d'indicateurs : GINDIC (Générateur d'INDICateurs). Ensuite, nous exposons le recueil des besoins ainsi que l'expérimentation que nous avons menés auprès des utilisateurs de la direction de la recherche à GDF SUEZ (Partenaire du projet).

Chapitre 5 : EXPLOITATION DES INDICATEURS - État de l'art

5.1	Objectifs d'observation	119
5.1.1	Awareness	120
5.1.2	Compréhension / Interprétation.....	120
5.1.3	Régulation / Auto-régulation	121
5.1.4	Aide à la décision / Prévion.....	122
5.1.5	Evaluation.....	122
5.1.6	Motivation.....	123
5.2	Utilisateurs	123
5.2.1	Education	124
5.2.2	Entreprise	124
5.3	Représentations	125
5.3.1	Visualisations d'indicateurs.....	125
5.4	Synthèse - Analyse	127
5.5	Objectif de recherche n°3	128

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux usages qui sont faits des indicateurs. Selon les usages et les contextes dans lesquels sont mis en œuvre les indicateurs, les besoins en observation vont être différents donc la construction et la représentation des indicateurs également.

Pour cela, nous reprenons plusieurs systèmes proposant des indicateurs et nous déterminons :

- ✧ les **objectifs d'observation** qui nécessitent la mise en place de ces indicateurs ;
- ✧ les **types d'utilisateurs**, nous nous intéressons plus particulièrement à leurs rôles ;
- ✧ les **représentations** des indicateurs proposées aux utilisateurs.

5.1 Objectifs d'observation

Comme nous avons pu le voir à travers plusieurs définitions dans le premier chapitre de cette thèse, un indicateur est conçu dans un but précis. Il va engendrer, de manière explicite ou implicite, des

actions liées à l'activité des utilisateurs qui le visualisent. Que ce soit dans le domaine de l'apprentissage ou du travail, les systèmes d'indicateurs peuvent répondre à plusieurs objectifs à la fois. Les objectifs que nous avons identifiés concernent :

- ✧ l'**awareness** ;
- ✧ la **compréhension** et l'**interprétation** d'une activité ;
- ✧ la **régulation** d'une activité et l'**auto-régulation** ;
- ✧ l'**aide à la prise de décision**, les **prévisions** ;
- ✧ l'**évaluation** d'une activité ou d'un groupe de personnes ;
- ✧ la **motivation** des utilisateurs.

5.1.1 Awareness

L'**awareness**, ou conscience de l'activité, est largement utilisée au sein des environnements collaboratifs. En effet, pour que la collaboration se déroule le mieux possible, les utilisateurs doivent avoir un maximum d'informations sur l'environnement de travail et l'environnement social. Les indicateurs mis en place pour fournir de l'awareness aux utilisateurs sont le plus souvent de bas niveau d'abstraction. Il s'agit d'informations donnant une vision de l'activité la plus objective possible, non interprétée. Nous pouvons reprendre l'exemple déjà évoqué de (Gutwin 1995) qui définit les indicateurs pour la prise de conscience de l'espace de travail (*workspace awareness*) comme source d'informations sur les activités des autres utilisateurs.

Par exemple, le système collaboratif d'apprentissage iHelp (Brooks 2006) propose des indicateurs d'awareness pour encourager la collaboration. Les étudiants peuvent visualiser, pour chaque sujet de forum auquel ils participent, les noms des autres étudiants qui ont contribué. Cet indicateur facilite l'identification des collaborateurs potentiels. Comme c'est le cas dans cet exemple, bien souvent l'awareness est lui-même employé à des fins d'assistance des utilisateurs.

Les indicateurs fournissant de l'awareness sont parfois utilisés pour répondre à un besoin de compréhension et d'interprétation de l'activité.

5.1.2 Compréhension / Interprétation

Le deuxième objectif que nous avons identifié concerne la compréhension et/ou l'interprétation d'une activité. Lorsqu'une activité se déroule au sein d'un environnement informatique, il peut être difficile de se rendre compte et de comprendre ce qu'il s'y passe. Les indicateurs vont permettre de

cibler les éléments importants de l'activité, de les observer dans le temps si nécessaire et de restaurer ces informations de manière structurée pour que l'utilisateur puisse les interpréter et les utiliser.

Par exemple, (Horn 2004) observe l'évolution des réseaux sociaux de chercheurs dans plusieurs disciplines. Pour cela, il utilise des indicateurs qui lui permettent d'examiner :

- ✧ l'étendue des liens entre les chercheurs de différentes disciplines dans le temps ;
- ✧ la stabilité de la composition de la communauté dans le temps et
- ✧ la visibilité de la communauté dans le temps.

Dans le même domaine, (Turner 2005) observe et analyse dans quelles mesures l'intensité de co-publication dépend de la distance géographique entre laboratoires. Pour cela, il utilise une mesure simple d'intensité de ces relations. D'autre part, dans le cadre d'un projet de développement Open Source, (Sack 2006) souhaite comprendre l'organisation des différents groupes de travail. Les indicateurs vont lui fournir des informations sur les processus réalisés.

Encore une fois, l'interprétation peut être intégrée au sein d'autres objectifs tels que la régulation et l'auto-régulation.

5.1.3 Régulation / Auto-régulation

La régulation d'une activité revient à modifier certains processus ou certaines données pour l'améliorer et faire en sorte qu'elle se déroule le mieux possible. Les indicateurs utilisés pour la régulation vont faire un compte rendu de celle-ci et détecter les situations problématiques ou à améliorer.

Par exemple, (Weiseth 2006) présente un framework pour spécifier et analyser des activités collaboratives. Il accompagne ainsi une entreprise dans la mise en place de groupes de travail collaboratifs. Les chefs de projets vont tirer parti des indicateurs pour améliorer la coordination des membres de leurs groupes.

D'autre part, l'auto-régulation revient à fournir à un utilisateur (ou un groupe d'utilisateurs) des informations qui vont lui permettre de réguler sa propre activité. Par exemple, dans le cadre de l'apprentissage, il existe plusieurs travaux où des indicateurs renvoient des informations de dimension cognitive à l'étudiant (Daradomis 2006, Dimitracopoulou 2006). Ces indicateurs assistent ainsi l'étudiant dans la compréhension de son parcours de l'activité. C'est le cas, par exemple, de l'outil eMediatheque (Cram 2007). Les utilisateurs ont la possibilité de visualiser leurs traces d'activité en temps réel et évaluer ainsi l'impact de leurs actions dans l'activité du groupe. Toujours

dans le domaine de l'apprentissage humain, pour assister les utilisateurs, (Heraud 2002) propose une approche basée sur la réutilisation de l'expérience qui consiste à remémorer et interpréter des tâches similaires afin de proposer une séquence d'étapes adaptée dans le cadre de la tâche en cours.

Les objectifs de régulation sont assez similaires de ceux de d'aide à la décision et de prévision.

5.1.4 Aide à la décision / Prévision

Cette fois-ci, dans le cadre des systèmes de prise de décision, les indicateurs vont forcément engendrer des actions ou des réactions de la part des décideurs. Les informations renvoyées par les indicateurs concernent des éléments spécifiques de l'activité. Il s'agit de mesures plus ou moins précises que le décideur sait interpréter. Ses décisions seront prises en fonction des indicateurs (Devillers 2004).

La prévision de l'activité peut s'avérer utile pour mettre en place et suivre une stratégie. Par exemple, dans le domaine des banques et assurances, prévoir l'activité, comprendre les besoins des utilisateurs et prendre les bonnes décisions sont les objectifs prioritaires de ces compagnies (Sadighi 2004). Pour cela, les indicateurs de performance vont faire remonter des informations stratégiques et permettre de réaliser des économies, de stimuler et encadrer l'innovation, d'améliorer les connaissances des collaborateurs, d'améliorer l'efficacité de la communauté interne.

5.1.5 Evaluation

L'évaluation d'une activité est assez courante et facile à mettre en place. Il s'agit de quelque chose que l'on pratique régulièrement. En effet, durant toute notre scolarité, nous passons des examens. Il est également habituel d'être évalué sur son travail ou sur les tâches que nous avons menées pendant une période. Nous évaluons nous-mêmes également des objets. Sur internet, de nombreux sites sollicitent les visiteurs pour avoir leurs avis (recettes de cuisines, spectacles,...).

Dans les systèmes informatiques, les indicateurs peuvent également être utilisés pour l'évaluation. Le projet Kaléidoscope précise qu'il existe deux niveaux d'interprétation des données pour une évaluation (Kaléidoscope 2006) :

- ✧ **l'appréciation** : l'indicateur fournit la norme qui permet à l'utilisateur d'interpréter l'évaluation qui est faite (« L'élève a 17/20 et 19/20 ») et
- ✧ **l'évaluation** : l'indicateur renvoie l'évaluation déjà interprétée (« L'élève a de bons résultats »). Il s'agit, cette fois-ci, d'informations subjectives, déjà interprétées.

Par exemple, pour des activités d'apprentissage, (Bousbia 2007) et (Daradoumis 2006) utilisent les indicateurs pour évaluer l'apprentissage des élèves (l'acquisition des connaissances). De plus, les indicateurs bibliométriques essaient d'évaluer l'activité et la qualité scientifique des chercheurs, des équipes, des institutions voire même d'une nation (Kermarec 2007). Enfin, pour veiller à la qualité des documents partagés au sein d'un système de gestion de contenus, (Beylier 2007) propose les indicateurs de maturité. L'évaluation porte sur le niveau de maturité atteint par les documents.

5.1.6 Motivation

Le dernier objectif étudié est la motivation. En effet, un des problèmes majeurs dans les communautés de pratiques sur le web est le manque de participation active, le nombre de contributions est faible comparé au nombre de participants (Beenen 2004). Ce phénomène bien connu est modélisé sous le terme « Power Law » (ou « loi de puissance ») (Steyer 2006).

Les indicateurs dédiés aux objectifs de motivation peuvent être variés. D'une manière générale, ils fournissent des informations qui mettent en avant l'importance d'un utilisateur ou de ses contributions. Par exemple, dans le système Del.icio.us, les utilisateurs peuvent consulter et créer des résumés de livre (Lee 2006). Le problème est qu'ils ont tendance à « profiter » des contributions des autres, ils ont un comportement passif. En partant de l'hypothèse que la perception de la présence sociale va augmenter la participation, plusieurs indicateurs d'awareness ont été mis en place.

D'une manière générale, les objectifs ciblés par les indicateurs peuvent dépendre des utilisateurs à qui ils s'adressent. Par exemple, les indicateurs ayant pour objectif la motivation sont s'adresser principalement aux acteurs de l'activité tandis ceux participant à l'aide à la prise de décision et aux précisions s'adressent aux managers ou modérateurs.

Dans la partie suivante, nous nous interrogeons sur les utilisateurs à qui s'adressent les indicateurs.

5.2 Utilisateurs

Les utilisateurs des indicateurs et les participants de l'activité sont des entités différentes (Dimitracopoulou 2006). Dans cette partie nous identifions différents profils d'utilisateurs susceptibles d'utiliser les indicateurs. Pour cela, nous étudions deux domaines significatifs : le domaine de l'éducation et le domaine de l'entreprise.

5.2.1 Education

Dans le domaine éducatif, et plus particulièrement des forums de discussion, nous retrouvons plusieurs profils d'utilisateurs qui ont recouru aux outils d'analyse de l'activité : les **apprenants** et les **modérateurs** (Dimitracopoulou 2006). Les apprenants vont utiliser des indicateurs répondant aux objectifs d'awareness, d'auto-régulation et de motivation. Les modérateurs sont chargés d'interpréter et de réguler l'activité.

Plus généralement, les **tuteurs** ont besoin d'indicateurs pour apprécier quantitativement mais surtout qualitativement le travail des étudiants sans avoir à explorer les traces détaillées (Labat 2002). De plus, dans le cadre de la régulation d'une activité collaborative, les indicateurs vont aider le tuteur à suivre l'activité des étudiants en temps réel et à discerner au plus vite un dysfonctionnement dans le groupe (Sawaya 2002).

Dans certaines situations, les indicateurs fournis ne sont pas les mêmes selon les rôles des utilisateurs. Cela vient du fait que, selon les rôles des utilisateurs, leurs besoins et droits en observation diffèrent. C'est le cas par exemple des travaux de (Brooks 2006) qui cherche à faciliter la collaboration entre les membres d'un forum de discussion. Les apprenants peuvent visualiser l'indicateur appelé « Peer awareness » qui rend compte des utilisateurs ayant contribué au même sujet de discussion. Les tuteurs ont accès à l'indicateur « Class awareness » qui observe la construction de réseaux sociaux à travers le forum de discussion.

5.2.2 Entreprise

La liste d'utilisateurs susceptibles d'utiliser les indicateurs pour leurs activités en entreprise est longue. En effet, selon le secteur d'activité, l'entreprise, nous pouvons être confrontés à de nombreuses organisations des utilisateurs.

Parmi tous ces rôles nous pouvons discerner l'**administrateur**, le **responsable**, l'**animateur**, le **chef de projet** et l'**utilisateur classique**. Avec ces rôles, bien souvent sont associés des droits. Nous retrouvons, par exemple, dans le domaine des systèmes de gestion de contenus : **lecteur**, **contributeur**, **collaborateur**, **coordinateur**, **gestionnaire**.

Globalement, selon le profil d'un utilisateur, les indicateurs qui lui sont autorisés et qui l'intéressent varient. Par exemple, l'administrateur d'une plate-forme va utiliser un tableau de bord contenant plusieurs indicateurs qui fournissent des informations sur le système lui-même. Son objectif est d'en améliorer la qualité et la performance. Dans un autre contexte, l'animateur ou le chef de projet va pouvoir visualiser des indicateurs concernant les activités des membres de sa communauté (Hendrix 2004). Ces indicateurs vont les aider à piloter leurs groupes de travail. Enfin, pour les objectifs d'awareness et de motivation, les indicateurs sont directement fournis aux participants de l'activité (Prinz 1999, Lee 2006). Les systèmes d'indicateurs sont adaptés aux besoins des utilisateurs.

Selon le contexte d'utilisation de l'indicateur (objectifs d'observation et utilisateurs notamment), plusieurs représentations peuvent être rencontrées. La section suivante présente une étude sur les représentations actuelles qui sont faites des indicateurs.

5.3 Représentations

Pour étudier les représentations des indicateurs nous listons dans un premier temps les possibilités en termes de **positionnement des indicateurs** dans l'environnement informatique et dans un deuxième temps **les différentes visualisations d'indicateurs** qui existent.

L'objectif est d'avoir un aperçu des solutions proposées dans divers domaines en termes de représentations des indicateurs.

5.3.1 Visualisations d'indicateurs

La visualisation d'un indicateur est très importante, il s'agit du « reflet » de l'indicateur qui va être proposé aux utilisateurs. Un indicateur possède un ou des objectifs. Pour que la finalité de celui-ci soit atteinte, l'utilisateur doit se l'approprier, le comprendre et la visualisation en est un élément primordial.

Elle doit être adaptée à la fois à l'indicateur lui-même (le type de valeur), ainsi qu'au contexte d'utilisation de celui-ci (objectif d'observation, besoins et préférences des utilisateurs,...). Certains indicateurs pourront donc être visualisés de la même manière. L'inverse est également possible : un indicateur pourra être représenté de plusieurs façons. L'intérêt est de pouvoir personnaliser les systèmes d'indicateurs. (Devillers 2004) suggère d'offrir plusieurs représentations des indicateurs que les utilisateurs peuvent sélectionner (cf. Figure 32). Les utilisateurs doivent pouvoir choisir le mode de représentation qu'ils préfèrent parmi un choix de représentations dépendant du type d'indicateur et des valeurs qu'il communique.

Indicator information

Indicator:

Description

Definition:

Importance level:

Measure value, calculation formula:

Reference to:

Remarks:

Data type:

Representation shape

Indicator interpretation and utilization, management concerns, warnings

Figure 28 : Choix des formes de représentations des indicateurs (Devillers 2004)

Diverses représentations peuvent être consacrées à la visualisation de la valeur d'un indicateur, telles que des nombres, symboles, icônes, pictogrammes, tables, graphiques, textes, sons, images, etc. Il est également possible d'utiliser des fenêtres pop-up, alarmes visuelles ou sonores, etc., qui sont souvent des façons efficaces de capter l'attention des utilisateurs afin qu'ils se concentrent sur l'essentiel (Devillers 2004).

Par exemple, (Turner 2005) utilise des tableaux pour comparer facilement le niveau de collaboration entre plusieurs disciplines de recherche. De plus, les sociogrammes sont régulièrement utilisés pour étudier les réseaux sociaux (Brooks 2006, Daradoumis 2006, Horn 2004, Sack 2006) (cf. Figure 33).

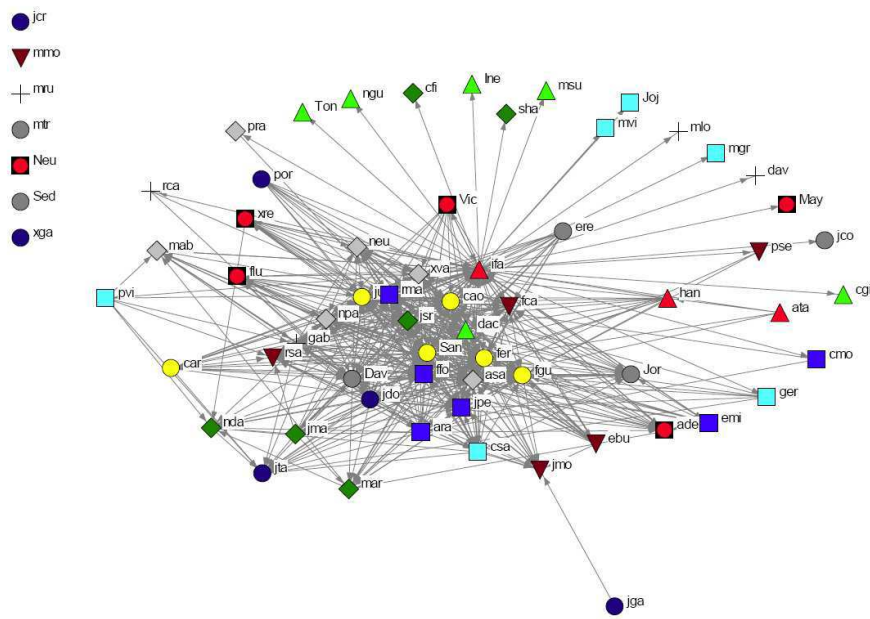


Figure 29 : Sociogramme représentant les interactions entre les membres d'un projet (Daradoumis 2006)

Enfin, dans l'environnement NESSIE (Prinz 1999), plusieurs formes sont utilisées pour fournir de l'awareness aux utilisateurs : des fenêtres contenant du texte, des images d'arrière-plan, des sons ou encore des images animées.

5.4 Synthèse - Analyse

Un indicateur, sorti de son contexte d'utilisation, est difficilement exploitable. C'est lorsque nous définissons son ou ses objectifs et que nous identifions les utilisateurs (droits, rôles, besoins,...) qui vont le visualiser que nous allons pouvoir le définir clairement, le concevoir et ensuite le représenter. Nous avons identifié six grandes catégories d'objectifs nécessitant la mise en œuvre d'indicateurs : l'awareness, l'observation et la compréhension d'une activité, la régulation et l'auto régulation, l'aide à la prise de décision et aux prévisions, l'évaluation et la motivation. Ces objectifs ont été déterminés pour des systèmes d'indicateurs en place dans toutes sortes d'activités de domaines variés.

Ensuite, nous nous sommes intéressés aux utilisateurs de ces indicateurs. Nous avons, établi que selon les domaines et selon les types d'activités, les utilisateurs qui visualisaient les indicateurs n'étaient pas les mêmes. Les indicateurs doivent être adaptés aux profils des utilisateurs. En effet, il se peut qu'un même indicateur soit visualisé par deux utilisateurs ayant des profils (rôle, besoins,...) totalement différents. L'interprétation d'un même indicateur peut donc varier. De plus, pour des raisons de droits ou encore de besoins, certains indicateurs pourront être fournis uniquement à une catégorie d'utilisateurs. Notre proposition doit être capable d'adapter et de personnaliser le système d'observation à base d'indicateurs selon les utilisateurs.

De plus, la représentation d'un indicateur dépend également de son contexte d'utilisation. Il existe plusieurs façons de représenter les indicateurs. Tout d'abord, nous avons vu qu'ils pouvaient être visualisés depuis l'environnement dans lequel se déroule l'activité ou dans un outil externe. Nous les retrouvons dans des tableaux de bord ou liés à l'objet qu'ils concernent.

Enfin, nous avons listé un ensemble de formes que peuvent prendre les indicateurs : textuelles, graphiques, sonores. Le choix des visualisations se fait par rapport à la forme du résultat de l'indicateur, l'activité dans lequel il est utilisé ou encore les préférences des utilisateurs.

5.5 Objectif de recherche n°3

Nous nous rendons compte que le contexte d'utilisation des indicateurs est un élément clé qui le caractérise. Nous devons le prendre en considération pour l'élaboration d'un indicateur. En vue d'exhaustivité, nous devons envisager toutes les possibilités concernant la représentation des indicateurs.

De plus aussi bien pour l'ingénierie et l'utilisation des indicateurs, nous avons remarqué que les résultats satisfaisants découlaient des approches centrées-utilisateur. Afin de suivre cette démarche, nous devons également nous intéresser aux étapes de réutilisation et de validation des indicateurs. Un indicateur doit pouvoir être utilisé dans différentes situations collaboratives (différents espaces, différents processus, différents environnements informatiques). Certains indicateurs vont être construits à partir des mêmes traces, d'autres vont être visualisés de la même manière. Un indicateur ou certains éléments de l'indicateur doivent être réutilisables. Dans la plupart des environnements actuels, les indicateurs sont établis par les concepteurs de l'environnement, parfois de manière définitive. Lors d'interviews avec des utilisateurs, nous nous sommes rendu compte que certains indicateurs n'étaient pas utilisés, pas compris ou encore mal interprétés. Nous devons trouver un moyen de vérifier l'utilité et l'intérêt des indicateurs pour leur validation. Seuls les indicateurs acceptés, compris et utiles seront utilisés.

Le troisième objectif lié à notre problématique est de ***proposer un framework de gestion d'indicateurs basé sur une approche centrée utilisateur***. Pour cela, nous devons proposer une modélisation qui prend en compte les problématiques de personnalisation et d'adaptation des indicateurs en fonction des utilisateurs ou du contexte de l'activité. Nous devons également proposer une méthode pour mettre en place la réutilisation de ces indicateurs de collaboration. Enfin, nous devons proposer un outil qui permettra à l'utilisateur de manipuler les indicateurs (construction, modification, suppression, réutilisation) et de vérifier leur utilisation et utilité afin de valider leur intérêt.

Les trois chapitres suivants exposent nos contributions qui répondent à cet objectif. Dans la continuité de la carte d'identité et du patron d'un indicateur de collaboration, le sixième chapitre présente la vitrine de l'indicateur. Elle contient toutes les informations concernant la représentation d'un indicateur en permettant la personnalisation selon le contexte et l'utilisateur. Le septième chapitre est consacré à la réutilisation des indicateurs. Nous reprenons l'ensemble des caractéristiques des indicateurs et nous proposons une modélisation en vue de sa réutilisation. Enfin, le huitième chapitre présente le prototype que nous avons développé pour mettre en œuvre les contributions de cette thèse. Il s'agit d'un outil qui permet aux utilisateurs de gérer et visualiser des indicateurs de collaboration.

Chapitre 6 : EXPLOITATION DES INDICATEURS - Proposition de la vitrine d'un indicateur de collaboration

6.1	Contextualisation d'un indicateur	135
6.1.1	Positionnement des indicateurs	136
6.2	Visualisation d'un indicateur	139
6.2.1	Variations dans la visualisation d'un indicateur	140
6.2.1.1	Visualisation vs. Type de l'indicateur	140
6.2.1.2	Personnalisation selon les utilisateurs	141
6.2.1.3	Adaptation selon la mise en œuvre des indicateurs	142
6.2.2	Approche choisie : Paradigme MVC	143
6.2.2.1	Concepts	143
6.2.2.2	Discussion	145
6.2.2.3	Caractéristiques de l'indicateur pour sa visualisation	145
6.3	Bilan : Vitrine d'un indicateur de collaboration	146

Jusqu'à présent nous avons modélisé un indicateur avec ce que nous avons appelé une carte d'identité et un patron. Il nous reste à définir l'instanciation d'un indicateur. Il s'agit de préciser dans quel cadre l'indicateur est mis en œuvre et fait sens : dans quel contexte il est utilisé et avec quelle représentation. En reprenant les indicateurs des six cas d'étude présentés dans le premier chapitre, nous nous rendons compte que l'instanciation d'un indicateur est variable.

Cas d'étude n°1

La figure 34 représente une instanciation possible de l'indicateur « Utilisation d'une ressource ». Il s'agit d'un tableau de bord composé de quatre indicateurs. Parmi eux, deux sont de type Nombre et deux de type Tableau.

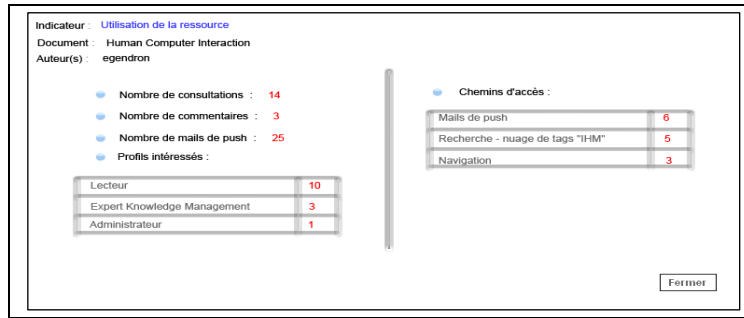


Figure 30 : Visualisation de l'indicateur « Utilisation d'une ressource » (cas d'étude n°1)

Pour des raisons de cohérence, les visualisations sont homogènes pour les indicateurs de même type : les indicateurs de type Nombre sont représentés par des labels et les autres par des tableaux. De plus, cet indicateur sera disponible pour n'importe quelle contribution de la plate-forme et visible par les auteurs du document et par les chefs de projet.

Cas d'étude n°2

L'indicateur « Etat d'avancement du processus de validation » peut être visualisé de deux manières (cf. Figure 35) : la première donne l'état du processus et est associé au document concerné (Vue 1), la seconde représente le processus intégralement (Vue 2).

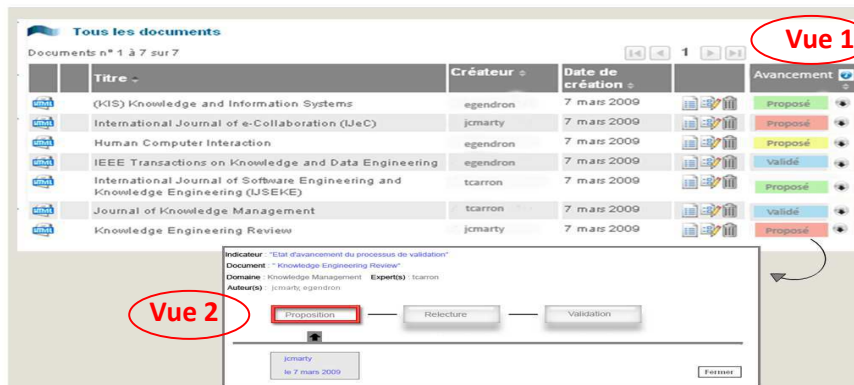


Figure 31 : Visualisation de l'indicateur « Etat d'avancement du processus de validation » (cas d'étude n°2)

Cet indicateur peut être mis en place uniquement pour les documents passant par des processus de validation. De plus, seuls les experts ou les auteurs des contributions sont autorisés à le visualiser. Selon leurs besoins, ils ont la possibilité de le visualiser de deux manières différentes.

Cas d'étude n°3 et 4

Les indicateurs « Niveau de communication » (cas d'étude n°3) et « Niveau de collaboration » (cas d'étude n°4) sont deux indicateurs de type Seuil et pourtant leurs représentations sont différentes (cf. Figure 36 et 37).

Dans le premier cas, l'indicateur concerne un utilisateur, et pour garder le tuteur immergé dans l'activité (un jeu éducatif en l'occurrence), il est représenté dans l'activité sous forme symbolique (Gendron 2008). Dans l'exemple, chaque avatar représentant un étudiant est entouré d'une aura qui change de couleur selon le niveau de l'indicateur. Cet indicateur est visible par tous les participants.



Figure 32 : Visualisation de l'indicateur « Niveau de communication » (cas d'étude n°3)

Dans le deuxième cas, l'indicateur représente le niveau de collaboration d'un groupe d'étudiants, le tuteur va pouvoir le visualiser pendant ou après l'activité dans un tableau de bord. Cette fois-ci un compteur est utilisé pour représenter la valeur de l'indicateur. Comme il s'agit d'un indicateur composite, le tuteur a la possibilité de visualiser les indicateurs utilisés pour son calcul.

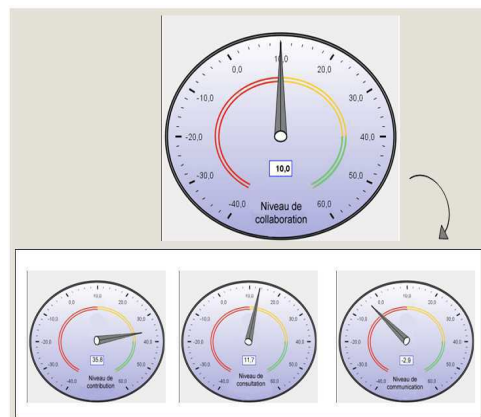


Figure 33 : Visualisation de l'indicateur « Niveau de collaboration » calculé à partir des indicateurs « Niveau de contribution », « Niveau de consultation » et « Niveau de communication » (cas d'étude n°4)

Un même indicateur (même Patron) peut être instancié de différentes manières : des visualisations différentes adaptées aux besoins en observation de l'activité et des usages variés (autorisations de visualisation par exemple). Cette fois-ci, il s'agit d'indicateurs « évalués », le contexte dans lequel

s'applique cette évaluation doit être précisée (par exemple, nombre de participants par groupe minimum et maximum).

Cas d'étude n°5

L'indicateur « Adhésion à un espace » s'adresse à l'administrateur ou l'animateur d'un espace d'une plate-forme collaborative (cf. Figure 38). Il s'agit d'un indicateur qui va l'aider à réguler l'activité de la communauté. Cet indicateur est intégré dans un tableau de bord dédié à l'administration. Les informations représentées par cet indicateur montrent l'évolution dans le temps de la participation des membres.

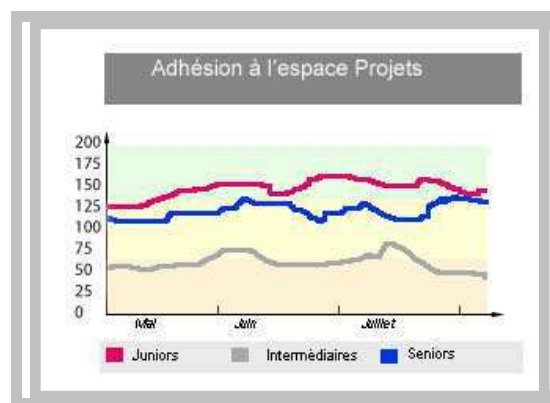


Figure 34 : Visualisation de l'indicateur « Adhésion à un espace » (cas d'étude n°5)

Il s'agit d'un indicateur de type Intervalle Discret, sa visualisation doit prendre en compte la temporalité. Il sera visualisé par l'administrateur uniquement et dans un tableau de bord.

Cas d'étude n°6

Dans le sixième cas d'étude, des indicateurs vont être repris pour être utilisés dans un nouveau contexte. La visualisation, les préférences et les droits sur les indicateurs vont sans doute varier. Le concepteur du nouveau système d'indicateurs doit avoir la possibilité de personnaliser les indicateurs qu'il souhaite mettre en place. Il est important de définir, pour chaque indicateur, le cadre dans lequel il a été prévu afin d'en faciliter sa compréhension et sa réutilisation.

A travers tous ces exemples, nous identifions deux aspects liés à l'instanciation d'un indicateur à développer dans nos travaux :

- ✧ Dans un premier temps, nous allons identifier les éléments du contexte déterminants pour l'utilisation des indicateurs.

- ✧ Ensuite, nous nous intéresserons à l'aspect visualisation des indicateurs. Nous proposons de regrouper ces informations dans ce que nous appelons la « Vitrine d'un indicateur de collaboration ».

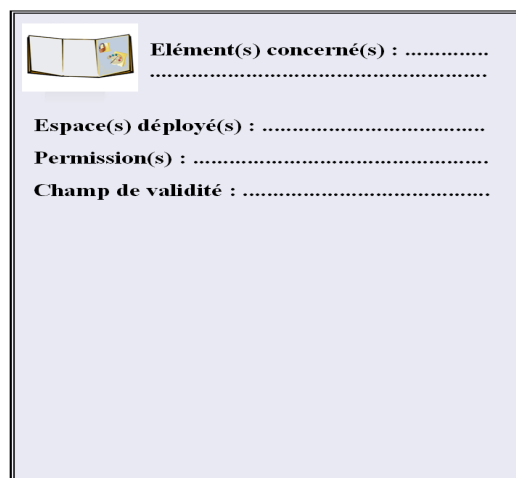
6.1 Contextualisation d'un indicateur

Afin de spécifier le cadre contextuel d'un indicateur, nous pouvons ajouter tous les éléments de contexte qui donne du sens à l'indicateur comme par exemple les ressources concernées par l'indicateur (objet du calcul, propriétaire du document, espace de déploiement de l'indicateur,...). Ainsi, lorsque nous voudrions mettre en place des indicateurs dans deux environnements distincts, nous devons nous assurer que le contexte permettant l'utilisation de l'indicateur est compatible avec celui défini au départ. Au final nous choisissons de spécifier pour chaque indicateur : les **éléments de l'activité concernés**, les **usages** qui seront possibles avec l'indicateur et un **champ de validité**.

- ✧ Premièrement, nous avons identifié que **les indicateurs pouvaient concerner un utilisateur, un groupe d'utilisateur, un document ou un espace**. Par exemple, l'indicateur « Utilisation d'une ressource » (cas d'étude n°1) renvoie un ensemble d'informations par document tandis que l'indicateur « Niveau de communication » (cas d'étude n°3) est calculé par élève. Cette information est nécessaire pour préciser ensuite les droits sur l'indicateur. Si nous autorisons uniquement aux contributeurs de voir l'indicateur « Utilisation d'une ressource », il faut que le document soit mentionné dans la description du contexte de l'indicateur.
- ✧ De plus, nous devons préciser **le champ d'observation de l'indicateur** : toute une plateforme ou certains espaces. Par exemple, l'indicateur « Etat d'avancement du processus de validation » (cas d'étude n°2) doit être mis en œuvre uniquement dans les espaces de la plate-forme où les documents suivent ce processus. Ensuite, l'indicateur « Niveau de communication » (cas d'étude n°3), n'a pas d'intérêt si l'espace ne contient pas d'outil de discussion. Nous devons également préciser **les permissions des utilisateurs sur l'indicateur**.
- ✧ Enfin, nous pouvons spécifier **un champ de validité** à l'indicateur. Nous avons vu dans la carte d'identité de l'indicateur que le niveau d'interprétation de l'indicateur pouvait être brut, gradué ou évalué. S'il est gradué ou évalué, il est possible que l'appréciation proposée par l'indicateur soit subjective. Dans ce cas, le champ de validité indique dans quel contexte l'évaluation fournie est sensée. Par exemple, dans le sixième cas d'étude, un nouvel espace est déployé et des indicateurs vont être réutilisés. Si l'administrateur décide de déployer l'indicateur « Niveau de collaboration », le choix des seuils correspondant aux valeurs de l'indicateur doit être ajusté. En effet, il faudra être moins exigeant sur la participation des utilisateurs dans les premiers temps de mise en place de

l'activité. De plus, si les seuils sont fonction du nombre d'interactions et que dans le nouveau contexte il y a beaucoup moins de participants, les seuils sont à ajuster. En revanche, l'indicateur « Utilisation d'une ressource » renvoie des informations objectives sur les actions menées sur un document. Cet indicateur ne nécessite pas de champ de validité.

Préciser le contexte d'un indicateur revient à décrire le ou les élément(s) qui le concerne, préciser les usages (espaces déployés, droits des utilisateurs) et définir un champ de validité. Ces caractéristiques peuvent être définies dans la « vitrine de l'indicateur » (cf. Figure 39).



Élément(s) concerné(s) :

Espace(s) déployé(s) :

Permission(s) :

Champ de validité :

Figure 35 : Vitrine d'un indicateur de collaboration – v.1

6.1.1 Positionnement des indicateurs

Selon le type d'activités, les indicateurs peuvent être placés **dans l'environnement informatique qui supporte l'activité** des utilisateurs ou **dans un outil indépendant**.

Certains indicateurs sont fournis aux utilisateurs indépendamment. En effet, il se peut que les indicateurs fournissent des informations provenant de plusieurs applications. De plus, nous l'avons vu précédemment, les indicateurs peuvent être utilisés pour répondre à des besoins d'évaluation et être exploités par des personnes en retrait par rapport à l'activité elle-même. Dans ces situations, les indicateurs peuvent être gérés à part. C'est le cas, par exemple, des indicateurs qui observent la co-rédaction entre communautés de chercheurs dans un pays (Turner 2005).

En revanche, lorsque les indicateurs sont intégrés dans les plates-formes, les utilisateurs peuvent les consulter sans sortir du cadre de leur activité. D'une manière générale, les indicateurs qui peuvent engendrer une réaction, un changement dans l'activité seront le plus souvent intégrés à

l'environnement. Ainsi, lorsqu'un utilisateur consulte un indicateur, il reste immergé dans ses propres tâches. Par exemple, pour faciliter l'observation du parcours des apprenants engagés dans une activité pédagogique, le tuteur visualise dans le même espace, des indicateurs qui estiment le niveau de communication des élèves (Gendron 2008).

De plus, les indicateurs peuvent apparaître **dans des tableaux de bord** ou **dans l'activité** elle-même : dans l'espace où travaillent les utilisateurs ou encore associés aux objets de l'activité (utilisateurs, documents,...).

Les tableaux de bord donnent un aperçu représentatif de la situation et permettent d'accéder aux données plus détaillées si besoin. Dans le domaine de la géomatique, (Devillers 2004) précise que l'utilisation d'un seul indicateur serait même dangereuse. La plupart des informations qui permettent de prendre les décisions ne peuvent pas être regroupées dans un seul indicateur. Par exemple, pour analyser la performance d'un projet, (Denos 2004) utilise un tableau de bord qui contient plusieurs indicateurs globaux (cf. Figure 28). L'administrateur a ainsi une vision globale des activités de l'entreprise pour prendre les décisions qu'il convient.

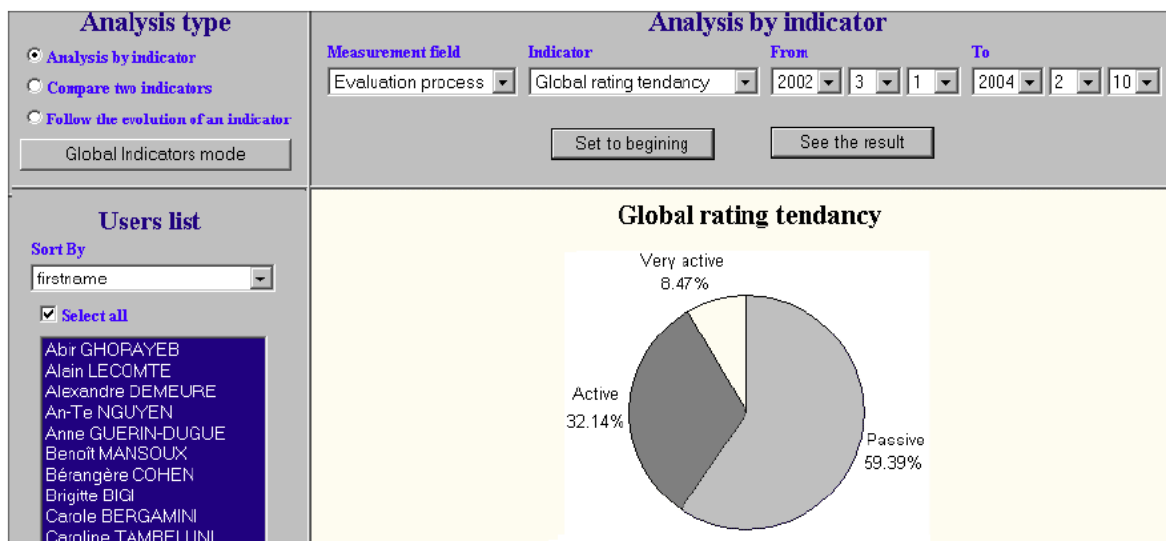


Figure 36 : Tableau de bord (Denos 2004)

Dans un contexte de Formation Ouverte à Distance, (Gueraud 2007) propose une approche générique pour assister le tuteur dans le suivi de situations actives d'apprentissage fondées sur l'exploitation de simulations : l'approche FORMID (cf. Figure 29). Les informations transmises aux tuteurs sont présentés dans un tableau de bord et peuvent être interprétée selon plusieurs référentiels : la séance, une question et un étudiant ou un groupe d'étudiant. Ainsi le tuteur a une première vision globale de l'activité en cours et peut à tout moment se focaliser sur un segment de l'activité.

The screenshot shows a software interface for tracking student activity. At the top, there are navigation buttons for 'Séance' and a grid of columns for 'Exercice 19', 'Exercice 20', 'Exercice 21', and 'Ex.22', each with sub-columns 1, 2, and 3. On the left, a list of student names is shown, with 'Tous' selected. The main area is a grid where each cell contains a horizontal bar chart representing activity levels for that student in that specific session and exercise.

Figure 37 : FORMID-Suivi : interface de suivi de la classe sur une séance

D'autre part, les indicateurs peuvent **être associés aux objets de l'activité**. Il peut s'agir, d'un document, d'un sujet de discussion, d'un utilisateur, d'un groupe d'utilisateur ou encore d'un espace. Par exemple, le système iHelp fournit des indicateurs avec les sujets de discussions des forums (Brooks 2006). Chaque sujet se voit associé un indicateur exposant le nombre de personnes qui consultent les discussions ainsi que le rapport entre le nombre de discussions consultés sur le nombre total (cf. Figure 30). Il est important de visualiser l'indicateur simultanément avec le sujet. En effet, c'est bien au moment où un utilisateur s'intéresse à un sujet qu'il peut avoir besoin et/ou envie de rentrer en contact avec certains ou la totalité des membres signalés.

Content:

- [-] CMPT 100
 - [+] Getting Started(79/89) 📊 📊
 - [+] Help and Hints(79/89) 📊
 - [+] Evolution of Computers 📊
 - [+] Hardware and Software 📊
 - [+] The Internet(3/3) 📊
 - [+] Basic XHTML(6/8) 📊
 - [+] Advanced XHTML(4/8) 📊
- [-] CMPT 350(227/238) 📊
 - [+] **XHTML**
 - [+] **Cascading Style Sheets (CSS)**
 - [+] **Introduction to Javascript**
 - [+] **JS Programming Concepts**
 - [+] **Js Functions and Forms**
 - [+] **Advanced JavaScript**

Figure 38 : Indicateur « Peer awareness », iHelp (Brooks 2006)

Enfin, (Devilleers 2004) offre un mode de visualisation cartographique des indicateurs géo-spatiaux (cf. Figure 31). En plus d'une représentation des indicateurs dans un tableau de bord, la valeur des indicateurs doit pouvoir être représentée sur la carte. L'utilisateur pourra passer en mode de représentation cartographique de la qualité et ainsi avoir une meilleure idée des qualités

individuelles des objets. Cette représentation permet entre autres d'identifier rapidement l'hétérogénéité spatiale de la qualité. Cet exemple montre qu'il est possible de changer le référentiel de l'indicateur.

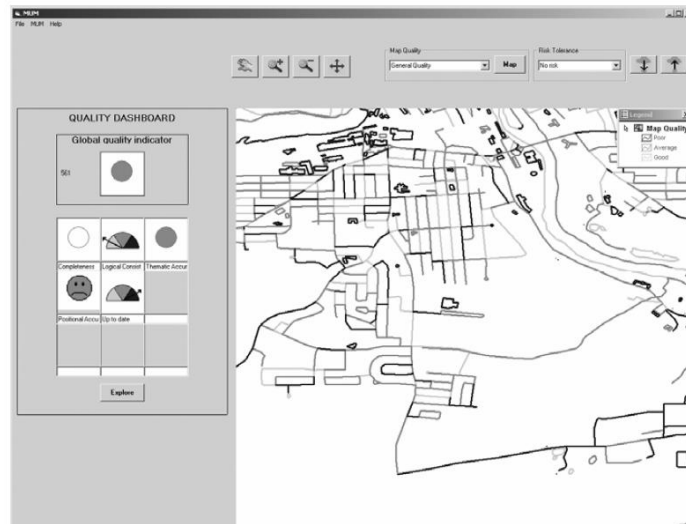


Figure 39 : Mode de visualisation cartographique des indicateurs géo-spatiaux (Devillers 2004)

Nous venons de lister plusieurs possibilités en termes de positionnement des indicateurs dans l'activité. Dans la section suivante, nous complétons notre étude sur la représentation des indicateurs en nous focalisant sur les visualisations qui peuvent être mises en œuvre.

6.2 Visualisation d'un indicateur

La visualisation d'un indicateur est un aspect important que nous devons prendre en compte car il s'agit du reflet de l'indicateur et du travail de définition et de construction qui a été engendré. Dans le chapitre précédent, nous avons souligné qu'un indicateur pouvait être mis en œuvre au sein de la plate-forme dans laquelle se déroule l'activité et/ou dans un outil indépendant. De plus, nous avons vu dans les différents cas d'étude que certains indicateurs sont visualisés dans un tableau de bord ou dans l'activité même. Nous avons également mis en évidence la grande diversité de représentations graphiques possibles. Notre système doit être capable de proposer des visualisations adaptées au contexte dans lequel est mis en œuvre l'indicateur.

Dans cette partie, nous nous intéressons tout d'abord aux éléments déterminants pour la visualisation d'un indicateur. Ensuite, nous présentons l'approche choisie pour répondre à ces besoins. Nous terminons en listant les caractéristiques d'un indicateur liées à sa visualisation.

6.2.1 Variations dans la visualisation d'un indicateur

Nous avons vu dans le chapitre précédent, que les indicateurs, et par conséquent leurs représentations, variaient selon leurs usages. Dans cette partie, nous démontrons que la visualisation d'un indicateur peut dépendre du type de l'indicateur (tel qu'il est défini dans le patron de l'indicateur) et qu'elle doit être adaptée selon l'utilisateur (son rôle, son profil, ses droits, ses besoins) et selon sa mise en œuvre (Tableau de bord, contextualisé,...).

6.2.1.1 Visualisation vs. Type de l'indicateur

Nous pouvons définir les visualisations des indicateurs selon leurs types (tels que nous les considérons dans le Patron de l'indicateur). Parmi ceux que nous avons étudiés (Nombre, Intervalle Discret, Seuil et Tableau), les représentations possibles des valeurs des indicateurs diffèrent. Par exemple, l'indicateur « Niveau de communication » de type Seuil (cas d'étude n°3), pourra être représenté à l'aide d'un label, d'un baromètre, ou encore d'un feu tricolore. D'autre part, l'indicateur « Adhésion à un espace » (cas d'étude n°5) de type Intervalle Discret illustré à l'aide d'une courbe, d'un tableau ou bien d'un diagramme en barre.

Pour visualiser les indicateurs proposés pour l'analyse des interactions dans les forums éducatifs, (Dimitracopoulou 2006) propose de différencier :

- ✧ les visualisations **indépendantes du temps (statiques)**. Cela correspond aux indicateurs qui représentent l'état de l'activité à un instant, ou pour un évènement. Dans ce cas la temporalité ne sera pas visualisée par l'utilisateur. C'est le cas de l'indicateur « Nombre total de consultations » pour une contribution (indicateur élémentaire du cas d'étude n°1).
- ✧ les visualisations **dépendantes du temps (dynamiques)**. Cela correspond aux indicateurs faisant sens grâce à des calculs temporels. Dans ce cas, la plupart du temps nous retrouvons des visualisations sous forme de graphique. Il s'agit d'indicateurs fonctions du temps, de co-variations entre des variables, ou des représentations simultanées. Par exemple, l'indicateur « Adhésion à un espace » (cas d'étude n°5) a un intérêt stratégique pour l'administrateur car il offre une représentation de l'évolution de l'implication des acteurs dans la plate-forme.

Ensuite, pour un même indicateur, plusieurs visualisations sont possibles. Avec l'exemple « Adhésion à un espace », de type Intervalle Discret, nous pouvons avoir plusieurs visualisations associées : un diagramme en barre ou encore une courbe graphique (cf. Figure 40).

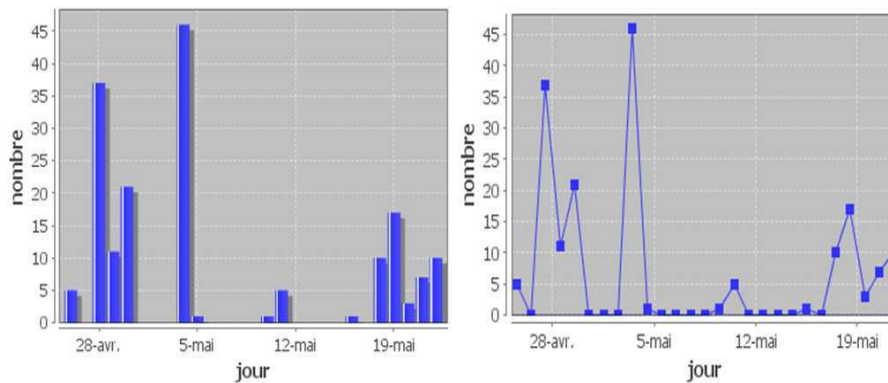


Figure 40 : Exemples de graphiques pour un même type d'indicateur (Intervalle Discret)

6.2.1.2 Personnalisation selon les utilisateurs

Il est nécessaire de connaître les utilisateurs à qui s'adressent les indicateurs de collaboration qui seront visualisés. Nous avons établi dans l'état de l'art, que selon les domaines et selon les types d'activités, les utilisateurs qui visualisaient les indicateurs n'étaient pas les mêmes. Les indicateurs doivent être adaptés aux profils des utilisateurs. En effet, il se peut qu'un même indicateur soit visualisé par deux utilisateurs ayant des profils totalement différents. Selon leur rôle, leur profil, les différents utilisateurs n'auront pas les mêmes besoins ou capacités de compréhension et d'utilisation. De plus, nous avons vu dans la partie contextualisation, que pour des raisons de droits ou encore de besoins, certains indicateurs pourront être fournis uniquement à une catégorie d'utilisateurs. Notre proposition doit être capable d'adapter et de personnaliser le système d'observation à base d'indicateurs selon les utilisateurs. Dans ces travaux sur la personnalisation des EIAH, (Brusilovsky 2008) propose de définir un modèle d'utilisateur. Il s'agit « d'une représentation des informations concernant un utilisateur individuel pour fournir une source d'adaptation, i.e. pour que le comportement de l'environnement soit différent pour des utilisateurs différents ». Ce modèle est utilisé pour proposer une assistance et une présentation des contenus adaptés aux utilisateurs. Dans le modèle, plusieurs informations sont mentionnées : les connaissances des utilisateurs, leurs centres d'intérêts, les tâches qui leur sont attribuées dans l'activité, l'expérience, les traits individuels et le contexte de travail. Ces éléments ne sont pas tous nécessaires pour personnaliser la représentation des indicateurs.

Si nous reprenons l'exemple de l'indicateur « Utilisation d'une ressource » (cas d'étude n°1), il est important de prendre en compte les droits et les besoins des utilisateurs sur cet indicateur. En effet, cet indicateur apportera beaucoup à l'auteur de la contribution ainsi qu'à ses responsables ou au coordinateur de l'activité. En revanche, il apportera sans doute moins aux lecteurs de la contribution et il est important d'éviter de surcharger leur activité avec des informations dont ils n'ont pas besoin.

De plus, la personnalisation du système peut se faire en fonction des préférences de l'utilisateur. Dans cette thèse, nous avons fait le choix de suivre une approche centrée-utilisateur, l'adaptation de la visualisation selon les préférences des utilisateurs fait donc partie de nos objectifs. Il est essentiel

pour l'utilisateur de s'approprier l'indicateur pour le comprendre, cela passe par le paramétrage de la visualisation (jeux de couleurs, positionnement dans l'écran, taxonomie,...). Par exemple, (Sen 2006) permet aux utilisateurs de noter, organiser et supprimer les indicateurs (sous formes d'alertes). Le système enregistre les préférences de chacun des utilisateurs pour les réinvestir lors de leurs prochaines activités.

Enfin, lors d'entretiens pour le recueil des besoins (détaillé dans le chapitre 6), nous nous sommes intéressés au problème des droits sur ces indicateurs. Par exemple, l'auteur de la contribution concernée par l'indicateur doit pouvoir autoriser ou interdire les autres utilisateurs de le visualiser afin d'éviter des comparaisons non productives entre participants. De même, c'est le cas dans l'environnement EPROFILEA (Jean-Daubias 2005) qui est un outil d'aide à la réutilisation de profils dans toutes disciplines d'enseignement. Le professeur construit les vues et pour cela il définit les parties consultables par les différents acteurs, le vocabulaire et le mode de représentation. Pour cela, les individualités des apprenants (à travers leurs profils) et les besoins et habitudes pédagogiques d'un enseignant sont pris en compte (Lefevre 2009).

6.2.1.3 Adaptation selon la mise en œuvre des indicateurs

Nous avons vu également dans l'état de l'art, que l'emplacement et la disposition des indicateurs dans un environnement pouvaient varier. Selon le type d'activités, les indicateurs peuvent être placés dans l'environnement informatique qui supporte l'activité des utilisateurs ou dans un outil indépendant. De plus, les indicateurs peuvent apparaître dans des tableaux de bord ou dans l'activité elle-même : dans l'espace où travaillent les utilisateurs ou encore associés aux objets de l'activité (utilisateurs, documents,...).

Les visualisations doivent être adaptées selon les différentes situations. Dans les tableaux de bord, l'ensemble des indicateurs doit être cohérent, et cela passe par leurs visualisations. D'autre part, les indicateurs placés dans l'activité doivent avoir une représentation qui s'accorde avec le contexte de l'activité.

De plus, un même indicateur peut être visualisé à plusieurs emplacements. Par exemple, l'indicateur « Nombre de consultations » apparaît dans le tableau de bord de l'indicateur « Utilisation d'une ressource » (cas d'étude n°1), mais il serait tout à fait possible de le retrouver dans un mail récapitulatif destiné à l'administrateur ou au contributeur lui-même afin de l'aider à faire apprécier l'impact de cette contribution.

Les visualisations qui vont être proposées par notre système devront facilement être utilisables et configurables à partir d'un tableau de bord ainsi qu'exportables vers l'environnement dans lequel se déroule l'activité.

Les visualisations des indicateurs dépendent du type de celui-ci. La personnalisation de la visualisation dépend des utilisateurs auxquels ils sont destinés (rôles, besoins, préférences,...) et de leur disposition dans l'environnement informatique (tableau de bord, immersion dans l'activité,

export vers mail,...). Nous devons donc trouver un moyen de faire correspondre plusieurs visualisations pour un indicateur et le personnaliser selon le contexte et les utilisateurs.

Dans la partie suivante, nous présentons l'approche choisie pour gérer les visualisations des indicateurs. Nous déterminerons ensuite les éléments spécifiques à la visualisation qui caractérisent un indicateur.

6.2.2 Approche choisie : Paradigme MVC

Dans cette partie, nous allons exposer le système de visualisation de nous avons choisi pour la représentation des indicateurs.

6.2.2.1 Concepts

Ce travail se base sur le fait qu'une même information, en l'occurrence un indicateur, pouvait être visualisé de manière différente tout en provenant des même sources (les traces de l'activité). Le premier constat est la factorisation du processus d'ingénierie. Le second, et celui qui nous intéresse tout particulièrement dans ce chapitre, est la factorisation des modes de représentation. En effet, une même représentation ou vue pourra être utilisée pour plusieurs indicateurs.

L'architecture proposée est le paradigme de conception informatique nommé MVC (Modèle Vue Contrôleur). Le modèle MVC divise le système en un modèle (modèle de données), une vue (présentation, interface utilisateur) et un contrôleur (logique de contrôle, gestion des événements, synchronisation), chacun ayant un rôle précis. Dans notre contexte, le patron de l'indicateur (présenté dans le troisième chapitre) correspond au **modèle**, le mode de représentation à la **vue** et le système à base de règles qui gèrent la correspondance entre les indicateurs et les visualisations au **contrôleur**.

Comme le montre la figure 41, nous avons trois ensembles indépendants : les vues, les modèles et les contrôleurs. Il existe des **règles d'assemblage** qui listent les vues possibles pour représenter un indicateur (un modèle) selon son type. Le contrôleur associé à chaque vue se charge de construire la visualisation de l'indicateur à partir du modèle de celui-ci et de la mettre à jour en cas de changements du modèle.

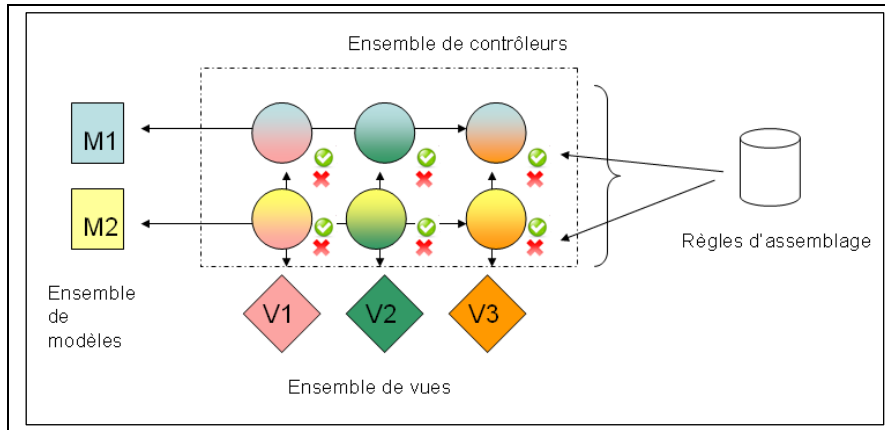


Figure 41 : architecture MVC pour la visualisation d'indicateurs

La figure 42 illustre ce modèle en comparant l'indicateur « Adhésion à un espace » et l'indicateur « Niveau de communication ». Les patrons des indicateurs correspondent à M1 et M2. Il existe trois vues : une vue « **diagramme en barre** » V1, une vue « **courbe graphique** » V2 et une vue « **voyant lumineux** » V3.

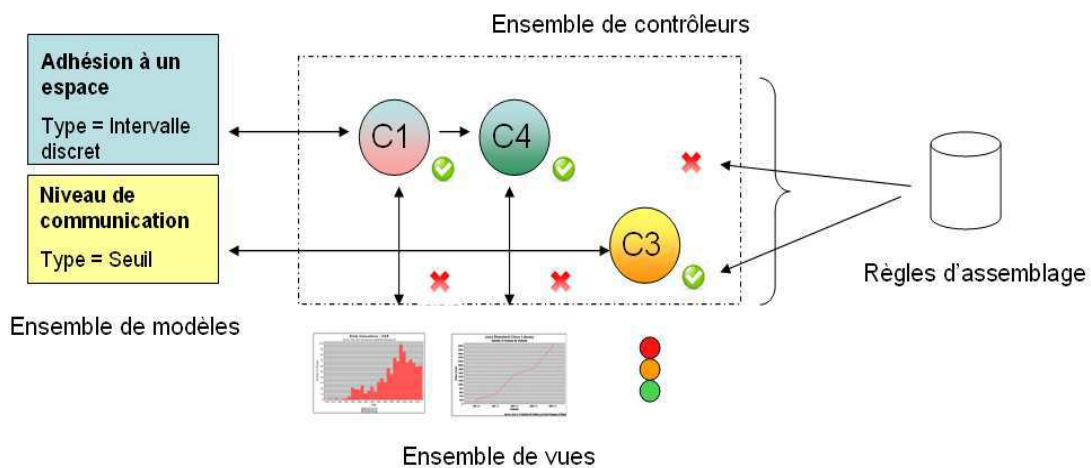


Figure 42 : Exemple architecture MVC pour les indicateurs « Adhésion à un espace » et « Niveau de communication »

Pour afficher les indicateurs, le système va rechercher les vues possibles à l'aide des règles d'assemblage. Par exemple sur la figure 42, les vues « diagramme en barre » et « courbe graphique » sont permises pour l'indicateur « Niveau de communication » et la vue « voyant lumineux » pour l'indicateur « Adhésion à un espace ». En effet, les deux premières vues permettent de représenter des mesures dans le temps (type Intervalle Discret) alors que la troisième illustre la notion de Seuils.

A présent, observons comment cette proposition répond aux contraintes explicitées dans la partie 6.2.1.

6.2.2.2 Discussion

Premièrement, nous avons vu que nous devons tenir compte du type de l'indicateur pour que la visualisation de celui-ci soit concevable et sensée. Selon ces caractéristiques, une ou plusieurs solutions peuvent correspondre pour un même type. La solution proposée nous permet de prendre en compte ces aspects. Les règles d'assemblage sont chargées de faire correspondre les types des indicateurs aux vues existantes dans le système. Il est donc possible d'avoir plusieurs vues pour un même indicateur et de réutiliser des vues pour différents indicateurs.

Ensuite, nous avons souligné que la visualisation devait être personnalisée selon l'utilisateur et tout ce qui le caractérise dans l'activité comme son rôle, son profil, ses besoins et ses droits. Nous répondons en partie à ce constat en proposant une solution qui permet d'avoir plusieurs visualisations d'un même indicateur et ainsi d'adapter la vue au profil de l'utilisateur. Il est possible de faire varier ces vues selon les choix des utilisateurs, en notifiant et sauvegardant ces informations. Il restera ensuite à prendre en compte les rôles et droits des utilisateurs qui vont jouer sur la visibilité de l'indicateur.

Enfin, nous avons mis en évidence que les visualisations qui vont être proposées par notre système devront facilement être configurables et utilisables à partir d'un tableau de bord ainsi qu'exportables vers l'environnement dans lequel se déroule l'activité. La solution choisie permet la portabilité des vues : les modèles sont fixes (les indicateurs sont stockés dans une base de données), les vues peuvent se situer à divers endroits, c'est le contrôleur qui doit savoir où est le modèle afin de mettre à jour la vue qu'il gère.

Dans la partie suivante, nous identifions les caractéristiques spécifiques à la visualisation d'un indicateur en nous appuyant sur l'approche que nous venons de présenter.

6.2.2.3 Caractéristiques de l'indicateur pour sa visualisation

En reprenant nos besoins en ce qui concerne la visualisation des indicateurs et les possibilités de la proposition ci-dessus, nous associons à un indicateur les éléments suivants :

- ✧ **une ou plusieurs Vue(s)** pour visualiser l'indicateur dont une par défaut. Pour chaque vue, le **mode de visualisation associé** est renseigné (tableau de bord, ou nom de l'espace,...). chaque vue est décrite à l'aide de paramètres tels que : **son créateur** et **sa date de création** et un ensemble d'attributs spécifiques à la vue.


Pour la construction d'indicateurs dans le domaine éducatif, (Lonchamp 2006) spécifie les attributs suivants : un titre, le nom de la forme utilisée (Diagramme en barre, Courbe,...), une description informelle, les valeurs des labels, et les expressions de calculs pour construire l'indicateur. Dans notre contexte, seuls les attributs liés à la vue même nous intéresse, nous choisissons d'associer les éléments suivants : **un titre** (comprenant par défaut le nom de l'indicateur) et **un sous titre** (comprenant par défaut la description

informelle de l'indicateur), le **nom de la forme choisie** (par exemple Diagramme en barre ou Courbe) et les **éléments de descriptions de la forme** (couleur(s), légende,...).

- ✧ **les préférences des utilisateurs.** Dans cette caractéristique, les visualisations personnalisées selon le groupe, le rôle ou encore les choix des utilisateurs seront précisés.

6.3 Bilan : Vitrine d'un indicateur de collaboration

A présent, nous pouvons compléter la Vitrine de l'indicateur. Nous y retrouvons toutes les caractéristiques concernant son instanciation : le contexte et les visualisations possibles (cf. Figure 43). Parmi elles, il y a les éléments concernés par l'indicateur, le ou les espaces dans lesquels il est déployé, les permissions des utilisateurs sur l'indicateur et un champ de validité. Parmi les permissions, nous avons identifié les droits suivants : « blocage », « écriture » (création et modification), « lecture » et « suppression ». Nous avons séparé les droits « écriture » des droits « blocage » et « suppression », car un auteur ne va pas forcément pouvoir créer d'indicateur, en contrepartie, il a la possibilité de désactiver les indicateurs qui concernent les documents dont il est le propriétaire. Ensuite, une ou plusieurs vues peuvent être associées ainsi que des préférences sur l'indicateur selon les utilisateurs.

 **Elément(s) concerné(s) :**

.....

Espace(s) déployé(s) :

Permission(s) :

Champ de validité :

Vue(s) associée(s) : **Préférences :**

Créateur :

Date création :

Titre :

Sous-titre :

Forme :

Attributs de la forme :

Figure 43 : Vitrine d'un indicateur de collaboration – v.2

La vitrine de l'indicateur « Adhésion à un espace » (cas d'étude n°5) est illustrée par la figure 44. L'indicateur est déployé dans le tableau de bord de l'administrateur, il concerne les utilisateurs dont le groupe est « Junior ». Seul l'administrateur peut visualiser et agir sur cet indicateur. Aucun champ de validité n'est nécessaire pour cet indicateur car il s'agit d'une observation objective de l'activité.

De plus l'indicateur est représenté par la vue « VUE 1 » créée par l'administrateur le 12 Avril 2010. Le titre du graphique choisi est le nom de l'indicateur et le sous-titre précise le groupe d'utilisateur ciblé par l'indicateur. La forme choisie pour cette vue est une « Courbe XY ». En abscisse est représenté la période de l'indicateur (période mois pour un indicateur de type Intervalle Discret), en ordonnée, nous retrouvons la valeur de l'indicateur. Aucune préférence n'est associée à l'indicateur, car il est visualisé uniquement par l'administrateur (qui a lui-même conçu l'indicateur). Par défaut, lorsqu'aucune préférence n'est précisée, la première vue est la vue sélectionnée.

Elément(s) concerné(s) :
.....Groupe d'utilisateur « Junior ».....

Espace(s) déployé(s) : Tableau de bord.....

Permission(s) : Administrateur : tous les droits.....

Champ de validité : N/A.....

Vue(s) associée(s) : **Préférences :**

VUE 1

Créateur : administrateur.....

Date création : 12/04/10.....

Titre : Adhésion à un espace.....

Sous-titre : - Juniors -.....

Forme : Courbe XY.....

Attributs de la forme :
Abcisse = période ;
Ordonnée = valeur indicateur.....

Figure 44 : Vitrine de l'indicateur « Adhésion à un espace »

Nous avons présenté la carte d'identité et le patron et, dans ce chapitre, la vitrine d'un indicateur de collaboration. Toutes les caractéristiques liées à l'élaboration d'un indicateur sont maintenant représentées. Dans le chapitre suivant, nous complétons notre approche centrée-utilisateur en nous focalisant sur les besoins de réutilisation des indicateurs de collaboration.

Chapitre 7 : EXPLOITATION DES INDICATEURS - Approche unifiante et réutilisation

7.1	Cadre pour la réutilisation	150
7.2	Modélisation d'indicateurs	152
7.3	Outils et méthodes pour la réutilisation	156
7.3.1	Processus « For-Reuse »	156
7.3.1.1	Classification des indicateurs.....	157
7.3.1.2	Qualification des indicateurs	159
7.3.2	Processus « With-Reuse »	159
7.4	Bilan - Réutilisation	160

Dans le troisième objectif de recherche de cette thèse, nous avons envisagé de proposer un framework de gestion d'indicateurs, basé sur une approche centrée-utilisateur. Nous avons commencé à y répondre dans le chapitre précédent en prenant en compte les problématiques de personnalisation et d'adaptation à travers l'instanciation des indicateurs.

Nous allons à présent, nous intéresser à la problématique de réutilisation des indicateurs de collaboration :

- ✧ Premièrement, selon le rapport sur les indicateurs environnementaux pour l'agriculture proposé par (OCDE 1999), la spécificité des indicateurs, par rapport à d'autres formes d'information, tient peut-être uniquement au fait qu'ils sont jugés opportuns et recevables par les utilisateurs. Ce point important laisse supposer que **le choix d'un indicateur peut dépendre aussi bien de la recevabilité et l'adhésion des utilisateurs (pour cet indicateur) que de la rigueur scientifique. De cette manière, lorsque qu'un consensus a été dégagé sur un indicateur ou un groupe d'indicateurs, il peut être judicieux de s'en référer et de le(s) réutiliser.** Par exemple, dans le sixième cas d'étude, l'enseignant met en place une séance pédagogique dans un contexte qu'il connaît (plateforme déjà utilisée et utilisateurs déjà rencontrés). Il souhaite réutiliser certains indicateurs qui l'avaient aidé à réguler l'activité. Parmi les indicateurs qu'il a déjà testés, certains vont pouvoir être réutilisés entièrement tandis que d'autre vont nécessiter quelques modifications (changement du type d'indicateur ou de visualisation).
- ✧ Deuxièmement, tout comme la conception de nouveaux composants logiciels, la création d'un nouvel indicateur a un coût non négligeable. Selon (Estublier 2005), **la réutilisation n'est pas un but en soi mais son objectif est l'accélération du processus de création des**

composants et la diminution des coûts de maintenance. Dans notre cadre de recherche, en suivant une approche centrée-utilisateur, nous souhaitons que les utilisateurs (autres que les ingénieurs informaticiens) puissent élaborer de nouveaux indicateurs facilement et à moindre coût. Néanmoins, concevoir des composants réutilisables a également un coût significatif. Pour les rentabiliser, il faut s'assurer qu'ils sont réellement réutilisés. Pour y parvenir, (Estublier 2005) propose de mesurer le succès de la réutilisation en regardant le niveau d'abstraction des composants (plus un composant est abstrait, plus il peut être déployé dans différents contextes) et en comparant le nombre de composants réutilisés par rapport au nombre de nouveaux composants.

D'une manière générale, un indicateur doit pouvoir être utilisé et réutilisé dans différentes situations collaboratives (différents espaces, différents processus, différents environnements informatiques). La définition générale de réutilisation proposée par (Gzara 2003) correspond bien à notre approche : « *a new development approach by which a system can be built from existing components already described, carried out, tested and accepted in past experiences. The aim is to avoid remaking all with each new application or when changing a software* ».

Dans ce chapitre, nous nous intéressons au processus de réutilisation et nous exposons une démarche pour accompagner l'utilisateur. Pour cela, nous proposons de modéliser les indicateurs de collaboration en reprenant les éléments spécifiés dans la carte d'identité, le patron et la vitrine. Ensuite, nous soutenons le processus de réutilisation des indicateurs en fournissant aux utilisateurs un outil qui va les aider à sélectionner les indicateurs à réutiliser : la classification.

7.1 Cadre pour la réutilisation

La réutilisation peut se faire selon plusieurs approches. Par exemple, Dans le domaine du logiciel, deux techniques peuvent être mises en place pour la réutilisation de composants logiciels : *low-level or fine-grain reuse* et *high-level or coarse-grain reuse* (See 1996). La première permet de réutiliser un segment de code de programmation, tandis que la seconde reprend les concepts de conception et une quantité importante de code. D'autre part, dans le cadre de la réutilisation de bases hypermédias, trois stratégies sont proposées : *minimale*, *partielle* et *totale* (Soula 1998). La réutilisation minimale vise à récupérer uniquement les informations « terminales » (informations brutes). En revanche, la réutilisation totale a pour objectif la réutilisation de toutes les composantes de l'hypermédia. Et la réutilisation partielle est une solution intermédiaire entre les deux précédentes.

Dans notre contexte, une approche similaire au second exemple correspond bien aux besoins que nous pouvons avoir en termes de réutilisation des indicateurs. Nous définissons trois stratégies possibles pour la réutilisation des indicateurs de collaboration : « **totale** », « **avec peu de modifications** » et « **avec beaucoup de modifications** ».

- ✧ La réutilisation « **totale** » revient pour nous à prendre un indicateur existant et à le réutiliser tel quel dans un autre contexte (autre espace, autre plate-forme). Par exemple, l'indicateur qui compte le nombre de connexions journalières semble être générique et indépendant du contexte, sa réutilisation est possible sans changement au niveau de sa modélisation.
- ✧ Le mode « **avec peu de modifications** » signifie, cette fois-ci, réutiliser un indicateur en effectuant quelques paramétrages pour qu'il soit adapté au nouveau contexte d'utilisation. Par exemple, dans le cas d'étude n°5, l'administrateur va être amené à reprendre l'indicateur « Adhésion à un espace » et effectuer quelques modifications : il va modifier la construction de l'indicateur de manière à ce qu'il observe les mêmes actions en distinguant, cette fois-ci, les groupes des acteurs.
- ✧ Et le dernier mode, « **avec beaucoup de modifications** », représente le besoin de modifications majeures pour une réutilisation de l'indicateur et donc des connaissances poussées et précises (caractéristiques et fonctionnement) de la carte d'identité, du patron et de la vitrine de l'indicateur. Imaginons repartir de l'indicateur « Nombre total des consultations (par document) » (cas d'étude n°1) pour obtenir un indicateur que l'on pourrait nommer « Niveau d'intérêt global (par document) ». Dans ce cas, l'instanciation de l'indicateur ne change pas mais toute l'élaboration de l'indicateur évolue : il ne s'agit plus uniquement d'observer les consultations classiques. Viennent s'ajouter, les commentaires, les évaluations ou encore les consultations complètes des pièces jointes dans le calcul de l'indicateur. La règle de calcul évolue à son tour, nous pouvons ajouter des pondérations à certains événements et la fonction mathématique ne sera plus une somme.

Indépendamment de la nature des données réutilisées (composants métiers, composants architecturaux, design patterns,...), rendre réutilisable un produit de développement nécessite de disposer de langages conceptuels et opérationnels permettant l'expression de solutions génériques, adaptables, intégrables, composables, etc. (Barbier 2002). Pour cela, nous distinguons trois facteurs principaux auxquels nous devons nous intéresser pour pouvoir faire de la réutilisation avec les indicateurs de collaboration :

- ✧ **Le composant (l'indicateur dans nos travaux)** - Pour réutiliser un indicateur, nous devons le modéliser et définir les attributs réutilisables.
- ✧ **Les outils** - La réutilisation est un processus complexe qui nécessite des outils particuliers pour à la fois concevoir des indicateurs réutilisables et concevoir des indicateurs à partir d'indicateurs existants.
- ✧ **L'organisation** - La réutilisation n'aura lieu uniquement si la structure organisationnelle s'y prête : une méthodologie coopérative et participative, des rôles distincts pour les utilisateurs participant au processus de réutilisation, une évaluation du retour sur investissement, une implication du management pour couvrir les coûts,...

Dans nos travaux, nous nous sommes particulièrement intéressés aux deux premiers aspects. Dans les sections suivantes nous exposons notre proposition de modélisation des indicateurs de collaboration puis nous suggérons plusieurs outils et méthodes pour accompagner les utilisateurs dans les différentes phases du processus de réutilisation.

7.2 Modélisation d'indicateurs

Dans les chapitres précédents nous avons présenté l'indicateur en distinguant sa carte d'identité, son patron et sa vitrine (cf. Figure 45). Ces trois éléments sont liés les uns aux autres : les caractéristiques de la carte d'identité peuvent dépendre du contexte, le champ de validité fait référence au calcul du patron, et la visualisation dépend du type de l'indicateur.


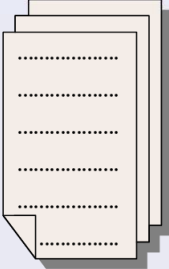


 <p>Name :</p> <p>Desc :</p> <p>.....</p> <hr/> <p>Creation date :</p> <p>Creator :</p> <p>Update date :</p> <p>Updater(s) :</p> <hr/> <p>Point of view :</p> <p>Dimension :</p> <p>Nature :</p> <p>Level of interpretation :</p>	 <p>Type :</p> <p>→ attributs du type</p> <p>Structure:</p> <hr/> <p>Règle(s) de calcul associées:</p> 	 <p>Elément(s) concerné(s) :</p> <p>.....</p> <p>Espace(s) déployé(s) :</p> <p>Permission(s) :</p> <p>Champ de validité :</p> <hr/> <p>Vue(s) associée(s) :</p>  <p>Créateur :</p> <p>Date création :</p> <p>Titre :</p> <p>Sous-titre :</p> <p>Forme :</p> <p>Attributs de la forme :</p> <p>.....</p> <p>Préférences :</p> <table border="1" data-bbox="1235 1211 1417 1473"> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> </table>						

Figure 45 : Description globale d'un indicateur de collaboration (Carte d'Identité - Patron -Vitrine)

Pour réutiliser un indicateur, nous devons prendre en compte ces trois éléments. Pour cela, nous proposons une modélisation de l'indicateur qui reprend tous les éléments de description que nous avons spécifiés. Nous choisissons de privilégier la modularité. En effet, comme c'est le cas dans le domaine de l'ingénierie des documents, la modélisation modulaire offre des avantages considérables au niveau de la réutilisation (Chikh 2003). Les structures modulaires permettent à la fois de :

- ✧ **simplifier la réutilisation des structures génériques** existantes grâce aux mécanismes d'importation de modules externes.

Pour chaque module, nous détaillons les éléments réutilisables :

- ✧ Le **Module Définition** contient toutes les informations de la carte d'identité. Les données propres à l'indicateur (en tant qu'objet informatique) sont séparées des éléments de description liés au champ d'application. Les utilisateurs vont s'en servir principalement pour comprendre l'indicateur qu'ils réutilisent. La partie « description » peut être réutilisée dans le cas d'une réutilisation totale ou avec peu de modifications. Par exemple, la réutilisation de l'indicateur « Nombre de consultations », de Type Intervalle Discret (indicateur élémentaire du cas d'étude n°1), pour le même indicateur de Type Nombre, ne modifiera pas ces éléments de description.
- ✧ Dans le **Module Construction**, nous représentons les éléments décrits dans le patron de l'indicateur (type, structure et règles de calcul). Ce module est très intéressant à réutiliser. En effet, il permet de modéliser, de manière générique, la construction d'indicateurs à partir de traces ou d'autres indicateurs, indépendamment du contexte. Tout le contenu de ce module est réutilisable. La réutilisation partielle de ce module est également possible, il faut néanmoins avoir des connaissances sur le fonctionnement du système de construction et le langage de calcul des indicateurs.
- ✧ Dans le **Module Contextualisation**, nous retrouvons les caractéristiques de l'indicateur liées à son instanciation. Cette instanciation des usages de l'indicateur apporte de nouvelles informations pour aider l'utilisateur à comprendre comment réutiliser le module construction de l'indicateur. Ce module est à prendre en considération car pour réutiliser certains indicateurs dans diverses situations, il sera nécessaire d'adapter la règle de calcul en fonction du champ de validité. Il s'agit d'une information à prendre en compte pour ne pas prendre le risque de réutiliser un indicateur dans une situation dans laquelle il n'aura aucun sens.
- ✧ Le **Module Visualisation** regroupe toutes les informations qui décrivent les représentations possibles de l'indicateur lorsqu'il est instancié. Dans le chapitre précédent, nous avons établi que le choix des vues dépendait du type des indicateurs. Par conséquent, les vues et même la représentation en général (i.e. les préférences associées à l'indicateur) peuvent être utilisées pour plusieurs indicateurs. En effet, dans un tableau de bord, il peut être intéressant d'avoir un certain nombre d'indicateurs représentés de la même manière avec les mêmes échelles,...

Cette proposition va permettre de créer un indicateur en modifiant seulement quelques éléments du modèle. Illustrons ce modèle avec un exemple de réutilisation d'indicateur **« avec peu de modifications »**.

Exemple.

Si nous souhaitons mettre en place l'indicateur « Nombre de contributions » (total par utilisateur) à partir de l'indicateur « Nombre de consultations » (indicateur élémentaire issu du cas d'étude n°1), les éléments qui vont varier sont les suivants :

- ✧ Il ne s'agit plus d'un document concerné par l'indicateur mais d'un utilisateur ;
- ✧ La transformation de filtrage sur les traces sera sur l'action « contribution » et sur l'utilisateur concerné ;
- ✧ La classification variera également : il s'agit cette fois-ci d'un point de vue individuel et la nature est l'activité.

La modélisation va alors changer de la manière suivante (cf. Figures 47 et 48) :

- ✧ Dans le module **contextualisation**, l'élément *ressource* n'apparaît plus en revanche l'indicateur concerne directement un *utilisateur* ;
- ✧ Dans le module **construction**, le filtre sur les traces porte cette fois, sur les *actions* de « contribution » et sur l'utilisateur choisi ;
- ✧ Dans le module **définition**, l'élément *description* auquel est rattaché l'indicateur est modifié.

La figure 47 représente l'indicateur « Nombre de consultations » et la figure 48 illustre l'indicateur « Nombre de contributions ». Les éléments en rouge correspondent aux modifications à effectuer sur l'indicateur (paramétrage par l'utilisateur).

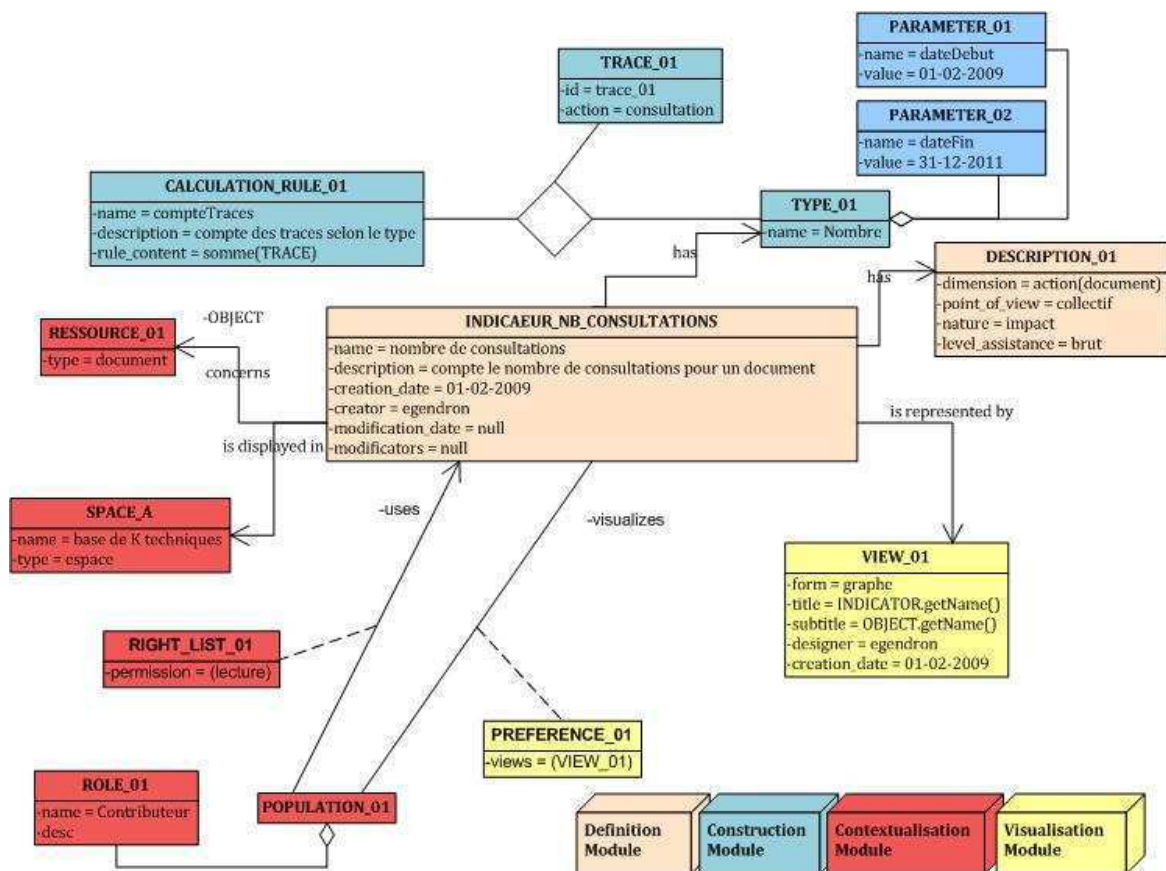


Figure 47 : Modélisation de l'indicateur « Nombre de consultations »

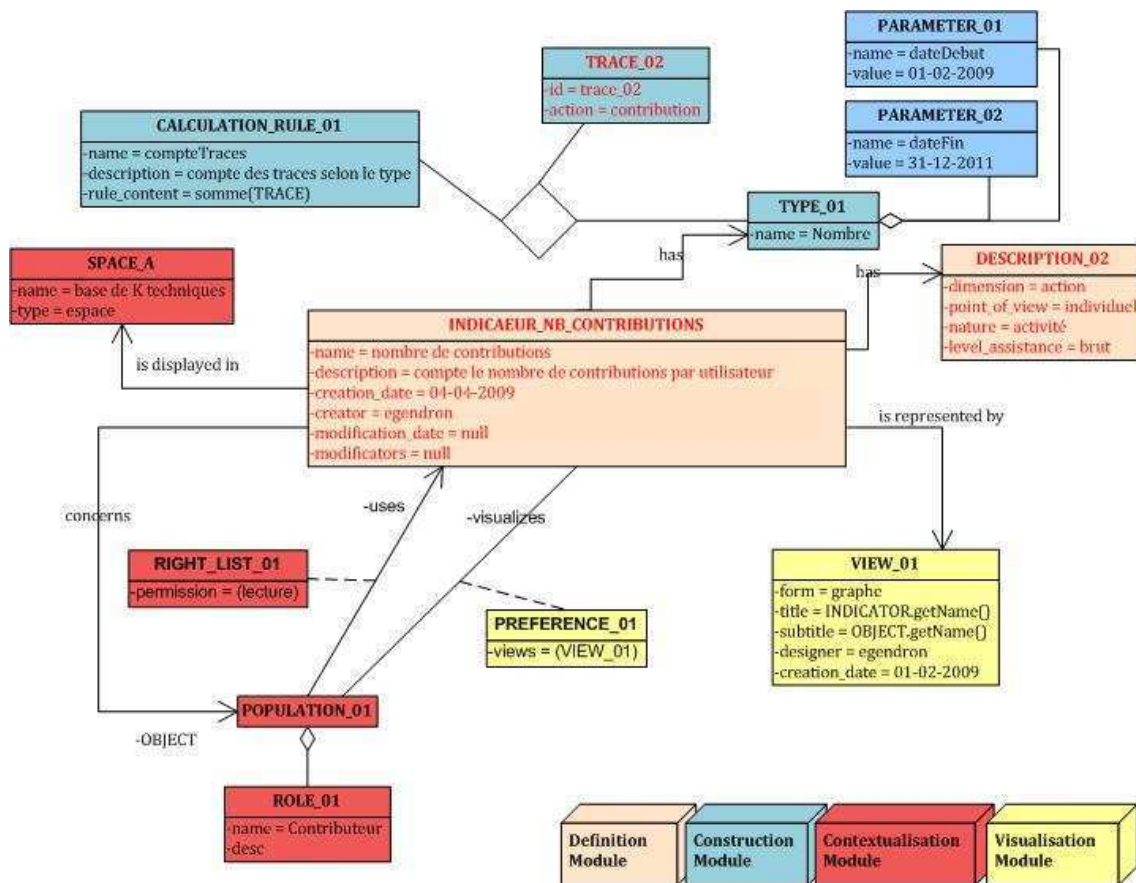


Figure 48 : Modélisation de l'indicateur « Nombre de contributions »

7.3 Outils et méthodes pour la réutilisation

Le cycle de développement avec réutilisation peut être décomposé en deux processus : « **For-Reuse** » et « **With-Reuse** » (Sindre 2003). Le premier équivaut au développement de composants réutilisables et à leur mise à disposition pour faciliter leur exploitation. Le second correspond à la conception de nouveaux composants à partir de ceux existants (élaborés à travers le premier processus). Dans cette section, nous reprenons ces deux processus et nous proposons des outils et des méthodes pour accompagner les utilisateurs dans leur démarche de réutilisation.

7.3.1 Processus « For-Reuse »

Pour la réutilisation de composants logiciels, le processus « For-Ruse » peut être décomposé en quatre tâches : l'**analyse du domaine**, la **conception**, la **classification** et la **qualification** (Sindre

1995). L'analyse du domaine revient à identifier les indicateurs qui serviront de base pour la réutilisation. La conception correspond à la création de nouveaux composants. La classification des composants va faciliter leur recherche et leur identification. La qualification revient à s'assurer que les composants insérés répondent à certains critères. L'historique du développement et le contexte d'utilisation vont également aider à qualifier le composant.

Dans nos travaux, la conception des indicateurs va se faire depuis un outil de conception qui implémente la modélisation décrite dans la section précédente. Cet outil est présenté dans le huitième chapitre. Les sections suivantes exposent nos propositions concernant la classification et la qualification des indicateurs.

7.3.1.1 Classification des indicateurs

La classification des indicateurs va permettre une meilleure organisation pour supporter la réutilisation. Les caractéristiques choisies pour la classification doivent permettre d'identifier les points communs et les attributs variables entre les indicateurs sans pour autant les décrire en détail (Lee 2002). Pour cela, l'auteur distingue les caractéristiques liées à la description du composant (dépendant du domaine) et les caractéristiques liées à son implémentation (indépendant du domaine).

La classification des indicateurs va assister le concepteur d'un nouvel indicateur dans sa recherche d'indicateurs à réutiliser. Pour cela, il y a deux dimensions à appréhender :

- ✧ **les objectifs d'observation** - Dans le cas d'une réutilisation « totale », aucune modification ne sera apportée à l'indicateur. L'utilisateur doit uniquement choisir ceux dont il a besoin pour son activité. Pour cela il doit avoir réfléchi aux types de données de l'activité et à ses objectifs d'observation. Par exemple, lorsqu'une nouvelle communauté se met en place, les indicateurs intéressants ne seront pas ceux qui permettent d'évaluer la performance de l'activité mais bien ceux qui vont soutenir la construction de réseaux sociaux.
- ✧ **la construction de l'indicateur** – Si nous nous plaçons cette fois-ci dans le cadre d'une réutilisation « avec peu de modifications », les informations concernant la conception de l'indicateur peuvent être déterminantes pour sa réutilisation.

Pour cela nous proposons une grille de classification des indicateurs réutilisables qui va permettre aux utilisateurs de les comparer selon différents critères. Cette classification est composée de six caractéristiques que nous avons déjà identifiées dans la carte d'identité ou le patron (cf. Tableau 6) :

- ✧ Les deux premières, **Nature** et **Dimension**, sont liées aux objectifs d'observation de l'indicateur.

- ✧ Les deux suivantes sont le **Point de Vue** et le **Niveau d'interprétation**. Ces caractéristiques vont clarifier les objectifs d'observation et donner des informations concernant la conception de l'indicateur (construction et représentation).
- ✧ Les deux dernières, la **Structure** et le **Type**, sont principalement liés à la construction de l'indicateur.

Tableau 6 : Classification pour les Indicateurs de collaboration

<i>Caractéristiques</i>	<i>Valeurs possibles</i>
NATURE	Impact - Résultat Activité - Etat
DIMENSION	Action Document Sociale Affective
POINT DE VUE	Individuel Collectif Différencié
NIVEAU D'INTERPRETATION	Brut Gradué Évalué
STRUCTURE	Élémentaire Composite
TYPE	Nombre Seuil Intervalle Discret Tableau

Lors de la conception d'indicateurs en vue de leur réutilisation, les concepteurs doivent remplir les six caractéristiques. Ces informations permettent ensuite aux utilisateurs qui souhaitent réutiliser un indicateur de comprendre globalement les objectifs et la forme de l'indicateur. Néanmoins, ces informations peuvent être complétées avec la qualification des indicateurs selon des critères variés.

7.3.1.2 Qualification des indicateurs

La qualification fournit aux utilisateurs des critères supplémentaires pour les accompagner dans leur choix d'indicateurs à réutiliser à travers le processus « With-Reuse ». Pour qualifier un indicateur, nous distinguons deux **critères généraux (CG)** et quatre **critères techniques (CT)** :

- ✧ **Simplicité et compréhension** (CG) : relatif à la cohérence et la mise en forme de l'indicateur.
- ✧ **Réutilisabilité** (CG) : aptitude à être réutilisé totalement ou partiellement et sans modifications majeures dans un autre contexte.
- ✧ **Fiabilité** (CT) : niveau de certitude concernant le déroulement des processus de calcul pour l'obtention de la valeur de l'indicateur.
- ✧ **Type de données nécessaires** (CT) : description des actions qui doivent être tracées pour le calcul.
- ✧ **Temps de calcul** (CT) : le temps des calculs réalisés pour la mise à jour de la valeur d'un indicateur dès qu'une nouvelle trace est collectée.
- ✧ **Portabilité** (CT) : faculté d'utilisation sur différentes plates-formes et activités.

Lors de la phase de conception des indicateurs réutilisables, les utilisateurs vont devoir les qualifier en fixant des valeurs à ces critères. Ces critères seront consultés durant le processus « With-Reuse ».

7.3.2 Processus « With-Reuse »

(Sindre 1995) propose de décomposer le processus « With-Reuse » en trois tâches : **recherche**, **évaluation** et **adaptation**. La première correspond à la recherche de composants réutilisables selon des besoins identifiés. Lors de la seconde, les concepteurs doivent évaluer la qualité et la correspondance avec le nouveau contexte du composant. Enfin la dernière tâche est l'adaptation du composant s'il ne peut pas être réutilisé totalement.

- **Recherche**

Dans un premier temps, les utilisateurs doivent rechercher les indicateurs qu'ils souhaitent réutiliser. Il y a deux méthodes pour y parvenir (Sindre 2003) : « **Top - Down** » et « **Bottom - Up** ». La première signifie avoir identifié leurs besoins en observations puis rechercher, dans la liste des indicateurs disponibles, ceux qui y correspondent le plus. La seconde revient à étudier d'abord les indicateurs disponibles puis sélectionner ceux qui semblent pertinents pour leur application.

Dans les deux cas, des outils sont nécessaires pour explorer la liste des indicateurs réutilisables. L'utilisateur a besoin d'une bibliothèque dans laquelle seront rangés les indicateurs. Pour l'aider à choisir, le système doit permettre des requêtes sur les caractéristiques de l'indicateur provenant de la classification et de la qualification. Par exemple, lorsqu'un administrateur met en place un nouveau groupe de travail, avec des personnes qui n'ont jamais ou peu travaillé ensemble, une de ses possibilités pourrait être de sélectionner et de réutiliser tous les indicateurs de dimension sociale et/ou affective dans un premier temps afin d'observer l'évolution des relations dans le groupe.

- **Evaluation**

Lorsque les indicateurs sont instanciés et qu'une expérimentation a eu lieu, les concepteurs entrent dans la phase d'évaluation. Durant cette phase, les utilisateurs doivent faire des retours concernant les indicateurs qu'ils ont réutilisés. Pour cela, nous conseillons de mettre en place des retours d'expériences dans lesquels les utilisateurs pourront donner leurs avis et impressions. Contrairement à la phase de qualification du processus « For-Reuse », l'évaluation sera décrite sous la forme d'annotations textuelles (les utilisateurs sont libres de faire remonter toute sorte d'information).

Par exemple, si un enseignant souhaite réutiliser l'indicateur « niveau de collaboration » (cas d'étude n°3) dans une nouvelle activité dans laquelle les étudiants ne sont pas représentés par des avatars. Un des retours possibles concernera l'inadéquation de la représentation de l'indicateur (sous forme d'aura) avec l'environnement de l'activité.

- **Adaptation**

Lorsqu'un utilisateur a choisi un indicateur à réutiliser, nous avons vu qu'il est possible de le faire avec des modifications. Pour cela, nous avons développé un outil qui permet à l'utilisateur de repartir d'un indicateur existant et de modifier les attributs du modèle pour l'adapter au nouveau contexte. Nous le présentons dans le chapitre suivant.

7.4 Bilan - Réutilisation

Dans ce chapitre nous nous sommes intéressés à la réutilisation des indicateurs de collaboration. Pour cela, nous proposons une modélisation de l'indicateur qui reprend tous les éléments qui le caractérisent (carte d'identité, patron et vitrine). Cette modélisation se décompose en quatre modules : Définition, Construction, Contextualisation et Visualisation et permet ainsi une réutilisation complète ou partielle des indicateurs. Nous avons également proposé une classification des indicateurs de collaboration pour accompagner l'utilisateur dans le processus de réutilisation. Nous verrons que cette classification est également un outil méthodologique pour accompagner la phase d'élicitation des indicateurs nécessaire dans une nouvelle activité (§ chapitre 8).

Dans son étude sur les systèmes actuels pour la réutilisation de composants logiciels, (Barbier 2002) a identifié quatre principales faiblesses :

- ✧ La première faiblesse concerne ***l'introduction tardive des composants dans le cycle de développement*** (aux niveaux logique ou implémentation). Dans notre cadre de recherche, nous ne sommes pas concernés car les indicateurs sont des objets finaux, ils ne sont pas composants d'un logiciel.
- ✧ La deuxième faiblesse concerne ***le guidage du concepteur pour identifier des composants***. Dans nos travaux, nous conseillons de commencer par un recueil des besoins afin d'identifier les indicateurs qu'il serait intéressant de mettre en œuvre. Cela correspond à la tâche d'analyse du domaine (dans le processus « For-Reuse »). Nous en présentons un dans le chapitre suivant.
- ✧ La troisième faiblesse est relative ***au partitionnement d'un problème sous forme de composants***. Le concepteur ne sait pas combien d'itérations il doit faire ni comment mettre sous forme de packages et déployer les agrégations de composants. Dans le contexte de cette thèse, l'utilisateur peut être confronté à ce genre de difficulté s'il souhaite réutiliser un indicateur composite. Néanmoins, avec le langage de calcul des indicateurs que nous avons proposé, les indicateurs qui composent l'indicateur réutilisé sont identifiés.
- ✧ une dernière faiblesse concerne ***la prise en charge partielle de la réutilisation***. Peu d'indications concernant la construction de composants réutilisables et le processus de développement pour la réutilisation sont fournies. Pour y pallier, nous proposons une classification propre aux indicateurs de collaboration et des éléments de méthodologie à implémenter aux différentes phases du processus de réutilisation (qualification, évaluation,...).

Dans le chapitre suivant, nous présentons l'outil que nous avons développé qui met en œuvre les différentes contributions de cette thèse. Nous présentons également les expérimentations qui ont été menées.

Chapitre 8 : EXPLOITATION DES INDICATEURS - Implémentation & Expérimentation

8.1	Implémentation	164
8.1.1	CollaborativeECM.....	164
8.1.1.1	Description générale.....	164
8.1.1.2	Traçage de la plate-forme.....	164
8.1.2	GINDIC.....	166
8.1.2.1	Architecture	166
8.1.2.2	Fonctionnalités	168
8.1.2.3	Choix techniques	176
8.1.2.4	Bilan	177
8.2	Expérimentation	177
8.2.1	Recueil des besoins	178
8.2.1.1	Méthodologie	178
8.2.1.2	Présentation Alamos.....	179
8.2.1.3	Cas d'usages.....	179
8.2.1.4	Bilan - Analyse.....	183
8.2.2	Expérimentation.....	183
8.2.2.1	Méthodologie	183
8.2.2.2	Indicateurs expérimentés	184
8.2.2.3	Bilan - Analyse critique	187

Pour nos travaux de recherche sur les indicateurs, nous avons travaillé à partir de la plate-forme collaborative de gestion de contenus « CollaborativeECM » développée par Knowings et nous avons réalisé des expérimentations auprès des utilisateurs de la direction de la recherche à GDF SUEZ (terrain d'expérimentations du projet ProCoGeC). Dans ce chapitre, nous présentons l'implémentation de nos travaux ainsi que les expérimentations.

8.1 Implémentation

Pour mettre en œuvre nos différentes propositions (langage de calcul, modélisation et classification), nous avons développé un outil informatique indépendant qui va permettre d'assister les utilisateurs dans l'élaboration d'indicateurs : GINDIC (Générateur d'INDICateurs). Avec cet outil, les concepteurs peuvent construire et gérer des indicateurs : leur définition, les calculs effectués sur les traces pour obtenir la valeur de l'indicateur et leur visualisation. Dans un premier temps, nous présentons la plate-forme CollaborativeECM ainsi que le traçage qui en découle. Ensuite, nous exposons GINDIC : son architecture et son fonctionnement.

8.1.1 CollaborativeECM

CollaborativeECM est une plate-forme collaborative de GED (Gestion Électronique de Documents) qui permet aux utilisateurs de différents domaines (industriel, service, économique) de collaborer autour des documents partagés dans la plate-forme.

8.1.1.1 Description générale

Au sein de CollaborativeECM, les utilisateurs peuvent créer, modifier, partager et commenter des documents. Cette plate-forme permet également la mise en œuvre de processus sur les documents (processus de validation de document par exemple). De plus, la plate-forme est organisée en espaces pouvant être personnalisés pour correspondre aux besoins de chaque communauté. Les utilisateurs peuvent être organisés en communauté ou en groupes. A travers leurs profils, des droits et des préférences peuvent être précisés. De cette manière, il est possible de mettre en place l'envoi de mails d'alerte à chaque nouvelle contribution correspondant à un profil d'intérêt par exemple. La plate-forme permet également aux acteurs d'échanger à travers des forums et d'être identifié à l'aide d'annuaires. Enfin, un des résultats du travail collaboratif mené au sein du projet PROCOGEC, est le développement d'un système de traçage pour cette plate-forme. Avec cela, les utilisateurs ont la possibilité de visualiser leur trace d'activité, leur permettant ainsi de retrouver leur historique de travail et d'avoir des informations sur les actions des autres utilisateurs menées en rapport avec leur activité (consultations de leur contribution par exemple). C'est également à partir de ces traces que les indicateurs vont être élaborés.

8.1.1.2 Traçage de la plate-forme

Le SGBT (Système de Gestion à Base de Traces), développé par Knowings s'inspire des travaux de recherche du laboratoire LIRIS (Settoui 2009) et du laboratoire SYSCOM (Carron 2008). Ce système repose sur une architecture distribuée de l'application. Le SGBT répond aux besoins suivants :

- ✧ **Émetteur de traces** : CollaborativeECM est doté de deux ensembles de sondes pour le traçage : internes (système d'audit des services émis de la plate-forme) et liés à l'usage de l'application (utilisation des URL d'accès). Pour des raisons d'architecture et de performance, les partenaires ont choisi de tracer uniquement les événements passant par le serveur web (toutes les actions uniquement perceptibles du poste client ne seront pas tracées).
- ✧ **Collecte des traces émises** : Les traces émises subissent des transformations (fusion, réécriture,...) pour correspondre au modèle de la trace et sont ensuite stockées.
- ✧ **Stockages des traces** : les traces sont stockées dans une base de données relationnelle. Il y a deux catégories de traces : les traces primaires et les traces transformées. Les premières expriment des actions, le plus souvent, de bas niveau (exécution d'une URL par exemple), elles n'ont subies aucune transformation. Les secondes représentent des événements de plus haut niveau, compréhensibles par les utilisateurs (consultation d'un document par un acteur par exemple).
- ✧ **Interrogation de la base de traces** : les traces sont visualisées ou exploitées pour calculer des indicateurs. Pour cela, le système dispose d'une API JAVA et d'un système de requêtes pour interroger la base de traces. Ces outils permettent de récupérer des traces ou éléments des traces selon des critères (dates, acteurs, événements,...).

Pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration, nous exploitons les traces transformées. En effet, en suivant une approche centrée-utilisateur, les concepteurs des indicateurs vont devoir préciser les actions qu'ils souhaitent observer à travers l'indicateur. Les traces primaires ne sont pas suffisamment intuitives pour ce genre d'utilisation. Dans le cadre du projet, nous avons établi, à partir du recueil des besoins en indicateurs, une liste non exhaustive des actions qui doivent apparaître dans les traces transformées. Actuellement, les traces suivantes sont disponibles :

- ✧ Création, réalisation d'une tâche et achèvement de *Workflow* ;
- ✧ Création, consultation, modification, suppression d'un *Document* ;
- ✧ Connexion et navigation dans la *Plate-forme* ;
- ✧ *Recherche* plein texte ou avancée ;
- ✧ Envoi d'un mail de push, utilisation d'une url de *Push* ;
- ✧ Création, consultation et réponse d'un *Sujet de discussion*.

Dans la section suivante, nous présentons l'outil GINDIC, qui permet l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir des traces d'activité gérées dans le SGBT que nous venons de présenter.

8.1.2 GINDIC

Pour faciliter la mise en place de ces indicateurs, nous avons développé un outil informatique qui assiste les utilisateurs dans l'élaboration d'indicateurs : GINDIC (Générateur d'INDICateurs). Avec cet outil, les concepteurs peuvent construire des indicateurs : leur définition, les calculs effectués sur les traces pour obtenir la valeur de l'indicateur et leur visualisation. Comme nous l'avons spécifié dans le troisième chapitre, nous avons choisi de gérer les indicateurs à l'aide d'un système à base de règles, où les traces et les indicateurs sont des faits, tandis que les processus de calcul des indicateurs sont des règles. Dans cette section nous présentons l'architecture, le fonctionnement et les choix techniques de l'outil GINDIC.

8.1.2.1 Architecture

GINDIC est un outil indépendant du système de traçage et de la plate-forme dans laquelle se déroule l'activité tracée (CollaborativeECM dans notre cas). A terme, l'objectif est de pouvoir l'utiliser pour plusieurs environnements à la fois. La figure 49 décrit l'organisation générale des différents systèmes à prendre en compte pour la construction d'indicateurs à partir des interactions de la plate-forme CollaborativeECM.

- ✧ **CollaborativeECM** est un environnement informatique de gestion de connaissances. Les utilisateurs peuvent créer, stocker, partager et rechercher tout type de contenu (1 et 2). La plate-forme est équipée de sondes de traçage qui enregistrent les interactions qui ont lieu durant leur activité. Ces traces sont exportées pour être traitées par le SGBT (3).
- ✧ Le **SGBT** transforme les traces collectées de la plate-forme CECM en « traces premières » et « traces transformées » selon un modèle unique. Il est composé d'une base de données, d'un système de visualisation, d'un système de transformation et d'un système d'interrogation.
- ✧ **GINDIC** permet l'élaboration des indicateurs à partir des traces, de la phase de construction à la phase de visualisation. Il est composé d'une base d'indicateurs, d'un système de construction, d'un système à base de règles et d'un système de visualisation. De plus, il utilise le système d'interrogation du SGBT (4) pour récupérer les traces dont il a besoin au bon niveau d'abstraction. Durant tout le processus, l'utilisateur définit et paramètre la construction des indicateurs et peut ensuite les visualiser (5).

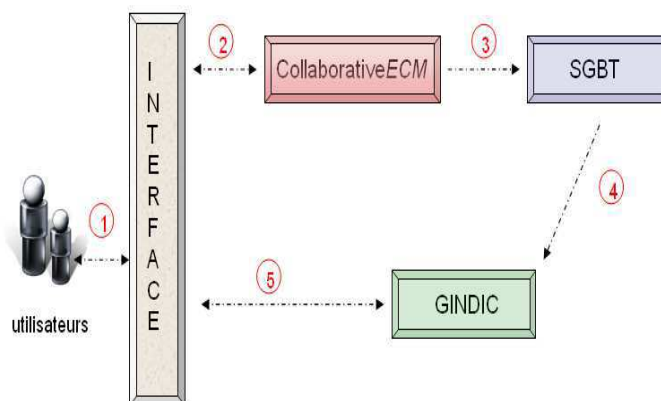


Figure 49 : Organisation générale des systèmes pour le calcul d'indicateurs à partir de traces d'activité d'une plate-forme de GED telle que CollaborativeECM

L'architecture de GINDIC et les interactions avec le SGBT sont détaillées dans la figure 50.

Le processus de construction d'indicateurs commence au niveau du **Générateur de Faits**. Grâce au **Système d'interrogation** du **SGBT**, il récupère les traces d'activités de la plate-forme CollaborativeECM (1) et les transforme en **Faits** pour le **Système à base de règles** (2). Pour cela, il surveille régulièrement les dates de dernière modifications des traces stockées dans le SGBT et récupère les événements nouveaux si besoin.

Ensuite, le **Système de Construction** permet au concepteur d'indicateurs de construire les règles qui permettront de calculer les valeurs des indicateurs. La syntaxe de la règle est ensuite validée et la **règle** est enregistrée au format **XML**(3) et est ajoutée au **Système à base de règles** (4).

Le **Système à base de règles** est composé d'un **Moteur**, d'un ensemble de **Faits** (traces et indicateurs) et de **Règles**. La syntaxe des faits et des règles a été présentée dans le troisième chapitre. Les données utilisées dans le Système à base de règles sont valables le temps de son fonctionnement. Il dispose d'un module de sauvegarde pour les règles et les faits. Les indicateurs sont sauvegardés au fur et à mesure dans la **Base d'indicateurs**(5). La Base d'indicateurs contient toutes les informations contenues dans le modèle de l'indicateur (§ chapitre 5) : définition, construction, contextualisation et visualisation.

Enfin, le **Système de visualisation** renvoie aux utilisateurs les valeurs des indicateurs avec des représentations graphiques variées (tableaux, courbe, diagramme,...) et paramétrables selon les profils des utilisateurs (besoins, rôle,...) (6). Dès que la valeur d'un indicateur est modifiée dans la **Base d'indicateurs**, la visualisation est mise à jour. La visualisation peut se faire à travers un tableau de bord intégré à l'outil GINDIC, exporté dans la plate-forme dans laquelle se déroule l'activité ou dans un environnement extérieur tel qu'un appareil mobile.

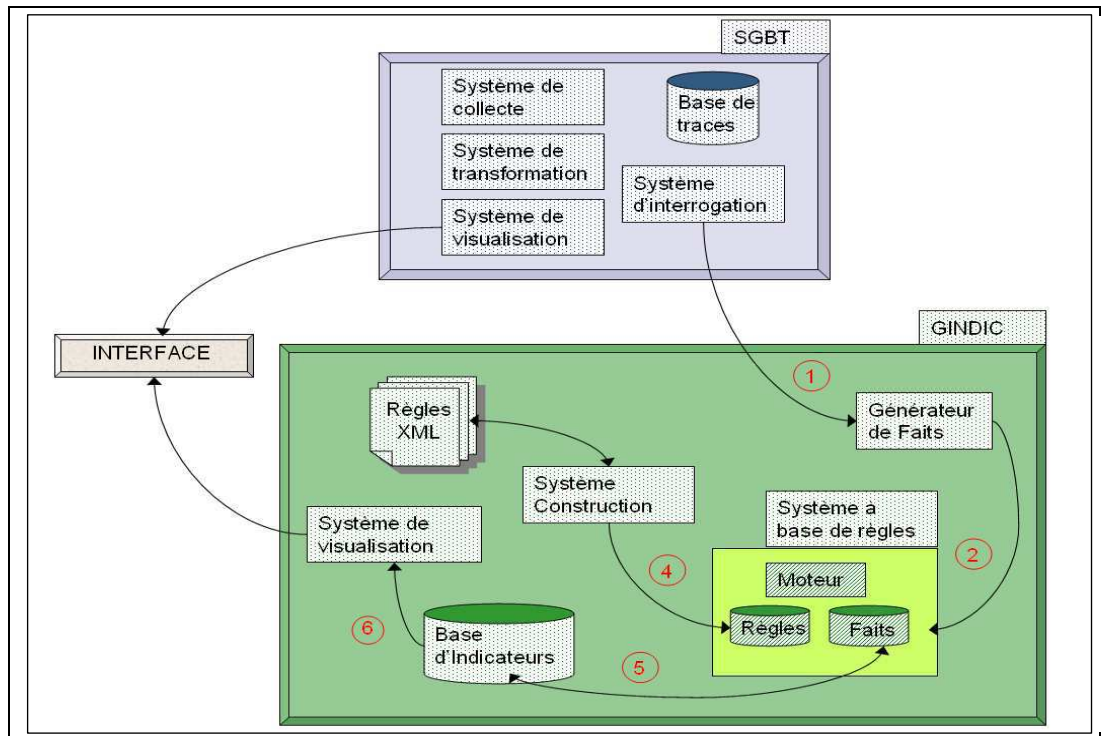


Figure 50 : Architecture de GINDIC

La section suivante présente les fonctionnalités et l'interface de l'outil.

8.1.2.2 Fonctionnalités

GINDIC permet aux concepteurs de créer, modifier, supprimer et visualiser des indicateurs calculés à partir des traces. L'interface est composée de deux onglets : un pour la création et un pour la visualisation.

- **Création d'un indicateur**

Pour créer un indicateur, l'utilisateur a la possibilité de réutiliser un indicateur existant ou d'en créer un nouveau. Lorsqu'il accède à l'onglet création, il a la liste des indicateurs existants catégorisés selon la classification présentée dans le chapitre précédent (cf. Figure 51).

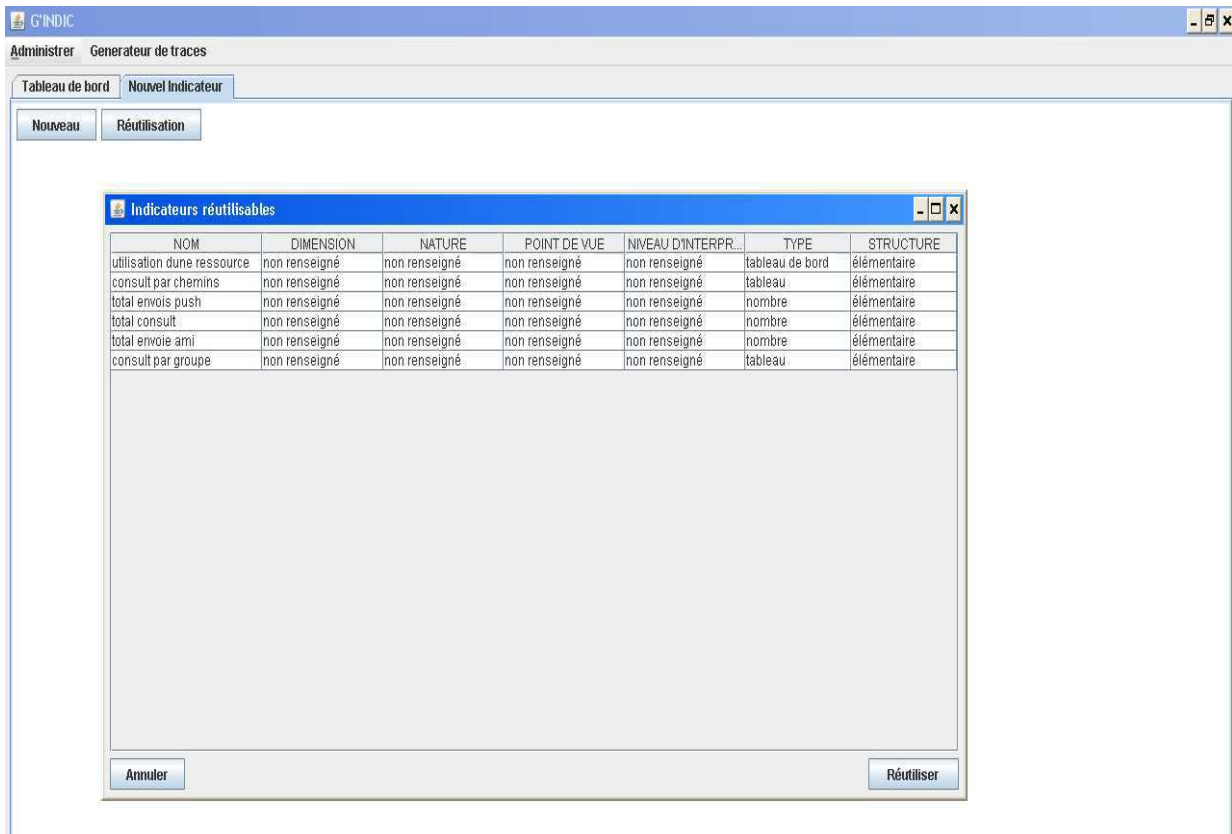


Figure 51 : Interface GINDIC : Création d'un indicateur

Dans les deux cas, les étapes suivantes de création sont les mêmes. Pour créer un indicateur, l'utilisateur doit remplir les champs organisés en quatre onglets correspondants aux quatre modules de la modélisation : Définition, Construction, Contextualisation et Visualisation (cf. Figure 52 : 1).

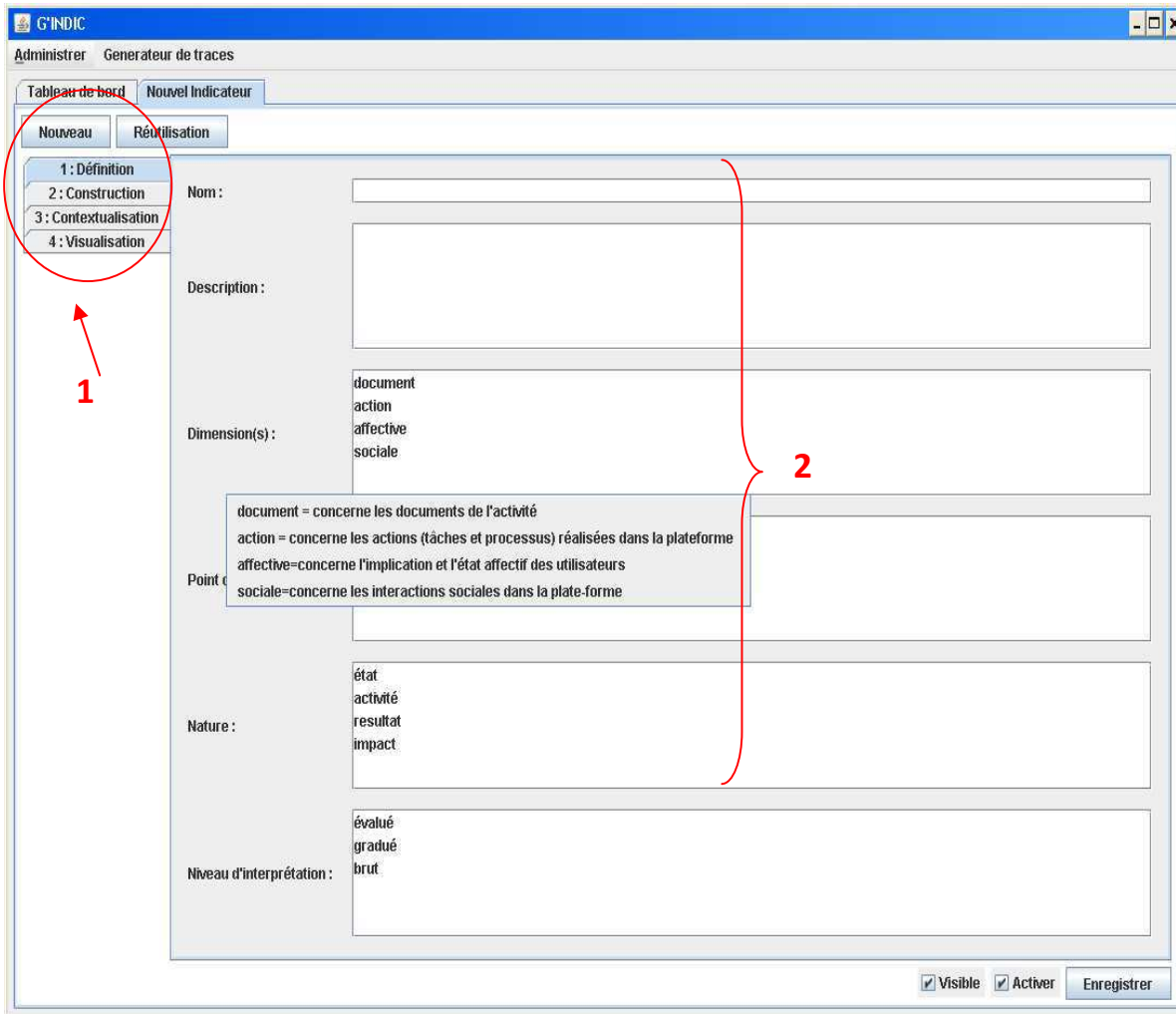


Figure 52 : Interface GINDIC : Création d'un indicateur - Définition

Comme le montre cette figure (2), dans l'onglet **Définition**, l'utilisateur doit indiquer le nom de l'indicateur (champ obligatoire), sa description, et les éléments de la classification permettant de définir ses objectifs d'observation: la dimension, le point de vue, la nature et le niveau d'interprétation.

Ensuite, dans l'onglet **Construction** (cf. Figure 53 et 54), l'utilisateur va renseigner toutes les informations nécessaires au calcul de l'indicateur (toutes les données identifiées dans le patron d'indicateur). Dans un premier temps, il doit définir le Type de l'indicateur et les attributs du type sélectionné (cf. Figure 53 : 1). Ensuite, il doit décrire la partie condition de la règle. Pour cela, il peut décrire les critères sur les éléments (traces et/ou indicateurs) qui doivent être vérifiés pour l'exécution de la règle (cf. Figure 53 : 2). Il peut sélectionner plusieurs traces et indicateurs en spécifiant à chaque fois des critères sur leurs attributs. De plus, l'outil permet de calculer des indicateurs à partir des traces provenant de plusieurs environnements informatiques, l'utilisateur doit préciser celui concerné par l'indicateur (cf. Figure 53 : 3).

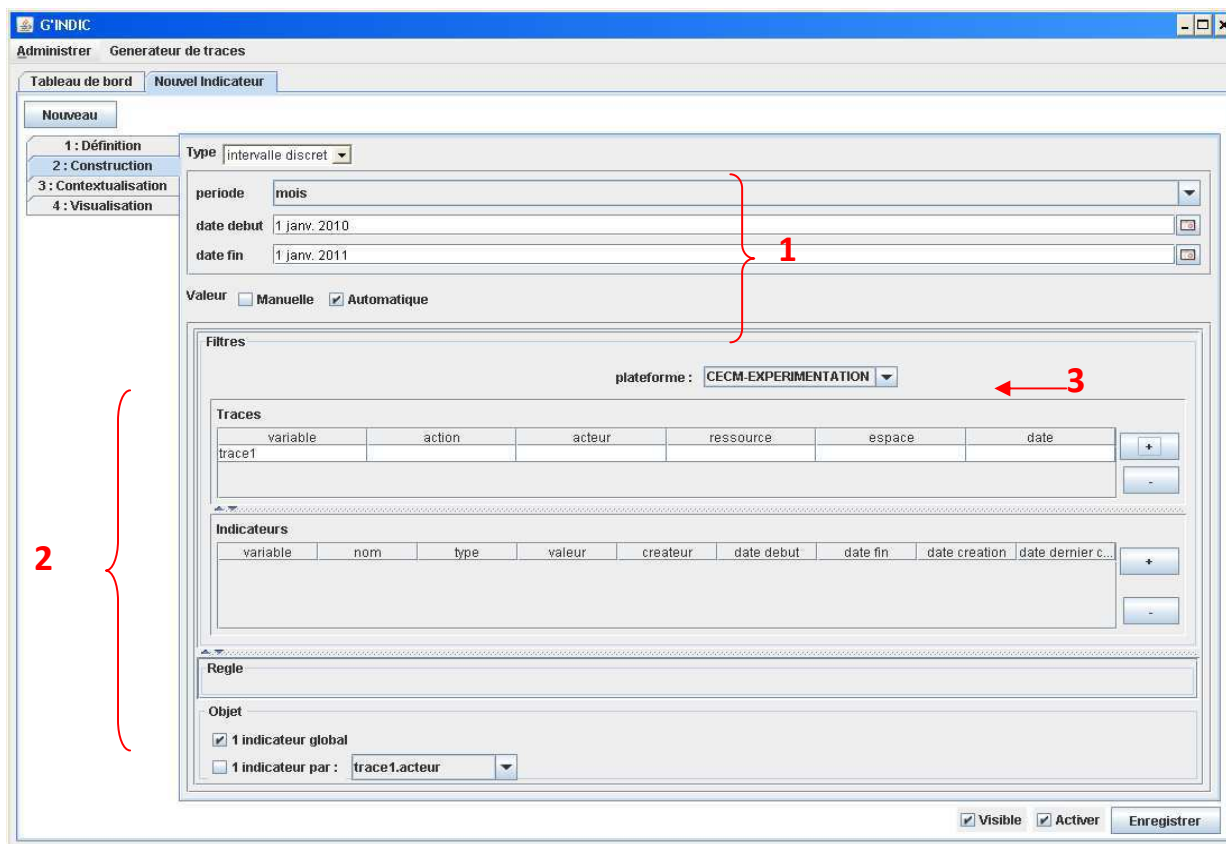


Figure 53 : Interface GINDIC : Création d'un indicateur - Construction 1/2

S'il renseigne plusieurs filtres et qu'il souhaite utiliser des opérateurs autres que « ET » dans la partie condition de la règle, il doit le préciser dans le cadre de la règle (cf. Figure 54 : 1 et 2). Dans l'onglet **Construction**, l'utilisateur doit également décrire la partie action de la règle de calcul. Pour cela, il doit choisir la fonction à déclencher et préciser les éléments qui en seront les paramètres lors de son appel (cf. Figure 54 : 3). Enfin, il doit préciser l'objet de l'indicateur : il peut s'agir d'un indicateur global (i.e. un seul indicateur créé et stocké dans la base de données) ou un indicateur spécifique (i.e. un indicateur par objet sera créé) (cf. Figure 54 : 4). Il peut s'agir d'indicateur spécifique aux groupes des utilisateurs (cas d'étude n°5) ou aux documents (cas d'étude n°1).

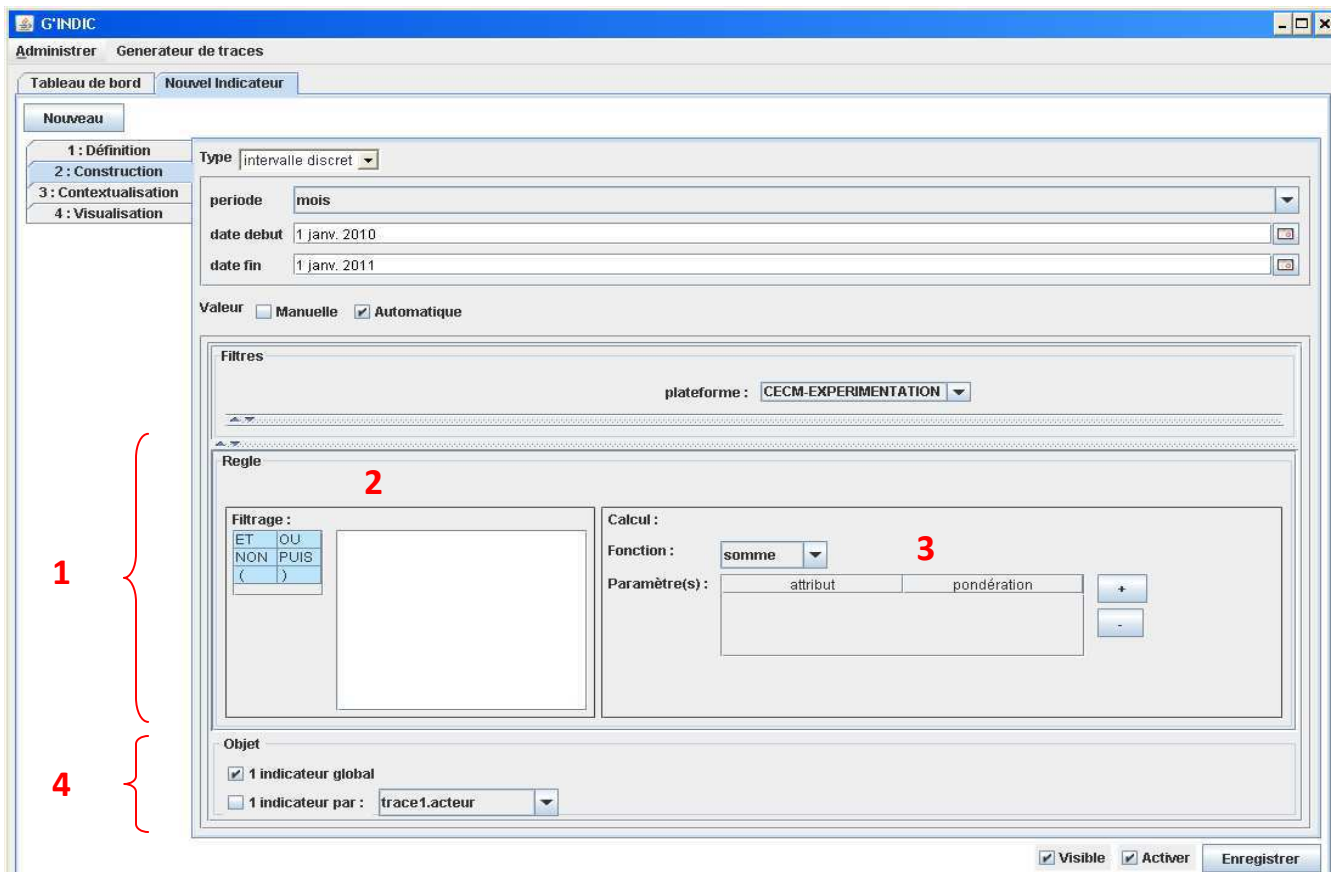


Figure 54 : Interface GINDIC : Création d'un indicateur - Construction 2/2

La troisième étape de la création d'un indicateur est la **Contextualisation** de l'indicateur. Dans cet onglet, l'utilisateur peut préciser les droits des utilisateurs sur l'indicateur en fonction de leurs rôles (cf. Figure 55 : 1) ainsi que le ou les espaces dans lesquels l'indicateur sera déployé (cf. Figure 55 : 2). Si nécessaire, il peut préciser un champ de validité pour l'indicateur (cf. Figure 55 : 3). Enfin, l'utilisateur doit déclarer le mode d'activation de l'indicateur (i.e. la périodicité de la mise à jour de l'indicateur) : tout le temps, quotidiennement, mensuellement ou tous les n jours (cf. Figure 55 : 4).

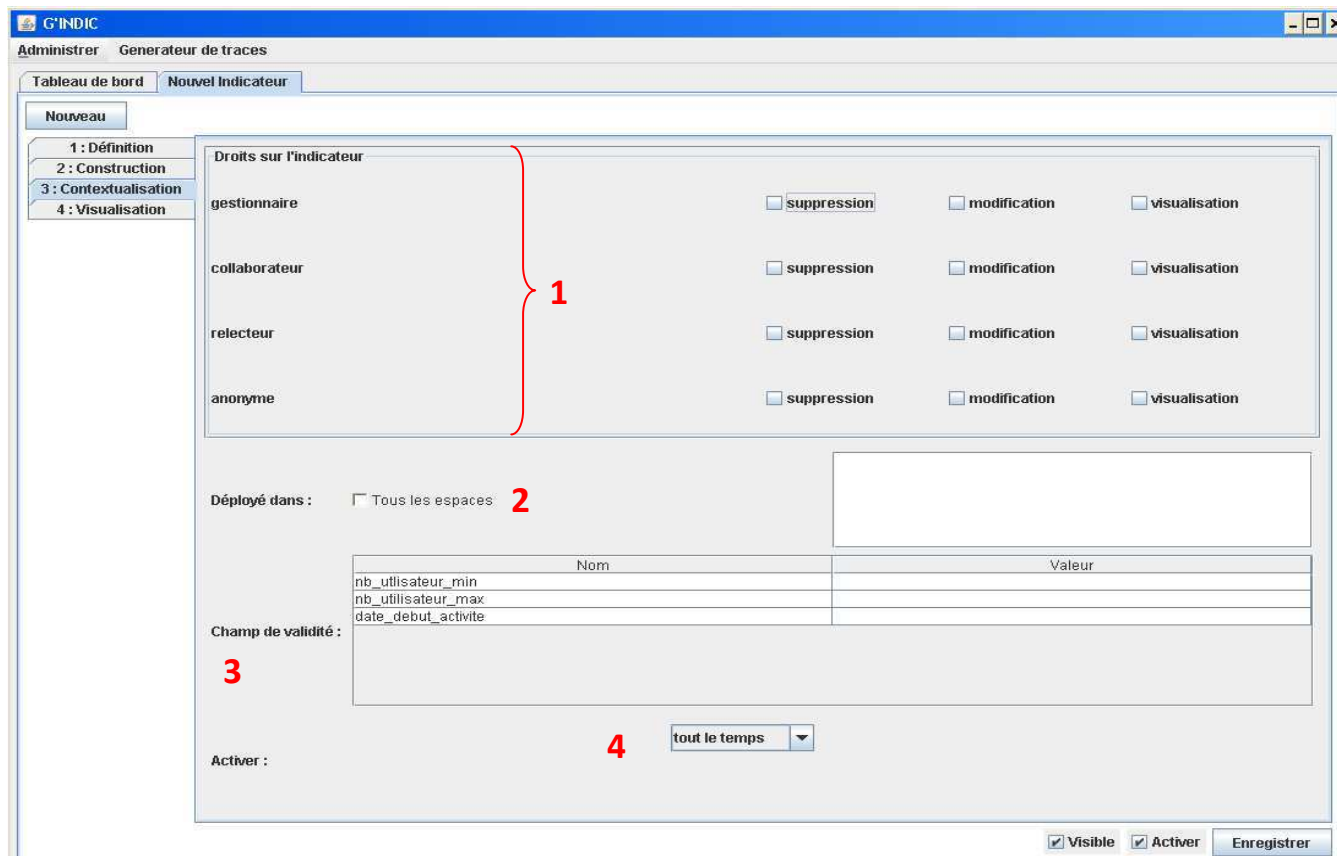


Figure 55 : Interface GINDIC : Création d'un indicateur - Contextualisation

Lorsque les modules Définition, Construction et Contextualisation sont complétés, il reste à renseigner la **Visualisation** de l'indicateur. Dans le sixième chapitre, nous avons établi qu'un indicateur pouvait avoir plusieurs visualisations qui dépendaient du contexte d'utilisation. Dans cette version « prototype » de l'outil, nous n'avons pas développé cette particularité, un indicateur n'a qu'une seule visualisation, qu'il est tout de même possible de modifier.

Avec GINDIC, définir la représentation d'un indicateur revient à choisir le graphique qui va contenir le résultat de l'indicateur (cf. Figure 56 : 1). Nous avons montré auparavant que la représentation d'un indicateur dépendait de son type. Dans cet onglet, les types correspondant aux graphiques sont indiqués sous chaque image. De plus, l'utilisateur a la possibilité d'afficher uniquement les graphiques correspondants au type sélectionné précédemment. Enfin, lorsqu'un graphique est sélectionné, il doit définir les caractéristiques liées à ce graphique (couleurs, titre, sous-titre, orientation du graphique,...) (cf. Figure 56 : 2).

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

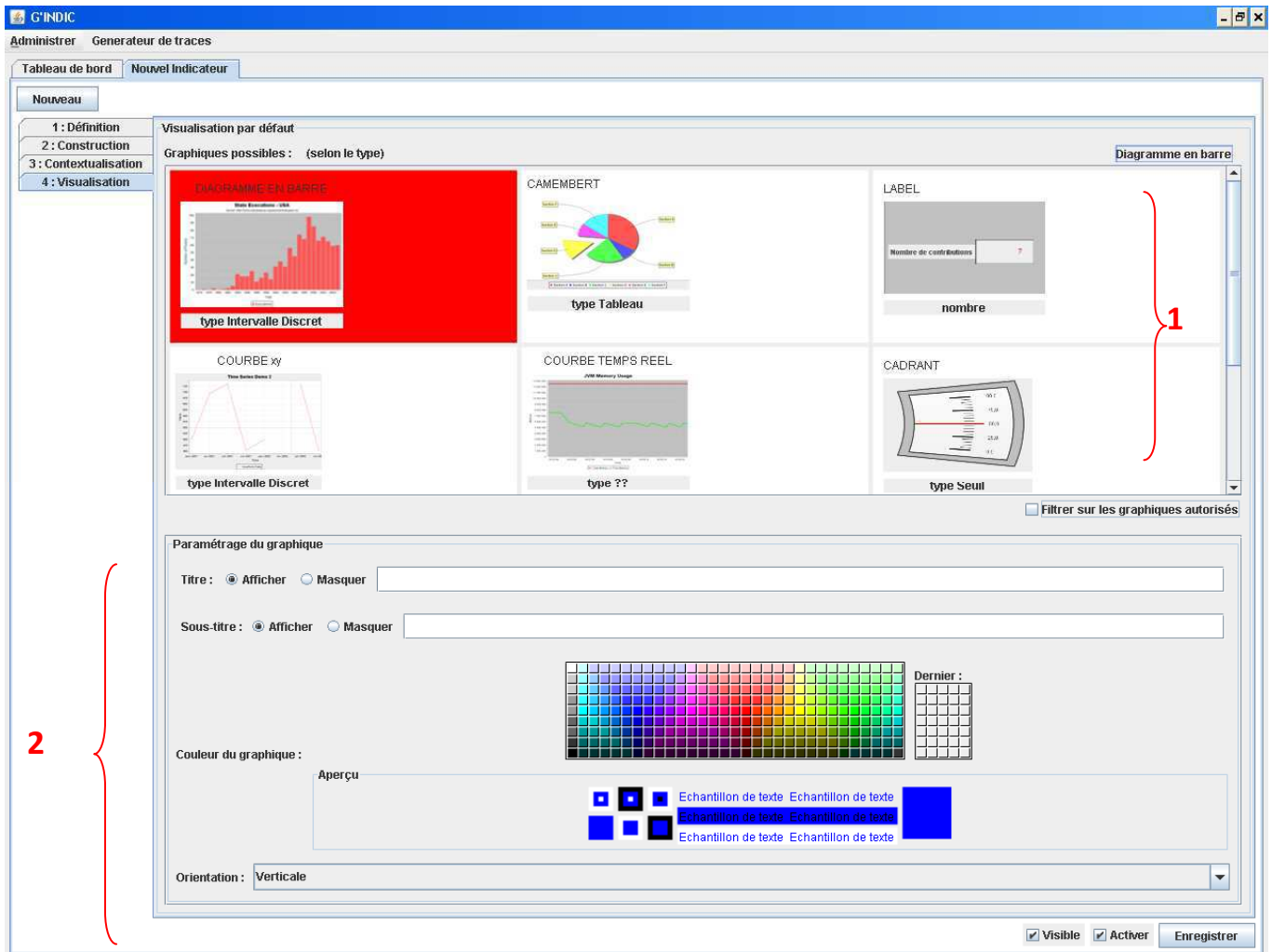


Figure 56 : Interface GINDIC : Création d'un indicateur - Visualisation

Enfin, lorsque tous les champs sont remplis, l'indicateur peut être enregistré dans la base de données et la règle est créée et sauvegardée au format XML. A ce moment là, l'utilisateur doit indiquer la visibilité de l'indicateur dans le tableau de bord (par exemple, les indicateurs qui sont utilisés pour un indicateur composite ne doivent pas être visibles indépendamment). De plus, un indicateur peut être actif ou inactif. Dans tous les cas, la règle de calcul est créée et l'indicateur est stocké dans la base de données. Néanmoins, lorsqu'il est actif, cela signifie que l'indicateur est ajouté à la base de faits et la règle à la base de règles, le moteur est en mesure de le mettre à jour si la partie condition de la règle est validée.

- **Visualisation d'un indicateur**

Les représentations des indicateurs gérés par GINDIC peuvent être exportées et visualisées dans différents contextes. Dans cette version de l'outil, les indicateurs peuvent être visualisés à partir du tableau de bord de l'outil (cf. Figure 57) ou d'un téléphone mobile (cf. Figure 58).

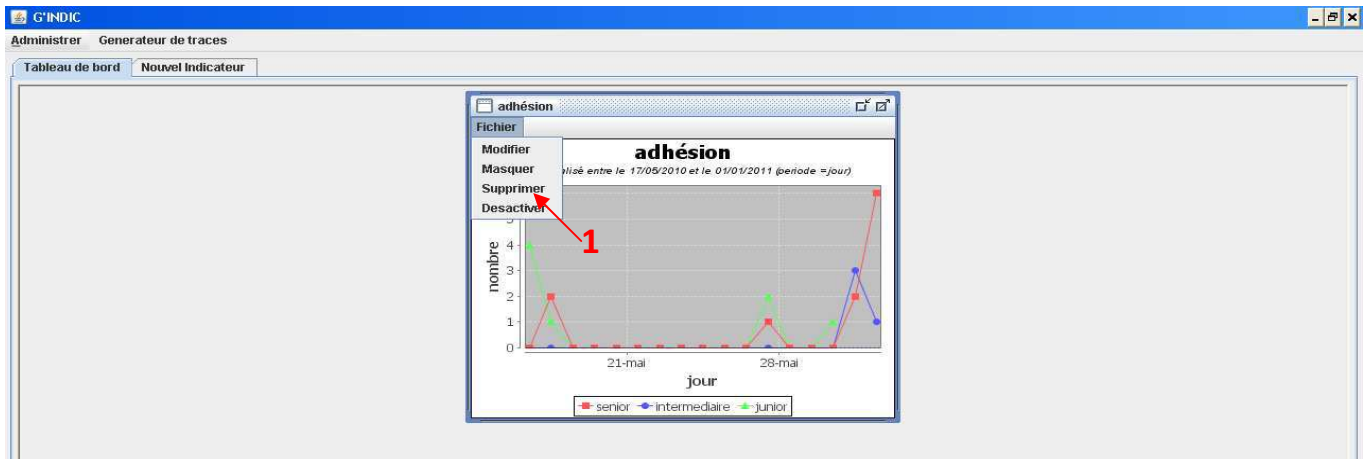


Figure 57 : Interface GINDIC - Tableau de Bord



Figure 58 : Visualisation indicateur sur téléphone portable

A partir de ces interfaces, selon leurs droits, les utilisateurs ont la possibilité de modifier l'indicateur (les modules Définition, Construction, Contextualisation et Visualisation), de ne plus l'afficher dans le tableau de bord ou sur le téléphone mobile, de le supprimer totalement de l'outil ou de le désactiver (cf. Figure 57 : 1).

8.1.2.3 Choix techniques

Pour l'ingénierie des indicateurs, nous avons utilisé le système à base de règles proposé par la communauté JBOSS : Drools. Nous avons choisi ce système car son moteur d'inférence est en chaînage avant, bien adapté pour la gestion des indicateurs. De plus, les règles peuvent être stockées sous plusieurs formats dont le format XML. En choisissant ce format, nous sommes libres de créer les règles que l'on veut et la sauvegarde est simplifiée. La figure 61 représente la règle de construction de l'indicateur « adhésion à un espace » (cas d'étude n°5).

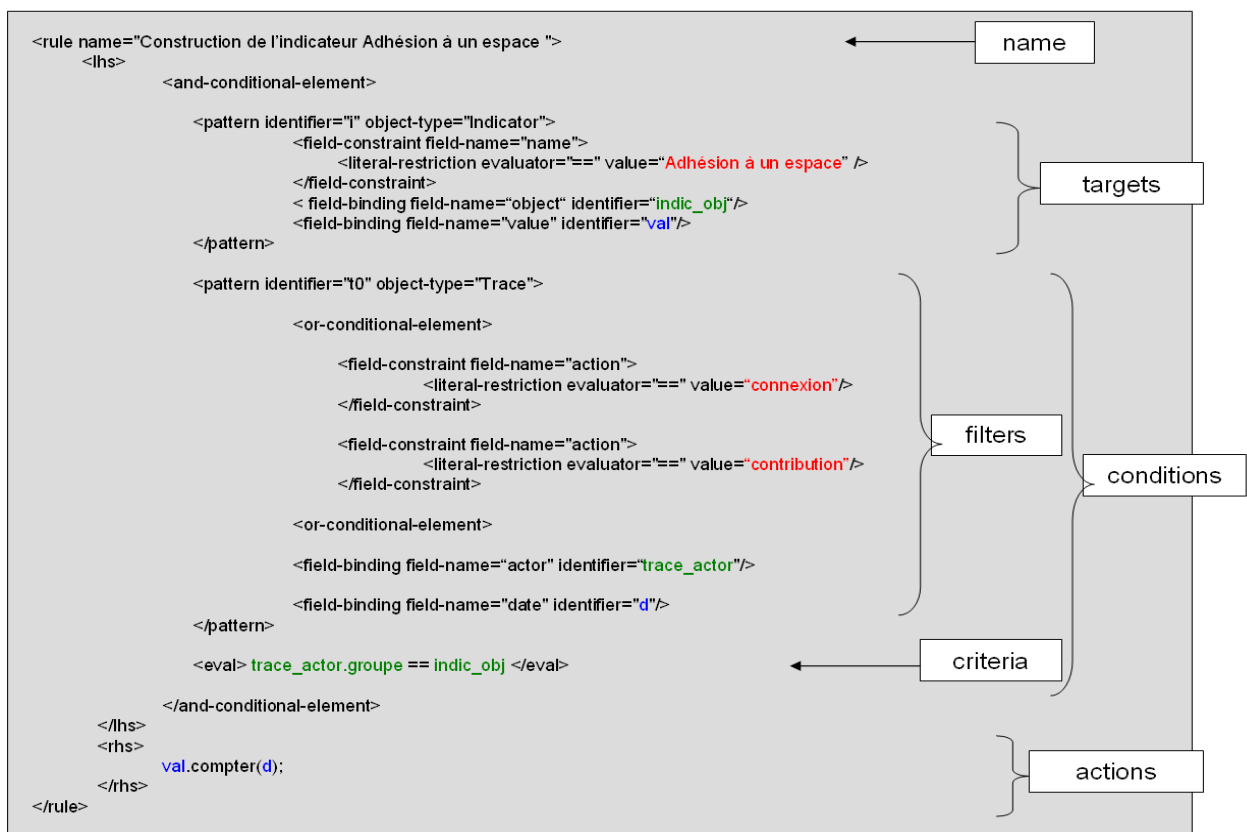


Figure 59 : Exemple de règle pour l'indicateur « Adhésion à un espace » (cas d'étude n° 5) (version XML - Drools)

De plus, nous avons choisi les bases de données relationnelles et SQL Server pour la gestion et le stockage des indicateurs. Enfin, nous avons choisi de développer le prototype de GINDIC en JAVA car il s'agit du langage déjà utilisé dans CollaborativeECM, Drools et l'API pour interroger le SGBT. De

plus, nous avons trouvé facilement des bibliothèques gratuites JAVA pour les représentations graphiques des indicateurs.

8.1.2.4 Bilan

GINDIC permet une gestion complète des indicateurs (création, modification, mise à jour,...). Son implémentation a été réalisée en prenant en compte les problématiques liées à l'approche centrée-utilisateurs (réutilisation, personnalisation et acceptabilité).

Il s'agit d'un prototype, les points suivants sont à développer et/ou améliorer :

- ✧ **la personnalisation des représentations** : actuellement, un indicateur ne peut pas être visualisé avec différentes représentations personnalisées selon le contexte (environnement informatique, préférences utilisateurs,...).
- ✧ **l'export des graphiques dans CollaborativeECM** : à terme, nous souhaitons exporter les visualisations des indicateurs et les intégrer dans la plateforme CollaborativeECM de manière à garder les utilisateurs immergés dans leur activité.
- ✧ **l'implémentation de la totalité du langage de calcul des indicateurs** : nous avons implémenté le langage de manière à pouvoir construire tous les indicateurs issus du recueil des besoins. En vue d'être exhaustif et pour construire de nouveaux indicateurs, l'implémentation doit être complétée (plus de fonctions pour la partie action de la règle, construction des filtres de la partie condition avec des opérateurs différents de l'égalité sur les attributs des traces ou des indicateurs).

8.2 Expérimentation

L'expérimentation s'est déroulée en deux temps. Nous avons effectué un premier recueil des besoins en Février 2009 auprès du partenaire GDF SUEZ, afin de prévoir les indicateurs intéressants pour leur plate-forme collaborative de GED⁴ nommée ALAMOS. Les expérimentations se sont ensuite déroulées d'avril à juin 2010 sur la nouvelle plate-forme développée par Knowings, CollaborativeECM. Dans cette section, nous présentons déroulement et les résultats du recueil des besoins et des expérimentations.

⁴

GED : Gestion Electronique de Documents

8.2.1 Recueil des besoins

Dans cette partie, nous présentons la méthodologie employée pour effectuer le recueil des besoins. Nous présentons ensuite la plate-forme pour laquelle les indicateurs ont été imaginés puis la liste des indicateurs. Nous terminons par une analyse de ce travail.

8.2.1.1 Méthodologie

Le recueil des besoins s'est effectué au cours de trois réunions de travail avec les utilisateurs de la plate-forme ALAMOS. Dans un premier temps, nous avons rencontré Alain Quinqueneau et Catherine Breuil, respectivement administrateur et animateur de la plate-forme. Le premier rendez-vous nous a permis de comprendre leur organisation et leur fonctionnement à travers ALAMOS (quels utilisateurs, quelles connaissances et avec quels processus). Par la même occasion nous leur avons présenté notre travail et notre approche concernant les indicateurs de collaboration.

Lors de la deuxième réunion, nous avons établi la liste des indicateurs susceptibles d'être utiles pour l'activité en place dans la plate-forme ALAMOS. Pour cela, nous nous sommes entretenus avec des acteurs de la plate-forme ayant des rôles et des statuts différents (cf. Tableau 7).

Tableau 7 : Liste des utilisateurs interviewés lors du recueil des besoins

	Poste dans l'entreprise	Rôle dans ALAMOS	Statut dans ALAMOS
Alain Quinqueneau	Responsable du pôle Industrie (senior)	Administrateur	Expert du secteur Bruleur et Combustion
Catherine Breuil	Ingénieur (intermédiaire)	Administrateur et animateur	Ingénieur chercheur Automobile
Hélène Legrand	Ingénieur (junior)	Contributeur	Ingénieur chercheur Agro-alimentaire
Dominique Gosselin	Ingénieur - Chef de projet (senior)	Contributeur et gestionnaire de sa base projet	Expert des Industrie Générales

Les discussions nous ont permises de cibler leurs activités et leurs besoins en observations pour identifier les indicateurs intéressants. Pour cela, nous leur avons présenté des indicateurs issus de la littérature et nous nous sommes appuyés sur la classification afin de clarifier les objectifs d'observation et les apports des indicateurs.

Lors du troisième et dernier rendez-vous avec les administrateurs et animateurs, nous avons validé les indicateurs élaborés ensemble et précisé les processus de calcul pour les obtenir.

8.2.1.2 Présentation Alamos

ALAMOS est un outil de capitalisation de connaissances. Il a été mis en œuvre pour faciliter les échanges et la collaboration au sein des équipes de recherche. Cette plate-forme permet aux utilisateurs de capitaliser et partager leurs savoirs sur les usages industriels du gaz. Les utilisateurs de la plate-forme sont donc des ingénieurs, des chefs de projets ou des commerciaux. Dans l'entreprise, ils sont classés selon leurs années d'expériences : il y a les juniors (de 0 à 5 ans), les intermédiaires (de 5 à 10 ans) et les seniors (au-delà de 10 ans). De plus, dans la plate-forme, des rôles leur sont attribués par espace : ils peuvent être lecteur, contributeur, gestionnaire/animateur et administrateur. Un expert est identifié pour chaque secteur ou domaine d'activité. Plusieurs espaces sont à leur disposition dans la plate-forme : la Base de Connaissances Techniques, la Base Industrie, l'Annuaire d'Experts, la Base de Projets, la Base de Forums et la Base d'Aide et d'Administration.

Pour chaque espace, nous avons établi une liste d'indicateurs pouvant aider les différents utilisateurs dans leur activité. Dans la partie suivante, nous présentons les principaux indicateurs identifiés.

8.2.1.3 Cas d'usages

Pour correspondre à notre cadre de recherche, nous nous sommes intéressés aux espaces les plus utilisés de la plate-forme et surtout les plus « collaboratifs » : la Base de Connaissances Techniques, la Base Industrie, les Forums et les Bases Projets. Nous détaillons le cas d'usage correspondant au premier espace, les autres sont présentés dans l'annexe 2.

Dans la Base de Connaissances Techniques (BCT), les utilisateurs sont des experts, des techniciens et des commerciaux. Ils ont la possibilité de créer, modifier, consulter et partager des documents classés par secteurs d'activité. Chaque document de cet espace suit un processus de validation (cf. Figure 60) : il passe par les états « brouillon », « en cours de validation » et « validé ».

Un contributeur dépose un document (1). Sur ce document, il peut partager les droits d'écriture avec d'autres auteurs. L'expert du domaine est alerté qu'il doit consulter et valider le document (2). Après validation, une alerte est envoyée à tous les utilisateurs ayant renseigné dans leur profil ce domaine d'expertise (3). Il est à ce moment là possible de consulter et de le commenter (4).

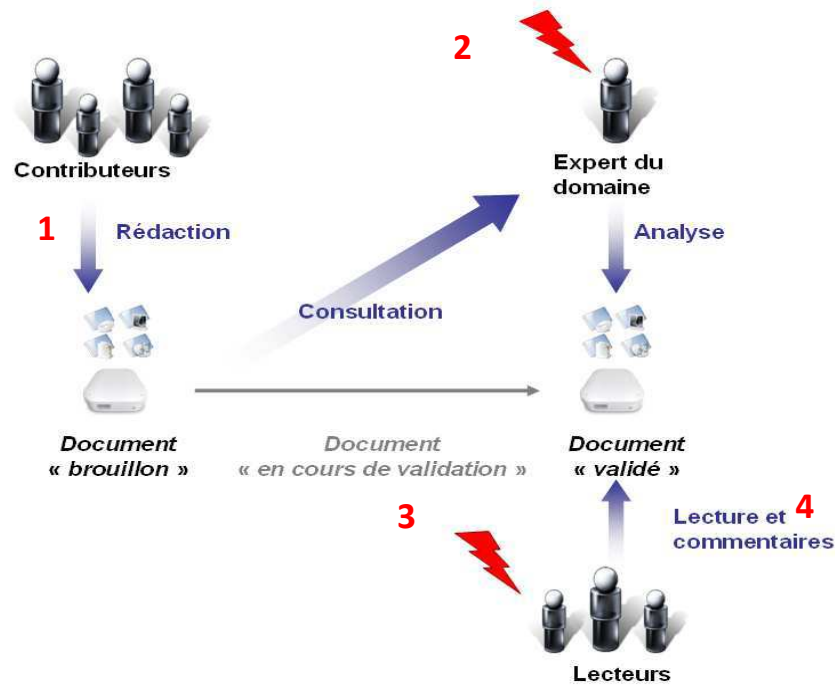


Figure 60 : Recueil des besoins : Base de Connaissances Techniques

- **Indicateurs retenus**

Pour ces différents espaces, nous avons identifié huit principaux indicateurs (cf. Tableau 8). Parmi eux, certains sont prévus pour le contributeur, l'expert, le chef de projet, les membres du projet ou l'administrateur.

L'indicateur « *Etat d'avancement du processus de validation* » est prévu pour la BCT ainsi que pour la Base Projet (à condition que les documents suivent un processus de validation). Il fournit aux contributeurs de l'awareness sur l'avancement du processus concernant leur contribution. Pour chaque document, les actions effectuées et restant à accomplir et les acteurs concernés sont représentés. C'est un indicateur de Type Workflow qui sera construit et mis à jour dès qu'une action de création, de consultation par l'expert ou de validation sera réalisée.

Les indicateurs « *Utilisation d'une ressource* » et « *Adhésion à un espace* » correspondent respectivement aux cas d'étude n°1 et n°5 présentés à la fin de l'introduction. De plus, il s'agit des deux indicateurs sélectionnés pour l'expérimentation, nous les présentons dans la section suivante.

L'indicateur « *Appréciation d'une ressource* » va renvoyer aux contributeurs l'appréciation des lecteurs concernant leur contribution. Cet indicateur, va leur permettre de savoir l'impact et l'intérêt du document pour le reste de la communauté. Cet indicateur est représenté par un nombre qui correspond à la moyenne de toutes les « notes » (nous proposons un système d'évaluation étoiles) attribuées par les lecteurs. Cet indicateur a un intérêt dans la BCT car les lecteurs ont des profils et des besoins (sur les documents) variés.

L'indicateur « *Niveau d'interaction* » est envisagé pour la BCT et pour la Base Projets. Il permet à l'administrateur dans un cas et au chef de projet dans l'autre de veiller à ce qu'il y ait toujours des interactions entre les utilisateurs. Pour cela, dans chaque espace, l'indicateur compte le nombre de co-rédactions et le compare au nombre total de documents. Ce nombre est comparé aux seuils de l'indicateur (spécifiés en amont) pour renvoyer un résultat déjà évalué de l'activité (par exemple faible si le taux ne dépasse pas les 20%, moyen s'il est compris entre 20% et 50 % et élevé s'il dépasse les 50%).

L'indicateur « *Niveau de participation* » observe la participation de chaque utilisateur de manière individuel dans la BCT et dans les Forums. Cet indicateur va aider l'administrateur à réguler l'activité de la plate-forme. Il est calculé à partir des consultations, des contributions et des commentaires. L'ensemble de ces actions est compté et comparé à la moyenne des utilisateurs. Des seuils sont définis au préalable afin de fournir une valeur déjà interprétée de la situation.

L'indicateur « *Détermination des rôles* » est utilisé pour les Forums uniquement. Il sert à identifier les rôles implicites des participants du Forum. Par exemple, cet indicateur va permettre de détecter les utilisateurs qui répondent régulièrement dans ces forums et ceux qui sont plutôt passifs. Cette information peut servir pour déterminer l'expertise des participants.

L'indicateur « *Niveau de collaboration* » est un indicateur de haut niveau d'abstraction. Il renvoie au chef de projet une évaluation globale de l'activité englobant plusieurs informations de dimensions variées. Pour son calcul, les indicateurs niveau de participation, niveau d'interaction seront réutilisés. De plus, les envois et utilisations de mails de push rentrent en considération dans la construction de l'indicateur.

Tableau 8 : Classification des principaux indicateurs issus du recueil des besoins

INDICATEUR	ESPACES ET UTILISATEURS CONCERNES		DIMENSION	NATURE	POINT DE VUE	NIVEAU D'INTERPRETATION	TYPE	STRUCTURE
Etat d'avancement du processus	BCT	Contributeur	Action	Activité	Individuel	Brut	Workflow	Elémentaire
	Base Projets	Tous						
Utilisation d'une ressource	BCT	Contributeur	Document	Impact	Collectif	Brut	Tableau de bord	Composite
	Forums	Contributeur						
	Base Projets	Contributeur						
Adhésion à l'espace	BCT	Administrateur	Sociale Affective	Impact	Différencié	Gradué	Intervalle discret	Elémentaire
Appréciation	BCT	Contributeur	Affective	Impact Résultat	Collectif	Evalué	Nombre	Elémentaire
Niv. d'interaction	BCT	Administrateur	Sociale	Activité	Collectif	Gradué	Seuil	Elémentaire
	Base projets	Chef de projet						
Niv. de participation	BCT	Administrateur	Action	Activité	Individuel	Gradué	Seuil	Composite
	Forums	Administrateur						
	Base Projets	Chef de projet						
Détermination des rôles	Forum	Administrateur	Sociale	Activité	Individuel	Evalué	Tableau	Elémentaire
Niv. de collaboration	Base Projets	Chef de projet	Sociale Action	Activité	Collectif	Gradué	Seuil	Composite

8.2.1.4 Bilan - Analyse

A travers ces trois espaces, nous avons identifié huit principaux indicateurs répondant à des besoins en observation variés. Certains indicateurs sont intéressants à mettre en œuvre dans plusieurs espaces, cela nous confirme le besoin de mettre en place la réutilisation des indicateurs.

Le processus de construction des indicateurs se rapproche d'un processus d'élicitation des connaissances (Menziez 2002) auprès d'experts⁵. Nous nous sommes trouvés dans le cas où la connaissance à recueillir n'était pas exacte et bien définie dans l'esprit des concepteurs. Cette notion d'indicateurs a mûri au cours des entretiens et la classification a servi de support à l'acquisition. La catégorisation des indicateurs a permis de clarifier les besoins exprimés, en mettant en avant les hésitations et en les reformulant lors du dernier entretien.

Ce recueil nous a servi tout au long de cette thèse pour élaborer et valider nos propositions, de modélisation et de langage. A la fin du projet, nous avons expérimenté notre prototype GINDIC en mettant en œuvre certains indicateurs issus du recueil des besoins. Nous présentons cette expérimentation dans la section suivante.

8.2.2 Expérimentation

Pour notre travail, l'objectif de l'expérimentation était de valider notre approche, c'est-à-dire de démontrer que nos propositions permettent bien de calculer des indicateurs représentant l'activité menée par différents acteurs sur la plate-forme CollaborativeECM. Dans cette partie, nous expliquons comment nous avons procédé, les cas d'usage expérimentés et le bilan que nous pouvons en tirer.

8.2.2.1 Méthodologie

Le recueil des besoins a été établi à partir des activités menées dans la plate-forme ALAMOS. En revanche, le système d'émission de traces vers le SGBT a été implémenté pour la nouvelle plate-forme CollaborativeECM. Malgré le fait que le SGBT soit encore au stade de développement, l'expérimentation a pu se faire à partir de CollaborativeECM. Cela entraîne deux conséquences pour l'expérimentation :

- ✧ L'environnement dédié à l'expérimentation a été paramétré pour permettre un usage semblable à celui d'ALAMOS mais il manque certaines fonctionnalités telles que les

⁵ Ici l'expert est celui qui sait quels indicateurs sont souhaitables, i.e. les différents utilisateurs interrogés, et nous avons pris le rôle du cognicien qui liste les indicateurs à mettre en œuvre.

profils d'experts par secteur d'activité, les mails de push en désignant les destinataires, les processus de validation et les commentaires sur les documents. Avec ce constat, certains cas d'usage étudiés lors du recueil des besoins ne peuvent pas être réalisés. Par conséquent, la liste des indicateurs présentée précédemment n'est pas totalement applicable.

- ✧ La plate-forme ne correspondant et ne ressemblant pas réellement à ALAMOS, il ne nous a pas semblé raisonnable de faire participer l'ensemble des utilisateurs à l'expérimentation. Des scénarios ont donc été prévus pour simuler une réelle utilisation de la plate-forme. De plus, si nous voulions observer l'activité réelle telle qu'elle se déroule sur ALAMOS, il aurait fallu le faire sur plusieurs mois. La plate-forme d'expérimentation n'a pas été prévue pour supporter une réelle activité.

Dans la partie suivante, nous développons les cas d'étude retenus.

8.2.2.2 Indicateurs expérimentés

Les indicateurs retenus pour l'expérimentation de nos travaux correspondent aux cas d'étude n°1 et n°5. Avant de les présenter, nous détaillons les acteurs et les espaces qui sont mis en scène dans les scénarios d'expérimentation.

- **Plate-forme d'expérimentation**

Nous avons créé neuf utilisateurs et leurs avons attribué le rôle de Gestionnaire. De cette manière, ils ont la possibilité de contribuer, consulter mais aussi créer des espaces. Nous les avons répartis équitablement dans les groupes de « Junior », « Intermédiaire » et « Senior » (dans les scénarios, nous les nommons J1, J2, J3, I1, I2, I3, S1, S2 et S3). Comme le montre la figure 61, lorsqu'un utilisateur se connecte à la plate-forme, plusieurs espaces sont à sa disposition (Projets, Expertises, Outils, Forums, Bourse, Aide et Status). Les scénarios établis se sont déroulés principalement dans les différents espaces d'expertise tels que « PROJET PITITOME », « Projet ARMONIE », « Papier - Carton », « Modélisation - Simulation »,...

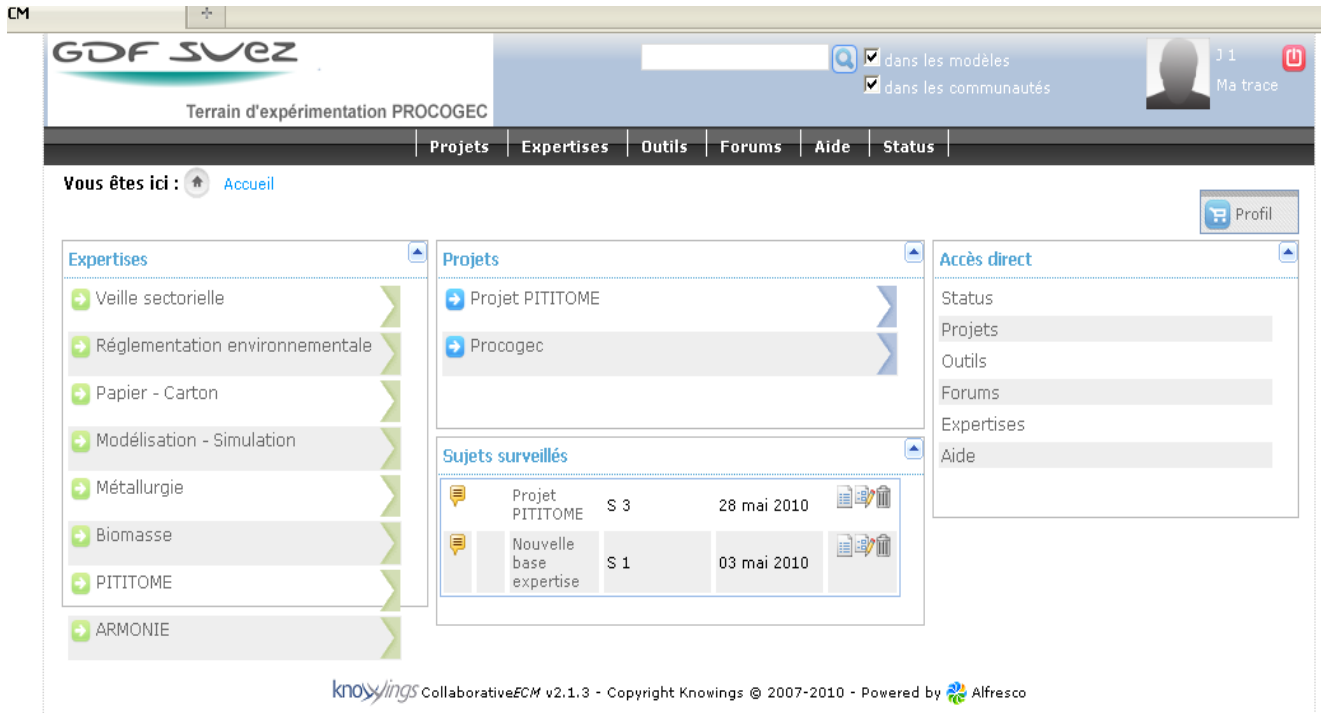


Figure 61 : Interface CollaborativeECM - Expérimentation

- **Scénarios choisis**

Dans les deux scénarios choisis, les indicateurs mis en œuvre sont totalement différents. En effet, ils ne répondent pas aux mêmes besoins en observations et sont d'ailleurs envisagés pour des utilisateurs ayant des rôles variés dans la plate-forme. Leur visualisation et leur construction sont également différentes.

Scénario n°1 : *L'administrateur souhaite réguler l'activité des différents groupes d'utilisateur.*

Ce scénario correspond au cas d'étude n°5 « Adhésion à un espace ». Dans ce scénario, nous nous plaçons à la place de l'administrateur de plate-forme. Nous souhaitons superviser l'activité globale de la plate-forme en distinguant les groupes des utilisateurs « juniors », « intermédiaires » et « séniors ». Pour cela nous estimons que les consultations et les contributions dans la plate-forme sont représentatives de l'intérêt qu'ils portent à la plate-forme (avec une importance pour la contribution).

L'indicateur « Adhésion à un espace » permet à l'administrateur d'observer l'évolution de l'implication des utilisateurs dans le temps. Le déroulement complet de l'élaboration de cet indicateur est expliqué dans l'annexe 3.

Lorsque l'indicateur est construit, il est ensuite calculé et il apparaît dans le tableau de bord (cf. Figure 62). Sa valeur sera mise à jour dès qu'une nouvelle action de consultation ou de contribution sera tracée de la plate-forme CollaborativeECM.

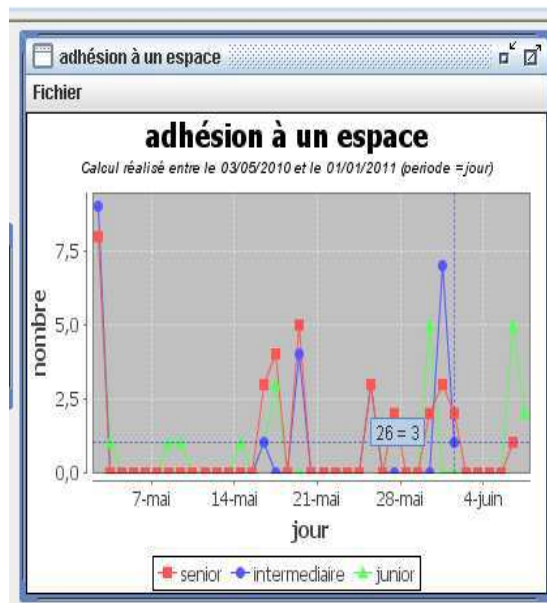


Figure 62 : Scénario expérimentation n°1: visualisation de l'indicateur « Adhésion à un espace »

Scénario n°2 : Prendre conscience du groupe de travail et de son apport personnel pour la communauté

Ce deuxième scénario reprend le cas d'étude n°1. L'indicateur « Utilisation d'une ressource » a pour objectif de fournir à chaque contributeur des informations sur l'utilisation et l'intérêt qu'a suscité sa contribution. Il s'agit d'informations qui vont à la fois le motiver à participer d'avantage et lui permettre de découvrir l'activité du reste de la communauté pour son document. Cet indicateur se présente sous la forme d'un tableau de bord qui va lui apporter les informations suivantes (cf. Figure 63) :

- ✧ l'impact de sa contribution sur la communauté (les indicateurs *Nombre de consultations* et *Nombre de pushes générés*).
- ✧ la typologie d'utilisateurs intéressés (l'indicateur *Groupes des lecteurs*).
- ✧ les usages et habitudes des autres utilisateurs (l'indicateur *Chemins ayant permis l'accès au document*).

Pour construire cet indicateur, il faut créer les indicateurs qui le composent. Lorsqu'ils existent, l'indicateur « Utilisation d'une ressource » peut être construit. L'annexe 4 reprend le processus d'élaboration de ces indicateurs.

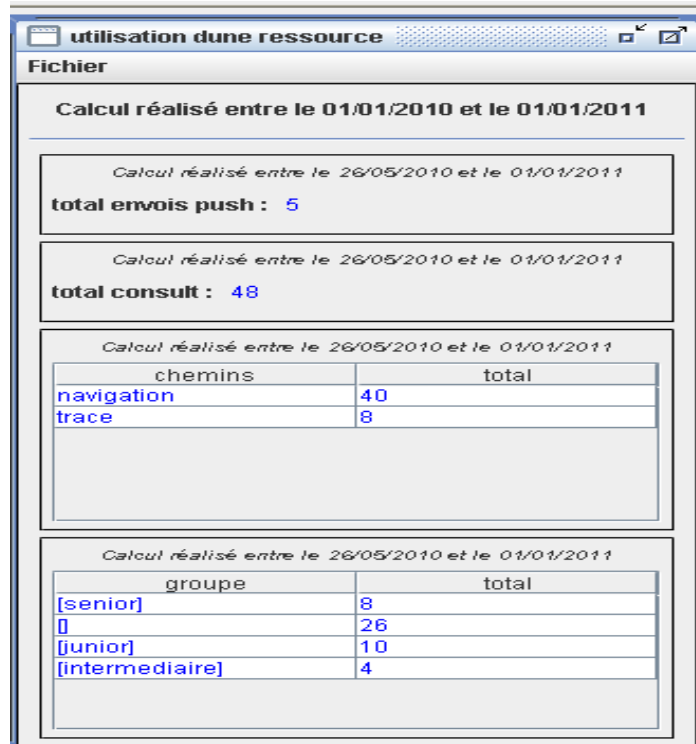


Figure 63 : Représentation de l'indicateur « Utilisation d'une ressource » (scénario d'expérimentation n°2)

8.2.2.3 Bilan - Analyse critique

Pendant et à la suite de ces expérimentations, nous nous sommes entretenus avec les différents acteurs des scénarios : le concepteur qui a créé et mis en œuvre les indicateurs et l'administrateur de la plateforme ayant participé, au préalable, au recueil des besoins. Nous proposons une analyse suivant leurs deux points de vue.

- **Point de vue Concepteur**

Les deux scénarios que nous venons de présentés nous ont permis de valider nos différentes contributions, nous pouvons souligner les points suivants :

- ✧ **La faisabilité** - Au final, nous avons sélectionné deux indicateurs totalement différents (caractéristiques de la carte d'identité, du patron et de la vitrine). Ainsi, nous avons démontré que le langage et la modélisation proposés dans cette thèse recouvraient nos besoins et nous permettaient de fournir des informations intéressantes et compréhensibles aux utilisateurs. Les deux indicateurs proposés permettent d'observer les actions qui sont traçées dans la plate-forme.

- ✧ **La réutilisation** - Dans le second scénario, nous nous sommes rendus compte que la réutilisation partielle des indicateurs existants était une aide non négligeable pour la construction d'indicateurs possédant des patrons et des vitrines semblables. Nous avons construit l'indicateur « Nombre de mail de push » en réutilisant l'indicateur « Nombre de consultations » et pour l'indicateur « Chemins d'accès », nous sommes repartis de l'indicateur « Consultations par groupe ».
- ✧ **La vérification** - Enfin, ces expérimentations nous ont confortés dans notre approche centrée-utilisateur. Malgré que GINDIC soit relativement compliqué à prendre en main pour des utilisateurs novices découvrant son fonctionnement, lorsqu'un utilisateur crée un indicateur et qu'il s'est assuré de sa validité (en comparant par exemple avec la visualisation de la trace), il pourra l'utiliser en toute confiance. Nous nous sommes rendus compte qu'au début de la mise en place d'un nouvel indicateur, le concepteur avait tendance à surveiller de près sa mise à jour en vérifiant que chaque action des utilisateurs était bien prise en compte par l'indicateur (délai de traitement : quelques minutes).

- **Point de vue Utilisateur**

Lorsque nous avons présenté ces deux indicateurs à l'administrateur de la plate-forme, plusieurs points ont été soulignés :

- ✧ **La conformité avec le recueil des besoins** - Les indicateurs mis en œuvre correspondent bien conceptuellement et visuellement à ce qui avait été établi lors du recueil des besoins. Le premier, « Adhésion à espace » a été comparé avec une enquête de satisfaction menée auprès des utilisateurs d'ALAMOS. Cette enquête, permettait d'avoir une idée plutôt subjective de la participation des différents utilisateurs (Junior, Intermédiaire et Senior). L'intérêt souligné pour cet indicateur est qu'il permet l'observation de l'évolution dans le temps de la participation des différents utilisateurs.
- ✧ **L'évolution des besoins** - Le fait de présenter ces deux indicateurs aux utilisateurs potentiel a engendré des discussions autour de nouvelles idées pour compléter les indicateurs existants ou pour de nouveaux besoins.

Par exemple, le premier scénario avait été imaginé suite à une observation du manque d'implication des utilisateurs intermédiaires par rapport aux deux autres groupes dans les premières années d'utilisation de la plate-forme. Or, ce constat est amené à disparaître car les intermédiaires « de demain » sont les juniors « d'aujourd'hui », et qu'il n'y a, à priori, pas de raisons pour que leur implication diminue. A ce moment-là, l'indicateur ne sera plus utile à l'administrateur. D'autre part, un indicateur similaire à celui-ci pourrait aider, encore une fois, l'administrateur de la BCT à apprécier le niveau d'adhésion des commerciaux par région. Par exemple, en 2006, l'administrateur s'était rendu compte que les commerciaux de certaines régions n'exploitaient pas le contenu de cette base. Après plusieurs actions de communication et de motivation au sein de la

communauté, la situation a pu être rétablie. Nous imaginons qu'un indicateur semblable à celui du premier scénario pourrait accompagner l'administrateur et l'animateur de cette base dans leur régulation. Cette fois-ci, l'indicateur s'appuierait sur les actions d'utilisation de mails de push et les utilisateurs seraient regroupés par région.

Pour le second scénario, l'indicateur « Utilisation d'une ressource » pourrait être complété car de nouvelles fonctionnalités ont été ajoutées à l'environnement depuis le recueil des besoins. Notamment, la visualisation de la trace dans CollaborativeECM permet de recommander et d'envoyer un document par mail à un collaborateur. Dans le tableau de bord représenté par l'indicateur « Utilisation d'une ressource », nous pourrions ajouter un indicateur renvoyant le nombre de fois où le document a été recommandé.

- ✧ **Les craintes concernant l'éthique** - Les indicateurs présentés dans ces deux scénarios sont définis avec un point de vue différencié ou collectif. Mais déjà, la question d'éthique peut se poser car lorsqu'on identifie les utilisateurs par groupe ou par rôle, il faut être très prudent sur l'usage qui est fait.

- **Points négatifs**

La première limite que nous pouvons percevoir de ces expérimentations est le manque d'évaluation des usages des indicateurs. En effet, l'état « prototype » de GINDIC ainsi que les problèmes de correspondance entre la plate-forme ALAMOS (utilisée actuellement dans l'entreprise) et CollaborativeECM ne permettraient pas de mettre en œuvre des expérimentations « grandeur nature » sur le long terme.

Le deuxième point négatif est que l'indicateur « chemins d'accès au document », présent dans le tableau de bord du deuxième scénario, est incomplet. En effet, il est censé renvoyer les actions réalisées par les utilisateurs ayant entraîné leur consultation (utilisation de push, navigation, réutilisation d'une trace, recherche,...). Jusqu'à maintenant, nous n'avons pas réussi à retrouver les consultations provenant d'une recherche. Les actions suivies de recherches suivies d'une consultation ne sont pas toutes modélisées de la même manière. Nous avons jusqu'à maintenant réussi à retrouver celles de navigation et d'utilisation d'url de push, mais pas encore celle de recherche.

- **Perspectives**

Au-delà des résolutions de points négatifs, nous pouvons dégager plusieurs perspectives concernant les expérimentations.

Premièrement, nous avons choisi d'expérimenter notre outil sur des scénarios correspondants aux utilisations des outils collaboratifs telles que nous les envisageons dans le projet ProCoGeC.

Néanmoins, GINDIC est basé sur une architecture indépendante de la plate-forme dans laquelle se déroule l'activité à observer. Nous avons conçu l'outil de manière générique, il faudrait à présent le confronter à un contexte différent de celui de l'expérimentation.

De plus, nous avons vu que ces expérimentations ont entraîné de nouvelles idées et de nouveaux besoins concernant les indicateurs. Nous nous rendons compte, qu'il serait alors intéressant d'effectuer un nouveau recueil des besoins prenant en compte les indicateurs étudiés. Comme nous l'avons suggéré dans la démarche de réutilisation des indicateurs (cf. chapitre 7), il serait intéressant de mettre en place un système d'évaluation des indicateurs et des retours d'expériences pour faire évoluer le système d'observation.

CONCLUSION

Depuis quelques années, de nouvelles recherches autour des activités collaboratives dans les environnements informatiques ne cessent de voir le jour. Les principaux freins à la collaboration observés jusqu'à présent concernent les aspects psychologiques (manque de confiance) et structurels (organisation des interactions et partages, performance individuelle,...) de l'activité (Archimag 2008). Dans cette thèse, nous avons travaillé à l'amélioration de l'activité des utilisateurs au sein d'une plate-forme collaborative au moyen d'indicateurs de collaboration. Ces indicateurs ont pour vocation de fournir aux utilisateurs des informations relatives à l'observation d'une activité collaborative de manière précise, structurée et compréhensible.

Notre premier objectif était d'identifier ce qu'est un indicateur de collaboration. Pour cela, nous proposons sa carte d'identité. Elle regroupe toutes les informations qui doivent être prises en compte par les concepteurs de tels indicateurs pour permettre leur identification et leur description.

Nous avons ensuite répondu au second objectif en proposant le patron d'un indicateur de collaboration. Il contient toutes les informations concernant la construction de l'indicateur. Pour cela, nous avons développé un langage de calcul d'indicateurs permettant de décrire les opérations effectuées pour générer un indicateur à partir des traces numériques d'activités. Ce langage repose sur un système à base de règles, il est flexible et dans le cadre de notre projet, nous n'avons pas rencontré de limitation puisqu'il nous a été possible de construire tous les indicateurs imaginés lors du recueil des besoins.

D'une manière générale, nous avons suivi une approche centrée-utilisateur pour la mise en œuvre des indicateurs. Pour cela, nous nous sommes intéressés aux problématiques de personnalisation et de réutilisation des indicateurs. Pour la personnalisation, nous proposons la vitrine de l'indicateur. Elle décrit l'ensemble des éléments liés à l'instanciation de l'indicateur (contextualisation et visualisation). Pour la réutilisation, nous proposons une modélisation de l'indicateur qui facilite sa réutilisation totale ou partielle. Nous avons également présentés différents outils et méthodes pour accompagner les utilisateurs durant les différentes étapes du processus de réutilisation. Enfin, pour permettre aux concepteurs de gérer entièrement les indicateurs (définition, construction, visualisation, modification et réutilisation), nous avons développé l'outil GINDIC.

Nous avons mené des expérimentations auprès d'un partenaire industriel. Cela nous a permis de valider nos propositions dans le contexte de recherche de cette thèse : les plates-formes de gestion de documents collaboratives. Nous avons veillé à ce que notre outil ainsi que les concepts sur lesquels il repose sont génériques et indépendants. Ils peuvent très bien être exploités dans d'autres contextes. Par exemple, nous avons pu expérimentés la proposition de classification dans le domaine des jeux éducatifs (Gendron 2008) et de l'ingeniering design.

PERSPECTIVES

Dans cette thèse, nous avons suivi une approche centrée-utilisateur pour l'ensemble de nos contributions. Les perspectives que nous pouvons à présent dégager concernent les **concepteurs** et les **utilisateurs** des indicateurs.

Perspectives pour les concepteurs des indicateurs

Dans le dernier chapitre, nous avons présenté les expérimentations que nous avons menées dans le cadre du projet ProCoGeC pour valider nos propositions. A présent, notre travail doit à la fois être confronté à d'autres domaines et surtout mis en place pour des expérimentations à plus grande échelle « sur le long terme ». L'observation de ces expérimentations nous permettrait d'avoir des retours pour faire évoluer nos propositions en terme de **conception** et de **réutilisation**.

- **Conception - amélioration de la classification**

Nous nous sommes rendus compte au cours du recueil des besoins et lorsque nous avons confronté la classification à des indicateurs existants, qu'il était parfois difficile d'attribuer des valeurs à chaque caractéristique de la classification. La première perspective de cette thèse serait donc d'affiner la classification en proposant des sous-catégories. Pour cela, nous avons besoin davantage de retours d'expériences et dans des domaines variés.

De plus, nous avons confronté notre classification à des indicateurs existants du domaine de l'engineering design. Nous avons observé que lorsque les utilisateurs avaient des difficultés à choisir une valeur à chaque caractéristique, ils procédaient par élimination. En effet, il est parfois plus facile de désigner les valeurs impossibles pour les caractéristiques que les valeurs possibles. Dans son étude sur la classification et l'instanciation d'Objets, (Rieu 1991) propose de spécifier pour chaque objet les classes admissibles, les classes possibles et les classes impossibles.

Dans le cadre de cette thèse, cette distinction va aider le concepteur dans la définition et la représentation de l'indicateur qu'il est en train de concevoir.

- **Réutilisation - méthodologie et outils**

Les expérimentations effectuées jusqu'alors nous ont donné des pistes pour compléter les démarches de réutilisation en mettant en place des retours d'expériences (tâche évaluation du

processus « With-Reuse ») et compléter ou modifier les critères permettant de qualifier les indicateurs (tâche qualification du processus « For-Reuse »).

De plus, nous n'avons pas suffisamment développé les aspects liés à la méthodologie et l'organisation à mettre en place pour faire de la réutilisation. Comme dans le domaine des logiciels, les freins à la réutilisation viennent d'un manque de prise en compte de la dimension sociale et cognitive du processus. Dans son étude, (Ye 2002) s'intéresse au modèle usager pour personnaliser les tâches de réutilisation. Selon les besoins des utilisateurs et leur niveau de connaissances concernant l'ingénierie des indicateurs, la réutilisation sera différente. Par exemple, un animateur de communauté va avoir besoin principalement d'indicateurs de dimension sociale. En connaissant son statut, nous pouvons lui conseiller en premier lieu un certain nombre d'indicateurs.

Du point de vue concepteur, une dernière perspective peut être dégagée de cette thèse. Actuellement les caractéristiques définies dans la carte d'identité d'un indicateur de collaboration fournissent des indications sur l'usage qui peut en être fait et les objectifs d'observation auquel il répond. L'idée serait d'aller plus loin en associant à un indicateur un ou plusieurs problèmes auquel il répond (même en partie), cette approche rejoint la **vision design pattern**.

- **Réutilisation - vision design pattern**

Les *Design Patterns* (Patrons de Conception) associent une solution à un problème identifié. Si nous arrivons à faire de même avec les indicateurs, il sera plus facile pour les utilisateurs de cibler les indicateurs en fonction de leurs besoins. Dans ses travaux sur la réutilisation des composants logiciels, (Gzara 2003) propose de définir les Design Patterns avec les attributs suivants :

- ✧ *Nom* : le nom du patron,
- ✧ *Classification* : s'il s'agit d'un produit ou d'un processus,
- ✧ *Intention*: le problème auquel s'adresse le patron,
- ✧ *Motivation*: un scénario (exemple) de l'application du patron, sous forme textuelle et graphique,
- ✧ *Problèmes particuliers* : retours d'utilisation du patron,
- ✧ *Description semi-formelle* : la solution suggérée par le patron, sous la forme de digramme UML, en décrivant les participants et les interactions.

Pour les indicateurs, l'attribut *Classification* peut être remplacé par les caractéristiques que nous retrouvons dans la carte d'identité (dimension, point de vue et nature). Les attributs *Intention* et *Motivation* sont à développer à la suite d'expérimentations en situation réelle. La *Description* pourra être remplacée par la modélisation modulaire que nous proposons pour la réutilisation.

Nous terminons en présentant plusieurs aspects qui nous semblent intéressants à approfondir pour les utilisateurs des indicateurs cette fois-ci.

Perspectives pour les utilisateurs des indicateurs

Les indicateurs permettent une observation ciblée de l'activité. Ils sont conçus et mis en œuvre dans un but précis qui dépend du contexte d'utilisation (domaine, utilisateurs,...). Une des perspectives du travail de cette thèse est de proposer des **indicateurs interactifs** qui vont pouvoir agir directement sur l'activité en assistant les utilisateurs dans leurs usages. De plus, pour que les utilisateurs aient confiance et acceptent les indicateurs ils doivent avant tout les comprendre (définition et construction). La dernière perspective que nous proposons concerne les informations à fournir à aux utilisateurs pour **la compréhension des valeurs des indicateurs**.

- **Usages - Indicateurs interactifs**

Dans notre état de l'art sur les usages des indicateurs, nous avons identifié plusieurs objectifs auxquels peuvent répondre les indicateurs : l'awareness, la compréhension et l'interprétation d'une activité, la personnalisation, la régulation d'une activité et l'auto-régulation, l'aide à la prise de décision, les prévisions, l'évaluation d'une activité ou d'un groupe de personnes et la motivation des utilisateurs.

Actuellement, les indicateurs, tels que nous les avons implémentés, renvoie aux utilisateurs des informations spécifiques sur l'activité lui permettant ensuite d'effectuer ou non des actions correspondantes aux objectifs de l'indicateur. Nous pensons que les indicateurs peuvent être plus interactifs en proposant des actions aux utilisateurs correspondantes à la situation observée.

Par exemple, nous pouvons imaginer relier des actions de *régulation* directement aux indicateurs. Selon la valeur de l'indicateur, des actions pourraient être déclenchées ou suggérées aux utilisateurs en vue de réguler l'activité. Par exemple dans (Soller 2005), l'environnement d'apprentissage collaboratif proposé est doté d'un système d'indicateurs qui analyse les interactions des étudiants et d'un système de régulation qui observe les valeurs des indicateurs et renvoie des conseils selon les résultats.

De plus, pour la *personnalisation* de l'activité, nous pouvons imaginer un indicateur pour la mise à jour de profils utilisateurs qui observe pour chaque domaine les consultations et contributions des utilisateurs. En analysant cet indicateur, il pourrait alors être intéressant de renvoyer le nom des utilisateurs et le domaine dans lequel ils contribuent beaucoup (en fonction d'un seuil défini) à l'administrateur afin qu'il les nomme « expert du domaine ». Et à l'inverse, en analysant les consultations des utilisateurs (calculés par cet indicateur), suggérer aux utilisateurs eux-mêmes de mettre à jour leur profil d'intérêt.

Enfin, le dernier point qui nous semble primordial mais que nous n'avons pas eu le temps de développer est la compréhension de la valeur d'un indicateur.

- ***Compréhension de la valeur d'un indicateur***

Les expérimentations que nous avons menées, nous ont confirmé le besoin pour l'utilisateur de comprendre comment était calculée la valeur de l'indicateur pour accepter de l'utiliser. La compréhension va au-delà de la simple explication des opérations de transformation et de calculs qui sont décrites dans le patron de l'indicateur. En effet, l'élaboration et la mise à jour de l'indicateur doit être transparente pour l'utilisateur. Nous devons être capable, pour chaque indicateur, de retrouver les actions (représentées par les traces d'activité) ayant déclenché la règle de construction ainsi et de décrire les opérations réalisées. Actuellement, cette fonctionnalité n'a pas été développée dans l'outil GINDIC. Néanmoins nous avons déjà réfléchi à une solution.

Premièrement, parmi les quatre besoins pour l'ingénierie des indicateurs que nous avons listés dans le quatrième chapitre (§ 4.1.2), nous avons déjà mis en avant l'importance de l'explication du résultat et de la traçabilité. Pour cela, dans notre proposition, nous utilisons un système à base de règles pour la construction des indicateurs. Celui que nous avons implémenté, Drools, dispose d'un service d'Audit, qui permet de mémoriser les informations suivantes (cf. Figure 64) : les faits (insérés, modifiés et supprimés), les règles (activées, désactivées, exécutées, créées et supprimées). Pour chaque règle exécutée, nous pouvons retrouver les causes (i.e. les faits).

L'avantage de cet outil est la possibilité de retrouver, pour chaque indicateur, les actions qui ont entraîné leur modification.

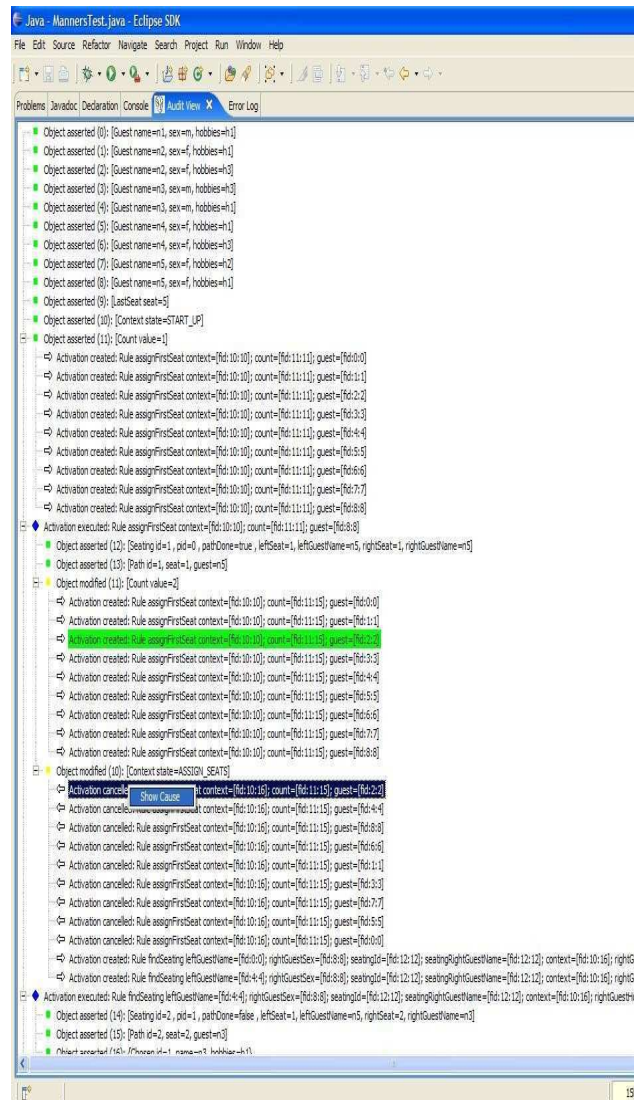


Figure 64 : Traçabilité d'une règle de construction d'indicateur depuis l'environnement de développement (Eclipse)

Deuxièmement, la traçabilité actuelle se fait depuis l'environnement de développement Eclipse. Dans la continuité du travail de cette thèse, l'objectif est plutôt de renvoyer ces informations aux utilisateurs des indicateurs. Dans la plate-forme CollaborativeECM, les utilisateurs ont la possibilité de visualiser leur trace d'activité de manière graphique (cf. Figure 65). Sur la figure, l'utilisateur visualise les actions qu'il a réalisées du jeudi 10 juin 2010 au jeudi 24 juin 2010. Nous pouvons repérer principalement des consultations, des connexions, des navigations, et des recommandations par mail.

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

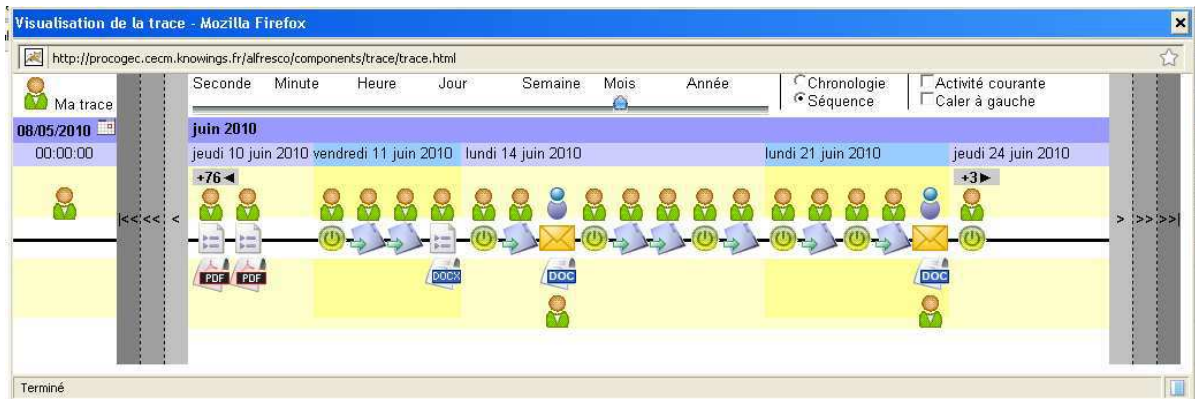


Figure 65 : Visualisation de la trace (CollaborativeECM)

Comme les actions visualisées correspondent aux faits utilisés par le système à base de règles, il pourrait alors être intéressant de présenter les actions ayant entraîné la mise à jour de l'indicateur de la même manière, en ajoutant l'évolution de la valeur de l'indicateur tout au long de ces actions.

BIBLIOGRAPHIE

Archimag (2008). Collaboratif et gestion de connaissances, *guide pratique réalisé par archimag – les technologies de l’information*, vol. 32, janvier 2008, www.archimag.com.

Avouris N., Dimitracopoulou A., Komis V., Fidas C. (2002). OCAF: an object-oriented model of analysis of collaborative problem solving, *proceedings 4th Computer Supported Collaborative Learning Conference*, p. 92-101, Boulder, 7-11 janvier 2002.

Austin J.L. (1962). *How to Do Things with Words*, Oxford: Oxford University Press, 1962.

Baker M., Hansen T., Joiner R., Traum D. (1999). The role of grounding in collaborative learning tasks. In P. Dillenbourg (Ed) *Collaborative learning: Cognitive and Computational Approaches*, p. 31-63.

Barbier F., Cauvet C., Oussalah M., Rieu D., Bennisri S., Souveyet C. (2002). Composants dans l’Ingénierie des Systèmes d’Information : Concepts clés et techniques de réutilisation, *Assises du GDR I3*, Nancy, Décembre 2002.

Beenen G., Ling K., Wang X., Chang K., Frankowski D., Resnick P., Kraut R. (2004). Using social psychology to motivate Contributions to online Communities, *CSCW*, Chicago, Illinois, USA, November 6-10, 2004.

Benali K., Bourguin G., David B., Derycke A., Ferraris C. (2002). Collaboration/Coopération. In Le Maître, J. (Ed.), *Actes des 2^e Assises Nationales du GdR I3 : Information – Interaction – Intelligence*, Nancy, France, Cépadués Éditions, p. 79-94, décembre 2002.

Betbeder M.L. (2003). *Symba : un environnement malléable support d’activités collectives en contexte d’apprentissage*, thèse de doctorant, Université du Maine, Le Mans.

Beylier C., Pourroy F., et al. (2007). Implementation of a light knowledge sharing tool in engineering design, *International Conference on Engineering design*, p. 28-31, Paris, France, August 2007.

Bielaczyc K. (2006). Designing social infrastructure: Critical issues in creating learning environments with technology. *Journal of Learning Sciences*, vol. 15, p. 301-329.

Bonk C. J., Cunningham D. J. (1998). Searching for learner-centered, constructivist, and sociocultural components of collaborative educational learning tools. *Electronic collaborators: learner-centered technologies for literacy, apprenticeship, and discourse*, p. 25-50, New Jersey: Erlbaum.

Bousbia N., Labat J-M. (2007). Perception de l’activité de l’apprenant dans un environnement de formation. *Actes de la conférence Environnement Informatique d’Apprentissage Humain*.

Brassac C. (1992). Analyses de conversations et théorie des actes de langage. *Cahiers de linguistique française*, vol. 13, p. 62-76.

Bratitsis T., Dimitracopoulou A. (2006). Indicators for measuring quality in asynchronous discussion forums. *International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Era (CELDA2006)*,

IADIS (International Association for Development of the Information Society), Barcelona, Spain, 8-10 December, 2006.

Bravo J., Ervas R., Ghavira G., Nava S. (2006). Mosaic of visualization: an approach to embedded interactions through identification process, *CDVE. Springer LNCS*, vol. 4101, p. 41-48.

Brooks C., Hansen C., Greer J. (2006). Social Awareness in the iHelp Courses Learning Content Management System. *Proceedings of the Workshop on Social Navigation and Community-Based Adaptation Technologies, held in conjunction with the Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems (AH'06) conference*, Dublin, Ireland, 20 Jun 2006.

Brusilovsky P., Millan E. (2007). User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems. In: P. Brusilovsky, A. Kobsa and W. Neidl (eds.), *The Adaptive Web: Methods and Strategies of Web Personalization*, p. 3-53. Lecture Notes in Computer Science, vol. 4321, Springer.

Carron T., Marty J-C., Heraud J-M. (2008). Teaching with Game Based Learning Management Systems: Exploring and observing a pedagogical dungeon, *Simulation & Gaming Special issue on Games and Adaptive eLearning*.

Chabert G., Carron T., Gagnière L. (2005). L'observation des usages dans un contexte éducatif : pratiques pédagogiques et nouvelles formes de communication éducative émergentes ?, *Colloque international ISD'05*, Tunis, Tunisia, 14-16 April, 2005.

Cheng R., Vassileva J. (2006). Design and evaluation of an adaptive incentive mechanism for sustained educational online communities, *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 16, n°3-4, p. 321-348.

Chen W. (2006). Supporting Teachers' Intervention in Collaborative Knowledge Building, *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 29, n° 2, p. 200-215.

Chikh A. (2003). Une approche méthodologique de réutilisation en ingénierie de document : Application au e-learning, *Document numérique*, vol. 7, pp. 59-88.

Courtin C., Talbot S. (2007). Une station d'observation pour des situations d'apprentissage collaboratif instrumenté, *Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH)*, Lausanne, Suisse.

Cram D., Jouvin D., Mille A. (2007). Visualizing Interaction Traces to improve Reflexivity in Synchronous Collaborative Learning Activities. *6th European Conference on e-Learning*, p. 147-158, (October 2007).

Daradoumis T., Martinez-Mones A., Xhafa F. (2006). A layered framework for evaluating on-line collaborative learning interactions. *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 64, n°7, p. 622-635.

Davenport T.H., De Long D.W., Beers M. C. (1998). Successful Knowledge Management Projects, *Sloan Management Review*.

- David B. (2001).** IHM pour les collecticiels. In *E. Hermès (Ed.), Les télé-applications*, vol. 13, p. 169-206.
- David B., Chalon R. (2007).** Model and Formalism Driven Development of collaborative Application, *Model Driven Development of Advanced User Interfaces (MDDAUI 2007)*, Nashville, États-Unis d'Amérique, p. 102-107.
- Denos N., Berrut C., Lopez L, Nguyen A-T. (2004).** Cocofil, une plate-forme de filtrage collaboratif orientée vers la communauté, *CORIA 2004*.
- Devillers R., Bédard Y., Gervais M. (2004).** Indicateurs de qualité pour réduire les risques de mauvaise utilisation des données géo spatiales, *Revue internationale de géomatique*, vol. 14, p. 35-57.
- Diagne F. (2008).** EM-AGIIR : un environnement Multi-Agent ouvert pour la supervision à partir d'Indicateurs Réutilisés, *2nde Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH*.
- Dillenbourg P. (1999).** What do you mean by collaborative learning ? », in *Collaborative learning: Cognitive and Computational Approaches*, p. 1-19, 1999.
- Dimitriadis Y.A., Marcos J.A. et al. (2006).** Interaction Analysis for the Detection and Support of Participatory Roles in CSCL. *CRIWIG : Collaboration Researchers' International Workshop on Groupware*, LNCS 4154, p. 155-162.
- Dimitracopoulou A., Bruillard E. (2006).** Enrichir les interfaces de forums par la visualisation d'analyse automatique des interactions et du contenu, *revue STICEF*, vol. 13, p. 345-397.
- Djouad T., Mille A., Reffay C., Benmohamme M. (2009).** Ingénierie des indicateurs d'activités à partir de traces modélisées pour un Environnement Informatique d'Apprentissage Humain, *Sciences et Techniques de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, vol. 16, ISSN 1764-7223.
- Dourish P., Bellotti V. (1992).** Awareness and Coordination in Shared Workspaces, *In Proceedings of the 1992 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, p. 107-114.
- Duijn H.V. (2006).** Evaluation of a participative process. The elaboration of the diagnostic du SCOT de Thau, *Cemargref Montpellier*, décembre 2006.
- Elkadiri S., Pernelle P., Delattre M., Bouras A. (2008).** Pilotage des processus collaboratifs dans les systèmes PLM, *1^{er} Congrès des innovations mécaniques CIM'08*, Sousse, Tunisie, 28-29 avril 2008.
- Ellis C., Wainer J. (1994).** A conceptual model of groupware, *In Proceedings of the 1994 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, USA, Octobre 1994.
- Estublier J., Vega G. (2005).** Reuse and variability in large software applications, *European Software Engineering Conference and International Symposium on the Foundations of Software Engineering EEC-FSE*, Lisbon, Portugal, 5-9 septembre 2005.
- Fernandez A. (2000).** Les nouveaux tableaux de bord des décideurs, Paris, *Éditions d'organisation*, 2000.

Ferraris C., Lejeune A., Vignollet L., David J.P. (2005). Modélisation de scénarios pédagogiques collaboratifs, *EIAH*, Montpellier 2005.

Gaboriaud R. (1996). Physico-Chimie des solutions, Masson, 330p.

Gendron E., Carron T., Marty J-C. (2008). Collaborative Indicators in Learning Games: An Immersive Factor, *2nd European Conference on Game Based Learning*, Barcelone, Espagne, octobre 2008.

George S. (2001). Apprentissage collectif à distance. Splach : un environnement informatique support d'une pédagogie de projet, *thèse de doctorant*, Université du Maine, Le Mans.

George S., Bothorel C. (2006). Conception d'outils de communication spécifiques au contexte éducatif. *revue STICEF*, vol. 13, ISSN: 1764-7223.

Glahn C., Specht M., Koper R. (2007). Smart indicators to support the learning interaction cycle , *Second European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL)*, LNCS. Springer, Crete, Greece.

Godin, B. (2004). The Who, What, Why and How of S&T Measurement, *Project on the History and Sociology of S&T Statistics*.

Guéraud V., Michelet S., Adam J-M. (2007). Suivi de classe à distance : propositions génériques et expérimentation en électricité. *Environnements informatiques pour l'Apprentissage*, p. 65–72.

Gutwin C., Stark G., Greenberg S. (1995). Support for workspace awareness in educational groupware. *Proceedings of CSCL'95, the First International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*, p. 147-156.

Gzara L., Rieu D., Tollenaere M. (2003). Product information systems engineering : an approach for building product models by reuse of patterns, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, vol. 19, pp. 239-261.

Hendrikx P., Dufour B. (2004). Méthode d'élaboration des indicateurs de performance des réseaux de surveillance épidémiologique des maladies animales, *Revue Epidémiol. Et santé anim.*, p. 71-85.

Heraud J-M. (2002). PIXED : Une Approche Collaborative de l'Expérience et l'expertise pour guider l'adaptation des hypermédias, *Thèse de Doctorat en Informatique de l'Université de Lyon*.

Heraud J-M., Marty J-C., France L., Carron T. (2005). Helping the Interpretation of Web logs : Application to learning scenario Improvement, *Workshop Usage analysis in learning systems, XIIth International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED)*, Amsterdam, Netherland.

Herbsleb J. D., Mockus A., Finholt T.A., Grinter R.E. (2000). Distance, Dependencies, and Delay in Global Collaboration, *In Proceedings of the 2000 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, Philadelphia, PA, 1-6 Décembre, 2000.

Horn D.B., Finholt T.A., Birnholtz J.P., Motwani D., Jayaraman S. (2004). Six degrees of Jonathan Grudin: A social network analysis of the evolution and impact of CSCW research. *In Proceedings of the 2004 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, CSCW '04*, p. 582-591, New York.

Iksal S., Choquet C. (2005). Usage Analysis Driven by Models in a Pedagogical Context, *Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies ICALT*.

Iksal S., Carron T., Marty J.C. (2007). Modéliser les expérimentations basées sur les traces : Une étude de cas avec le langage UTL, *Rapport de recherche du laboratoire*.

Jaillet A. (2005). Peut-on repérer les effets de l'apprentissage collaboratif à distance?, *Distances et savoir*, vol. 3, p. 49-66.

Jaulent P. (2007) Indicateurs composites, un peu de rigueur..., <http://Decideo.fr>, *Communauté francophone des utilisateurs et fournisseurs d'outils d'aide à la décision en entreprise*, 13 Février 2007 (consulté en novembre 2007).

Jean-Daubias S., Eyssautier-Bavay C. (2005). An Environment Helping Teachers to Track Students' Competencies, *Proceedings of Workshop on Learner Modelling for Reflection, International Conference on Artificial Intelligence in Education*, p. 19-22.

Jerman P. (2004). Computer Support for Interaction Regulation in Collaborative Problem Solving, *PhD Thesis*.

Kaleidoscope (2006). State of the Art on Interaction Analysis for Metacognitive Support and Diagnosis. *Report JEIRP. D.31.1.1, Kaleidoscope Network of Excellence*, p. 6-62, Mai 2006.

Kermarec A.M., Faou E., Merlet J.P. (2007). Que mesurent les indicateurs bibliométriques ?, *document d'analyse de la commission d'Evaluation de l'INRIA*, 12 décembre 2007.

Klein G. (1999). Sources of Power - How people make decisions, *MIT Press*, Cambridge, Massachusetts.

Labat J.M. (2002). EIAH : Quel retour d'informations pour le tuteur ?, *Colloque TICE*, p. 81-88.

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 doctorant*, Université du Maine, Le Mans.

Lederman N.G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 36, p. 916-929.

Lee K.J. (2006). What goes around comes around: an analysis of del.icio.us as social space, *CSCW*, Alberta, Canada, Novembre 4-8, 2006.

Lefevre, M. (2009). Processus unifié pour la personnalisation des activités pédagogiques : méta-modèle, modèles et outils, *thèse de doctorat*, Université Claude Bernard Lyon1.

Lipponen L., Lallimo J. (2004). From collaborative technology to collaborative use of technology: Designing learning oriented infrastructures. *Educational Media International*, vol. 41, n°2, p. 111-116.

Loghin G-C. (2008). Observer un environnement numérique de travail pour réguler les activités qui s'y déroulent, *thèse de doctorat en Informatique de l'université de Savoie*, 10 Décembre 2008.

Lorino P., (2002). Un schéma stratégique, *L'informatique professionnelle*, 205, juin-juillet.

Martel C., Ferraris C. (1999). De la régulation dans les collecticiels, *Actes d'IHM99*, Montpellier, Novembre.

Martinez A., De La fuente P., Dimitriadis Y. (2003). Towards an xml-based representation of collaborative action, *CSCL*, 2003.

Marty J-C., Mille A. (2009). Analyse de traces et personnalisation des environnements informatiques pour l'apprentissage humain, *Edition Lavoisier*.

Mazura-Godoy C., Riveill M., Talbot S. (2003). MARS : Modelling Arenas to Regulate collaborative Spaces, *CRIWG 2003*.

May M. George S., Prévôt P. (2007). Keeping Tracks of Users' Activities on Discussion Forum: Reflection and Proposal, *Echanger pour apprendre en ligne*, Grenoble, juin 2007.

Menzies T.J. (2002). Knowledge elicitation: the state of the art. In: S.K. Chang, ed. *Handbook of software engineering and knowledge engineering*, vol. 2, pp. 607-627.

Millen D.R., Patterson J.F. (2002). Stimulating Social engagement in a Community Network, *Conférence Internationale Computer Supporting Collaborative Learning*, 16-20 Novembre 2002.

Moscarola J. (1995). Les Utilisations pédagogiques du SPHINX – De l'Enseignement à la recherche, *Revue de l'EPI (Enseignement Public et Informatique)*, vol. 78, p. 219-235.

OCDE (1999). Indicateurs environnementaux pour l'agriculture, *Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE)*, vol. 2, 226p.

Pagano J. (2006). Benefits and Challenges of Developing a Public Sector Metrics Program using Commercial Tools, *CAMA'06*, 11 Novembre 2006, Arlington, Virginie, USA.

Pham T.N. (2008). Réingénierie des EIAH: automatiser et réutiliser le savoir-faire en analyse d'usage, *2nde Rencontres Jeunes chercheurs en EIAH*.

Pham T. N., Iksal S., Choquet C., Klinger E. (2009). UTL-CL : A Declarative Calculation Language Proposal for a Learning Tracks Analysis Process, *In the 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT' 2009)*.

Pinelle D., Gutwin C., Greenberg S. (2003). Task analysis for groupware usability evaluation : modeling Shared-Workspace Tasks with the Mechanics of Collaboration, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, vol. 10, n°4, p. 281-311, Décembre 2003.

Pitrat J. (1995). De la machine à l'intelligence, *Hermès*.

Plan Canada (1999). Sustainable community indicators programme, vol. 39, n°5.

Popova V., Treur J. (2007). A specification language for organisational performance indicators, *Journal of Applied Intelligence*, vol. 27, p. 291-301.

Prinz W. (1999). NESSIE: An Awareness Environment for Cooperative Settings. *In the Proceedings of the European Conference on Computer Supported Cooperative Work*, p. 391–410.

Randriamaaka N., Iksal S., Choquet C. (2007). Indicators' Elicitation process for Re-Engineering of Learning Scenario : Traces Approach Based on usage Tracking Language, *Conference on Advanced Learning*.

Rieu D., Toan N.G., Culet A. (1991). Instanciation multiple et classification d'objets, *rapport de recherche de l'INRIA*, n°1480, Juillet 1991.

Sack W., Détienne F., Ducheneaut N., Burkhardt J-M., Mahendran D., Barcellini F. (2004). A Methodological Framework for socio-Cognitive Analyses of Collaborative Design of Open Source Software, *Workshops in CSCW'04*, Chicago, Illinois, 6-10 Novembre 2004.

Sadigh D. (2004). Pas de réseau interne sans indicateurs, *BanqueAssurance*, Novembre- Décembre 2004.

Salembier P., Theureau J., Zouinar M., Vermerch P. (2001). Action/cognition située et assistance à la coopération, *12ièmes journées francophones d'ingénierie des connaissances IC'2001*, 25-27 Juin, Grenoble.

Sawaya, E. (2002). Mesure d'activité sur PicoLibre, *Rapport de recherche ENST Bretagne*, 10 mars 2002.

Schmidt, K. (2002). The problem with « Awareness », *In Computer Supporter Cooperative work*, vol. 11, p. 285-298.

Schauer, F. (2002). Playing by the rules - A Philosophical Examination of Rule-Based Decision-Making in Law and in Life, *Oxford University press*.

Scharnhorst, A., Wouters, P. (2006). Web indicators – a new generation of S&T indicators?, *Cybermetrics*, vol. 10, n°1.

See W-B., Chen S-J. (1996). High-level reuse in the design of an object-oriented real-time system framework, *International conference on Computer Symposium*, Kaohsiung, Taiwan, 19-21 décembre 1996.

Sen S., Geyer W., Muller M., Moore M., Brownholtz B., Wilcox E., Millen D.R. (2006). FeedMe: A collaborative Alert Filtering System, *CSCW*, Alberta, Canada, 4-8 November, 2006.

Sentenì A., Aubé M., Dufresne A. (2001). Un modèle de support au travail collaboratif dans un centre virtuel d'apprentissage, *Hypermédia et Apprentissage*, Grenoble, p. 225-239.

Settoui L.S., Prié Y., Mile A., Marty J-C. (2006). Systèmes à base de trace pour l'apprentissage humain, *Colloque international TICE 2006*, vol. 8, n°2, p. 1-15.

Settoui L.S., Prié Y., Marty J.-C., Mille A. (2009). A trace-based system for technology-enhanced learning systems personalisation, *in The 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, Juillet 2009.

Sindre G., Conradi R., Karisson E.A. (1995). The REBOOT approach for software reuse, *Journal of System and Software*, 1995.

Soula G., Fieschi M. (1998). Changement technologique et réutilisation de bases de connaissances hypermédias : l'exemple de Web-Forum, *Santé et Réseaux Informatiques*, vol. 10.

Steyer, A., Zimmermann, J.B. (2004). Influence sociale et diffusion de l'innovation, *Mathematics and Social Sciences*, 42^{ième} année, vol. 4, p. 43-57.

Team (2001). CMMI for Systems Engineering and Software Engineering, Carnegie Mellon Software Engineering Institute, Décembre 2001.

Thomas J. C., Kellogg W. A., et al. (2001). The knowledge management puzzle: Human and social factors in knowledge management. *IBM Systems Journal*, vol. 40, n°4.

Turner L., Mairesse J. (2005). Mesure de l'intensité de collaboration dans la recherche scientifique et évaluation du rôle de la distance géographique, *revue d'Economie Politique*, vol. 114, p. 223-243.

Voyer P. (2000). Tableaux de bord de gestion et indicateurs de performance, *Presse de l'Université du Québec*.

Weiseth P.E, Minkvold B.J., Tvedte B., Larsen S. (2006). The wheel of Collaboration Tools: A typology for analysis within a holistic framework, in the *Proceedings of the 2006 20th Anniversary Conference on Computer Supported Cooperative Work*, ACM, New York, NY, USA, p. 239-248.

White R.W., Kelly D. (2006). A study on the Effects of Personalization Task Information on Implicit Feedback Performance, *CIKM'06*, Arlington, Virginia, USA, November 5-11, 2006.

Zacklad M. (2000). La Théorie des transactions intellectuelles, une approche gestionnaire et cognitive pour le traitement du COS, *Intellectica*, vol. 30, n°1, p.195-222.

Zaïbet O. (2006). Collaboration dans l'entreprise et intelligence collective, 15^{ième} conférence internationale de management stratégique, Annecy/Genève, 13-16 Juin 2006.

Zouinar, M., Relieu, M., Salembier, P., Calvet, G. (2004). Observation et capture de données sur l'interaction multimodale en mobilité. *Mobilité & Ubiquité '04*, Nice, 1-3 Juin 2004.

Annexe 1 : Exemple de règles de calculs d'indicateurs

✧ Règle(s) de calcul nécessaire(s) pour le cas d'étude n°1

Description L'indicateur « *Utilisation d'une ressource* » va permettre aux contributeurs d'une base de connaissances, de connaître, pour tous les documents dont ils sont auteurs, différentes informations sur l'utilisation telles que les lectures, les commentaires, le nombre de push, les chemins utilisés pour y accéder et les profils utilisateurs intéressés.

Construction

Il est relié aux indicateurs dont il est composé;

Construction = composition simple de « Nombre de consultations » & « Nombre de commentaires » & « Nombre de pushes » & « Chemins d'accès » & « Profils intéressés ».

- **Indicateur « Nombre de consultations »**

Description : L'indicateur « *Nombre de consultations* » va permettre aux contributeurs d'une base de connaissances, de connaître, pour tous les documents dont ils sont auteur, le nombre de lectures.

Construction

Dès qu'un document est à l'état *validé*, l'indicateur est initialisé ;

Pour chaque action de consultation sur ce document, l'indicateur est mis à jour ;

Construction = incrémentation de la valeur de l'indicateur par trace.

Règle(s)

La première initialise l'indicateur « nombre de consultations » pour le document concerné :

```
name « Nombre de consultations - création »

// une nouvelle validation déclenchera la règle

filters

    action      ==      « validation »

    content     >>     trace_rsc

→

// appel d'une méthode de création d'indicateur de type Nombre

creationIndicateur (« Nombre de consultations », « actif », trace_rsc, « Nombre »)
```


Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

La seconde met à jour la valeur de l'indicateur si celui-ci existe déjà pour le document concerné par la trace :

```
name « Nombre de consultations – modification »

// description de l'indicateur qui sera modifié par cette règle

targets

    name      ==  « Nombre de consultations »

    state     ==  « actif »

    object    >>  ind_obj

    value     >>  val

// une nouvelle consultation sur un document déclenchera la règle

filters

    action    ==  « consultation »

    content   >>  trace_rsc

// la règle est déclenchée si l'objet de l'indicateur est égal à la ressource de la trace

criteria

    test     ( ind_obj == trace_rsc )

→

// appel de la fonction « incrementer » sur la valeur de l'indicateur

val.incrementer ()
```

- **Indicateur « Nombre de commentaires »**

Description : L'indicateur « *Nombre de commentaires* » va permettre aux contributeurs de connaître, pour tous les documents dont ils sont auteurs, le nombre de commentaires faits par les utilisateurs sur leurs contributions.

Construction

Dès qu'un document est créé, l'indicateur est initialisé ;

Pour chaque action de commentaire sur ce document, l'indicateur est mis à jour ;

Construction = incrémentation de la valeur de l'indicateur par trace.

Règle

Règle de création de l'indicateur :

```

name « Nombre de commentaires - création »

// une nouvelle contribution déclenchera la règle

filters

    action      ==      « contribution »

    content     >>     trace_rsc

→

// appel d'une méthode de création d'indicateur de type Nombre

creationIndicateur (« Nombre de commentaires », « actif », trace_rsc, « Nombre »)

```

Règle de modification de l'indicateur :

```

name « Nombre de commentaires - modification »

// description de l'indicateur qui sera modifié par cette règle

targets

    name        ==      « Nombre de commentaires »

    state       ==      « actif »

    object      >>     ind_obj

    value       >>     val

// un nouveau commentaire sur un document déclenchera la règle

filters

    action      ==      « commentaire »

    content     >>     trace_rsc

// la règle est déclenchée si l'objet de l'indicateur est égal à la ressource de la trace

criteria test ( ind_obj == trace_rsc )

→

// appel de la fonction « incrementer » sur la valeur de l'indicateur

val.incrementer ()

```

- **Indicateur « Nombre de pushes »**

Description : L'indicateur « Nombre de pushes » va permettre aux contributeurs de connaître, pour tous les documents dont ils sont auteurs, le nombre de « push » générés par la création de leur contribution.

Construction

Dès qu'un document est à l'état validé, l'indicateur est initialisé ;

Pour chaque action de mail de push envoyée sur ce document, l'indicateur est mis à jour ;

Construction = incrémentation de la valeur de l'indicateur par trace.

Règle

Règle de création de l'indicateur :

```
name « Nombre de pushes - création »  
  
// une nouvelle contribution déclenchera la règle  
  
filters  
  
    action      ==    « contribution »  
  
    content     >>    trace_rsc  
  
→  
  
// appel d'une méthode de création d'indicateur de type Nombre  
creationIndicateur (« Nombre de pushes », « actif », trace_rsc, « Nombre »)
```

Règle de modification de l'indicateur :

```
name « Nombre de pushes - modification »  
  
// description de l'indicateur qui sera modifié par cette règle  
  
targets  
  
    name        ==    « Nombre de pushes »  
  
    state       ==    « actif »  
  
    object      >>    ind_obj  
  
    value       >>    val
```

```
// un nouveau mail de push déclenchera la règle

filters

    action      ==      « push »

    value       >>     trace_value

// la règle est déclenchée si l'objet de l'indicateur est contenu dans la liste des valeurs de la trace. Dans ce cas, la valeur de
// la trace correspond à la liste des id des documents contenus dans le mail de push

criteria test ( trace_value . contains (ind_obj) )

→

// appel de la fonction « incrementer » sur la valeur de l'indicateur

val.incrementer ()
```

- **Indicateur « Chemins d'accès »**

Description : L'indicateur « *Chemins d'accès au document* » va permettre aux contributeurs de connaître, pour tous les documents dont ils sont auteurs, de connaître les chemins utilisés pour y accéder.

Construction

Dès qu'un document est créé, l'indicateur est initialisé ;

Pour chaque action de consultation du document, l'action précédente est récupérée, elle nous indiquera comment l'utilisateur a accédé au document (moteur de recherche, navigation dans les espaces, url du mail de push, suivi d'un lien hypertexte,...) et l'indicateur est mis à jour ;

Construction = incrémentation du nombre associé au type d'accès récupéré.

Règle

Règle de création de l'indicateur :

```
name « Chemins d'accès au document - création »

// une nouvelle contribution déclenchera la règle

filters

    action      ==      « contribution »

    content     >>     trace_rsc

→

// appel d'une méthode de création d'indicateur de type Tableau
```

creationIndicateur (« Chemins d'accès au document», « actif », trace_rsc, « Tableau »)

Règle de modification de l'indicateur :

```
name « Chemins d'accès au document - modification »

// description de l'indicateur qui sera modifié par cette règle

targets

    name      ==    « Chemins d'accès au document»

    state     ==    « actif »

    object    >>    ind_obj

    value     >>    val

// une action suivi d'une consultation sur un document déclenchera la règle

filters

//on récupère tous les attributs de la trace précédant la consultation

    value     >>    trace_value

    date      >>    d1

    actor     >>    act_t1

//on récupère la date et l'acteur ayant consulté une ressource

    action    ==    « consultation »

    actor     >>    act_t2

    date      >>    d2

    content   >>    trace_rsc

// la règle est déclenchée si l'objet de l'indicateur est égal à la ressource de la trace

// et si les acteurs des 2 traces sont identiques et si la soustraction des 2 dates est < à 5 s.

criteria test ( trace_rsc == ind_obj )

        AND

        test ( act_t2 == act_t1 )

        AND

        test ( (d2-d1) < 5 )

→
```

```
// appel de la fonction « incrementer » en prenant en compte l'action et la valeur de la trace précédente
val.incrementer (trace_action,trace_value)
```

- **Indicateur « Profils intéressés »**

Description : L'indicateur « *Profils intéressés* » va permettre aux contributeurs de la base de connaissances techniques de connaître, pour tous les documents dont ils sont auteurs, les profils (rôle, expertise,...) des utilisateurs qui consultent leurs contributions.

Construction

- Dès qu'un document est créé, l'indicateur est initialisé ;
- Pour chaque action de consultation du document, nous récupérons l'identifiant de l'utilisateur, nous retrouvons le profil (rôle et domaine d'expertise) associé et l'indicateur est mis à jour ;
- Construction = incrémentation du nombre associé au profil récupéré.

Règle

Règle de création de l'indicateur :

```
name « Profils intéressés - création »
// une nouvelle contribution déclenchera la règle
filters
    action      == « contribution »
    content     >> trace_rsc
→
// appel d'une méthode de création d'indicateur de type Tableau
creationIndicateur (« Profils intéressés », « actif », trace_rsc, « Tableau »)
```

Règle de modification de l'indicateur :

```
name « Profils intéressés - modification »
// description de l'indicateur qui sera modifié par cette règle
targets
    name      == « Profils intéressés »
    state     == « actif »
```

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

```
object      >>  ind_obj
value      >>  val

// une nouvelle consultation déclenchera la règle

filters

    action   ==   « consultation »
    actor    >>  actor_trace
    content  >>  trace_rsc

// la règle est déclenchée si l'objet de l'indicateur est égal à la ressource de la trace

criteria    test ( trace_rsc == ind_obj )

→

// appel de la fonction « incrementer » en prenant en paramètre l'acteur trace

val.incrementer (actor_trace)
```

✧ Règle(s) de calcul nécessaire(s) pour le cas d'étude n°2

Description : L'indicateur « *Etat d'avancement du processus de validation* » va permettre aux contributeurs de connaître, pour tous les documents dont ils sont auteurs, l'état de leur contribution dans le processus de validation.

Construction

Le cycle de construction de cet indicateur est le suivant :

- Lorsque le workflow de validation est déclenché par l'utilisateur, il faut récupérer toutes les informations du workflow : tâches, acteurs, état et la date de début. L'indicateur est initialisé ;
- Lorsqu'une tâche est réalisée il faut récupérer : quoi, qui et quand ;
- L'indicateur est modifié dès qu'une nouvelle trace (en rapport avec le workflow) apparaît ;

Règle

La première crée l'indicateur et l'initialise :

```
name « Etat d'avancement du processus de validation - création »

// une nouvelle contribution déclenchera la règle

filters

    action      ==      « contribution »

    content     >>     trace_rsc

    actor       >>     act

    date        >>     d

→

// appel d'une méthode de création d'indicateur de type Tableau

creationIndicateur (« Etat d'avancement du processus de validation », « actif », trace_rsc,
« Tableau », [« contribution », trace_rsc , act, d ] )
```

La seconde met à jour la valeur de l'indicateur lorsque qu'une validation a lieu :

```
name « Etat d'avancement du processus de validation -modification »

// description de l'indicateur qui sera modifié par cette règle

targets
```


Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

```
name      == « Déroulement du processus de validation »
state     == « actif »
object    >> ind_obj
value     >> val

// une validation sur un document déclenchera la règle

filters

  action   == « validation »
  content  >> trace_rsc
  actor    >> act
  date     >> d

// la règle est déclenchée si l'objet de l'indicateur est égal à la ressource de la trace

criteria test ( ind_obj == trace_rsc )

→

// appel de la fonction « ajouteLigne » sur la valeur de l'indicateur

val.ajouteLigne ("validation", trace_rsc,act,d)
```

✧ Règle(s) de calcul nécessaire(s) pour le cas d'étude n°3

Description : l'indicateur « Niveau de communication » va permettre au tuteur d'apprécier les interactions entre les élèves au travers du chat et du forum.

Construction

Le concepteur de l'indicateur doit définir les seuils correspondants aux valeurs possibles de l'indicateur. La valeur correspond à la somme des contributions au forum et des interactions dans le chat.

Il doit aussi indiquer s'il souhaite observer les utilisateurs dans leur ensemble ou individuellement. Dans notre cas, nous allons observer chaque élève individuellement.

Dès qu'une trace de contributions dans le chat ou le forum, l'indicateur est mis à jour ;

Construction = incrémentation de la valeur de l'indicateur pour chaque trace avec des pondérations et comparaison avec les seuils.

Règle

Règle de création de l'indicateur (lorsqu'un nouvel utilisateur est ajouté) :

```
name « Niveau communication - création »

// un nouvel acteur déclenchera la règle

filters

    action      ==      « nouveau utilisateur »

    value       >>      trace_value

→

// appel d'une méthode de création d'indicateur de type Intervalle discret, trace_value contient le nom du groupe
concerné par cet indicateur (<object>)

creationIndicateur (« Niveau communication », « actif », trace_value, « Seuil »)
```

Règle de modification de l'indicateur :

```
name « Niveau communication - modification »

// description de l'indicateur qui sera modifié par cette règle

targets

    name        ==      « Niveau communication »
```

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

```
state      ==    « actif »
object     >>    ind_obj
value      >>    val

// une nouvelle activation de mail de push ou une nouvelle connexion déclenchera la règle

filters

    action      ==    « contribution forum »    >>    action_trace
                OR
    action      ==    « conversation chat »      >>    action_trace
    actor       >>    actor_trace
    date        >>    date_trace

// la règle est déclenchée si l'objet de l'indicateur est égal au groupe d'appartenance de l'acteur de la trace qui a déclencher
la règle

criteria    test    (actor_trace == ind_obj)

→

// appel de la fonction « incrementer » en prenant en paramètre l'action et les pondérations attribuées

val.incrementer (action_trace, [ ( contribution forum, 2 ) , ( conversation chat, 1 ) ] )
```

✧ Règle(s) de calcul nécessaire(s) pour le cas d'étude n°4

Description : l'indicateur « Niveau de collaboration » va permettre au tuteur d'apprécier les la collaboration en générale dans un groupe d'étudiants.

Construction

Le concepteur de l'indicateur doit définir les seuils correspondants aux valeurs possibles de l'indicateur. La valeur correspond à la somme des valeurs des indicateurs élémentaires qui le composent : »Niveau de contribution », « Niveau de consultation » et « Niveau de communication ». L'observation se fait avec un point de vue de groupe.

Dès qu'un des indicateurs élémentaires est modifié, l'indicateur est mis à jour ;

Construction = somme des valeurs des indicateurs élémentaires.

Règle

Règle de création de l'indicateur (lorsqu'un nouveau groupe d'étudiant est créé) :

```
name « Niveau collaboration - création »

// un nouveau groupe déclenchera la règle

filters

    action      ==      « nouveau groupe »

    value       >>     trace_value

→

// appel d'une méthode de création d'indicateur de type Seuil, trace_value contient le nom du groupe concerné par cet
indicateur (<object>)

creationIndicateur (« Niveau collaboration », « actif », trace_value, « Seuil »)
```

Règle de modification de l'indicateur :

```
name « Niveau collaboration - modification »

// description de l'indicateur qui sera modifié par cette règle

targets

    name        ==      « Niveau collaboration »

    state       ==      « actif »

    object      >>     ind_obj
```

```
value      >>   val

// la modification d'un des indicateurs élémentaires déclenchera la règle

filters

  name      ==   « Niveau contribution »

  object    >>   ind_obj1

  value     >>   val1

      AND

  name      ==   « Niveau consultation »

  object    >>   ind_obj2

  value     >>   val2

      AND

  name      ==   « Niveau communication »

  object    >>   ind_obj3

  value     >>   val3

// la règle est déclenchée si l'objet de l'indicateur est égal aux objets des indicateurs élémentaires filtrés

criteria   test  (ind_obj == ind_obj1 ) AND (ind_obj == ind_obj2 ) AND (ind_obj == ind_obj3 )

→

// appel de la fonction « somme » en prenant en paramètre les valeurs des indicateurs élémentaires

val.somme (val1, val2, val3 )
```

- **Indicateur « Niveau de contribution »**

Description : l'indicateur « Niveau de contribution » va permettre au tuteur d'apprécier comment contribuent (à quelle fréquence) en générale les étudiants.

Construction

Le concepteur de l'indicateur doit définir les seuils correspondants aux valeurs possibles de l'indicateur. La valeur correspond à la somme des traces de contributions.

Dès qu'une nouvelle contribution a lieu, l'indicateur est mis à jour ;

Construction = incrémentation de la valeur de l'indicateur pour chaque trace.

Règle

Règle de création de l'indicateur (lorsqu'un nouveau groupe d'étudiant est créé) :

```

name « Niveau contribution - création»

// un nouveau groupe déclenchera la règle

filters

    action == « nouveau groupe »

    value >> trace_value

→

// appel d'une méthode de création d'indicateur de type Seuil, trace_value contient le nom du groupe concerné par cet
indicateur (<object>)

creationIndicateur (« Niveau contribution», « actif », trace_value, « Seuil »)

```

Règle de modification de l'indicateur :

```

name « Niveau contribution - modification»

// description de l'indicateur qui sera modifié par cette règle

targets

    name == « Niveau contribution»

    state == « actif »

    object >> ind_obj

    value >> val

// une contribution déclenchera la règle

filters

    action == contribution

    actor >> trace_act

// la règle est déclenchée si l'objet de l'indicateur est égal au groupe de l'acteur de la trace filtrée

criteria test (ind_obj == trace_act.groupe )

→

// appel de la fonction « incrementer »

val.incrementer ()

```

- **Indicateur « Niveau de consultation »**

Description : l'indicateur « Niveau de consultation » va permettre au tuteur d'apprécier comment consultent (à quelle fréquence) en générale les étudiants.

Construction

Le concepteur de l'indicateur doit définir les seuils correspondants aux valeurs possibles de l'indicateur. La valeur correspond à la somme des traces de consultations.

Dès qu'une nouvelle consultation a lieu, l'indicateur est mis à jour ;

Construction = incrémentation de la valeur de l'indicateur pour chaque trace.

Règle

Règle de création de l'indicateur (lorsqu'un nouveau groupe d'étudiant est créé) :

```
name « Niveau consultation - création»  
  
// une nouveau groupe déclenchera la règle  
  
filters  
  
    action == « nouveau groupe »  
  
    value >> trace_value  
  
→  
  
// appel d'une méthode de création d'indicateur de type Seuil, trace_value contient le nom du groupe concerné par cet  
indicateur (<object>)  
  
creationIndicateur (« Niveau consultation», « actif », trace_value, « Seuil »)
```

Règle de modification de l'indicateur :

```
name « Niveau consultation - modification»  
  
// description de l'indicateur qui sera modifié par cette règle  
  
targets  
  
    name == « Niveau consultation»  
  
    state == « actif »  
  
    object >> ind_obj  
  
    value >> val  
  
// une consultation déclenchera la règle
```

```
filters
    action      ==      consultation
    actor       >>     trace_act

// la règle est déclenchée si l'objet de l'indicateur est égal au groupe de l'acteur de la trace filtrée

criteria test (ind_obj == trace_act.groupe )

→

// appel de la fonction « incrementer »

val.incrementer ()
```


✧ Règle(s) de calcul nécessaire(s) pour le cas d'étude n°5

Description : l'indicateur « Adhésion à un espace » va permettre à l'administrateur de regarder l'évolution de l'utilisation d'un espace : connexions et contributions.

Construction

Le concepteur de l'indicateur doit définir les périodes sur lesquelles il souhaite observer la valeur de l'indicateur. La valeur correspond à la somme des connexions à la plate-forme et des contributions. Il peut choisir de mettre des pondérations sur les 2 valeurs.

Il doit aussi indiquer s'il souhaite observer les utilisateurs dans leur ensemble ou individuellement ou par groupe. Dans notre cas, nous allons observer l'adhésion à la plate-forme en fonction des groupes des utilisateurs.

Dès qu'une trace de connexion ou de contribution apparaît, l'indicateur est mis à jour ;

Construction = calcul de la somme des valeurs des deux indicateurs avec des pondérations et attribution dans la bonne période.

Règle

Règle de création de l'indicateur (lorsque qu'un nouveau groupe d'utilisateur est créé) :

```
name « Adhésion à un espace - création »  
  
// une nouvelle contribution déclenchera la règle  
  
filters  
  
    action == « création groupe »  
  
    value >> trace_value  
  
→  
  
// appel d'une méthode de création d'indicateur de type Intervalle discret, trace_value contient le nom du groupe  
concerné par cet indicateur (<object>)  
  
creationIndicateur (« Adhésion à un espace », « actif », trace_value, « Intervalle Discret »)
```

Règle de modification de l'indicateur :

```
name « Adhésion à un espace - modification »  
  
// description de l'indicateur qui sera modifié par cette règle  
  
targets
```

```
name      ==    « Adhésion à un espace»
state     ==    « actif »
object    >>    ind_obj
value     >>    val

// une nouvelle activation de mail de push ou une nouvelle connexion déclenchera la règle

filters

    action      ==    « contribution » >>    action_trace
                OR
    action      ==    « connexion »      >>    action_trace
    actor       >>    actor_trace
    date        >>    date_trace

// la règle est déclenchée si l'objet de l'indicateur est égal au groupe d'appartenance de l'acteur de la trace qui a déclencher
la règle

criteria    test    (actor_trace contains ind_obj )

→

// appel de la fonction « incrementer » en prenant en paramètre l'action et la date de la trace

val.incrementer (action_trace, date_trace)
```


Annexe 2 : Présentation des Cas d'usage étudiés lors du recueil des besoins

- **Base de Forums**

Tous les utilisateurs d'ALAMOS ont accès à la Base de Forums. Ils ont la possibilité de créer, consulter et répondre aux sujets de discussions (cf. Figure 66). Pour chaque contribution, des pièces jointes peuvent être ajoutées et le domaine d'activité en rapport spécifié. Encore une fois, l'expert du domaine concerné est averti dès qu'une nouvelle contribution relève de son expertise.



Figure 66 : Recueil des besoins : Forums

- **Base Projets**

La Base Projets regroupe tous les projets en cours ou passés, menés au sein du pôle Industrie. Chaque espace projet est géré par un Chef de projet, il devient l'animateur et l'administrateur (cf. Figure 67). D'un projet à l'autre les besoins vont varier et le fonctionnement de l'espace également, c'est le chef de projet qui paramètre les éléments suivants : membres du projet invités, type de documents, processus de validation bloquant ou non, autorisation de la co-rédaction.



Figure 67 : Recueil des besoins : Base Projets

Annexe 3 : Présentation du scénario d'expérimentation n°1

Titre : L'administrateur souhaite réguler l'activité des différents groupes d'utilisateur

Scénario pour l'activité

Cet indicateur est construit à partir des traces de consultation et de contributions des utilisateurs en distinguant leur statut. L'observation se fait sur toute la plate-forme. Pour cela, des scénarii ont été établis du 3 Mai 2010 au 11 Juin 2010. Par exemple, voici le scénario qui a été joué le lundi 3 Mai :

1) Espace expertise Biomasse

- S1 crée un espace expertise « biomasse » dans lequel il dépose un fichier de présentation du projet « Gaya ». Il attribue le rôle de collaborateur à I1 et J1.
- I1 se connecte, consulte le document et le télécharge.
- J1 se connecte et consulte le document publié par S1 et s'abonne au forum.

2) Espace expertise Modélisation - Simulation

- S3 se connecte et effectue une recherche sur « l'essentiel du secteur de la métallurgie »
- I3 dépose un document sur dans l'espace métallurgie

Pour cette journée, nous comptabilisons deux contributions (une de S1 et une de I3) et deux consultations (une de I1 et une de J1).

Elaboration de l'indicateur

La mise en œuvre de l'indicateur « Adhésion à un espace » a pu se faire depuis GINDIC en suivant les quatre étapes : Définition, Construction, Contextualisation et Visualisation. La figure 68 montre tous les champs remplis pour le module Définition.

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

The screenshot shows the 'G'INDIC' software window with the 'Nouvel Indicateur' (New Indicator) tab selected. The interface is divided into a left sidebar with four steps: 1: Définition (selected), 2: Construction, 3: Contextualisation, and 4: Visualisation. The main area contains several input fields and dropdown menus:

- Nom :** A text field containing 'Adhésion à un espace'.
- Description :** A text area containing 'Observation des actions de connexion et de contribution au sein de la plate-forme par groupe d'utilisateur'.
- Dimension(s) :** A dropdown menu with options: document, action, affective, sociale. 'action' is selected.
- Point de vue :** A dropdown menu with options: différencié, individuel, collectif. 'différencié' is selected.
- Nature :** A dropdown menu with options: état, activité, resultat, impact. 'activité' is selected.
- Niveau d'interprétation :** A dropdown menu with options: évalué, gradué, brut. 'gradué' is selected.

At the bottom right, there are three buttons: 'Visible' (checked), 'Activer' (checked), and 'Enregistrer'.

Figure 68 : Scénario expérimentation n°1 : élaboration de l'indicateur (Définition)

Nous souhaitons suivre l'évolution de la participation au cours du temps. Nous choisissons donc le Type Intervalle Discret avec une période journalière pour cet indicateur (cf. Figure 69 : 1). Le calcul doit commencer à partir du 3 Mai.

Pour définir la partie condition de la règle, nous nous intéressons uniquement aux traces d'activité de la plate-forme d'expérimentation et nous spécifions deux filtres portant sur les actions de consultation et de contribution (cf. Figure 69 : 2 et 3).

The screenshot shows the 'G'INDIC' software interface for creating an indicator. The main window is titled 'Administrer - Generateur de traces'. The interface is divided into several sections:

- 1 : Définition**: This section is currently active. It includes a 'Type' dropdown set to 'intervalle discret', a 'periode' dropdown set to 'jour', and date fields for 'date debut' (3 mai 2010) and 'date fin' (1 janv. 2011). A red bracket labeled '1' encompasses these fields.
- 2 : Construction**: This section is also active. It features a 'Valeur' section with radio buttons for 'Manuelle' and 'Automatique' (selected). Below this is a 'Filtres' section with a 'plateforme' dropdown set to 'CECM-EXPERIMENTATION', highlighted by a red arrow labeled '2'.
- 3 : Contextualisation**: This section contains a table of 'Traces' and a list of 'Indicateurs'. The 'Traces' table has columns for 'variable', 'action', 'acteur', 'ressource', 'espace', and 'date'. The 'Indicateurs' list includes 'valeur', 'date debut', 'date fin', 'date creation', and 'date dernier calcul'. A red bracket labeled '3' highlights the 'valeur' field in the indicators list.
- 4 : Visualisation**: This section is currently inactive.

At the bottom of the interface, there are checkboxes for 'Visible' and 'Activer', and an 'Enregistrer' button.

Figure 69 : Scénario expérimentation n°1 : élaboration de l'indicateur (Construction 1/2)

Ensuite, nous devons préciser la règle de filtrage : elle devra se déclencher si l'une ou l'autre des actions est tracée (cf. Figure 70 : 1). De plus, pour la partie action de la règle, nous indiquons que le résultat de l'indicateur correspond à la somme des traces avec des pondérations différentes pour chaque action (cf. Figure 70 : 2). Enfin, cet indicateur a un point de vue différencié, nous choisissons de comparer les groupes des utilisateurs (cf. Figure 70 : 3).

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

Figure 70 : Scénario expérimentation n°1 : élaboration de l'indicateur (Construction 2/2)

Pour la contextualisation, nous avons autorisé uniquement l'administrateur qui a le rôle de gestionnaire à le visualiser et le modifier. Cet indicateur s'applique dans toute la plate-forme et aucun champ de validité n'est nécessaire. Enfin, nous souhaitons que cet indicateur soit mis à jour instantanément (cf. Figure 71).

Figure 71 : Scénario expérimentation n°1 : élaboration de l'indicateur (Contextualisation)

Pour représenter cet indicateur de Type Intervalle Discret, nous avons le choix entre un diagramme en barre et une courbe. Nous avons choisi la deuxième forme afin de pouvoir visualiser les trois courbes (correspondant aux trois groupes) sur le même graphique (cf. Figure 72).

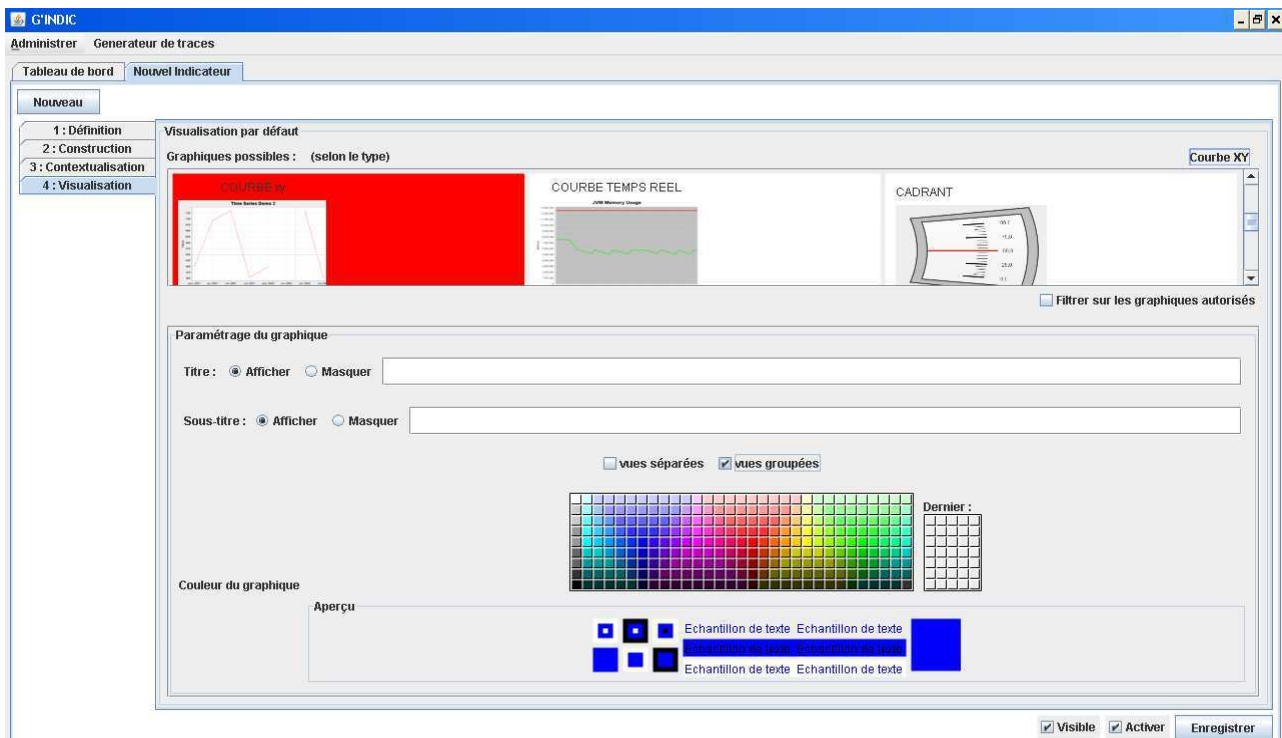


Figure 72 : Scénario expérimentation n°1 : élaboration de l'indicateur (Visualisation)

Annexe 4 : Présentation du scénario d'expérimentation n°2

Titre : Prendre conscience du groupe de travail et de son apport personnel pour la communauté

Scénario pour l'activité

Pour mettre en scène cet indicateur, nous avons concentrés l'activité des différents utilisateurs dans le projet « PITITOME » autour d'un document en particulier « Fiche projet PITITOME.doc ». Un scénario a été élaboré pour la période du 26 mai 2010 au 11 juin 2010. Par exemple, le 1^{er} juin, le scénario suivant a été joué :

- S1 se connecte à la plate-forme, visualise et navigue dans sa trace pour retrouver la dernière consultation qu'il a effectuée. Il consulte de nouveau le document à partir de sa trace.
- S2 se connecte et fait une recherche avec le mot clé PITITOME, il consulte tous les résultats de sa requête
- S3 se connecte et contribue dans le projet PITITOME

Elaboration de l'indicateur

L'indicateur mis en œuvre dans ce scénario d'expérimentation est un tableau de bord comportant quatre indicateurs élémentaires : deux de Type Nombre et deux de Type Tableau. Etant donné que leur construction est similaire, nous présentons un indicateur de chaque Type. Pour simplifier cette démarche, nous avons testé la réutilisation en mode « boîte grise » car de nombreuses caractéristiques étaient similaires.

Le premier indicateur « **Total contributions** » a été défini comme le montre la figure 73.

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

The screenshot shows the G'INDIC software interface, specifically the 'Nouvel Indicateur' (New Indicator) window. The window is titled 'G'INDIC' and 'Generateur de traces'. It has a menu bar with 'Administrer' and 'Generateur de traces'. Below the menu bar, there are two tabs: 'Tableau de bord' and 'Nouvel Indicateur'. The 'Nouvel Indicateur' tab is active, and there is a 'Nouveau' button. On the left side, there is a vertical navigation pane with four steps: '1 : Définition', '2 : Construction', '3 : Contextualisation', and '4 : Visualisation'. The main area is divided into several sections for defining the indicator:

- Nom :** A text input field containing 'total consultations'.
- Description :** A text input field containing 'nombre total de consultation par document'.
- Dimension(s) :** A list box containing 'document', 'action', 'affective', and 'sociale'. 'document' is selected.
- Point de vue :** A list box containing 'différencié', 'individuel', and 'collectif'. 'collectif' is selected.
- Nature :** A list box containing 'état', 'activité', 'resultat', and 'impact'. 'état' is selected.
- Niveau d'interprétation :** A list box containing 'évalué', 'gradué', and 'brut'. 'brut' is selected.

At the bottom right of the window, there are three buttons: 'Visible' (checked), 'Activer' (checked), and 'Enregistrer'.

Figure 73 : Elaboration de l'indicateur « Total consultations » (scénario d'expérimentation n°2) : Définition

Ensuite, la construction et la contextualisation de cet indicateur sont représentées par les figures 74 et 75. Nous précisons le type de l'indicateur et un filtre sur les traces de consultations sur le document intitulé « Fiche projet PITITOME.doc ». Cet indicateur peut être visualisé par les administrateurs et les contributeurs.

G'INDIC Administrer Générateur de traces

Tableau de bord **Nouvel Indicateur**

Nouvel

1 : Définition
2 : Construction
3 : Contextualisation
4 : Visualisation

Type : nombre

date debut : 26 mai 2010

date fin : 1 janv. 2011

Valeur Manuelle Automatique

Filtres : plateforme : CECM-EXPERIMENTATION

variable	action	acteur	ressource	espace	date
trace1	consultation		Fiche projet.PITTOME.doc		

variable	nom	type	valeur	createur	date debut	date fin	date creation	date dernier calcul
----------	-----	------	--------	----------	------------	----------	---------------	---------------------

Regle

Objet

1 indicateur global

1 indicateur par : trace1.acteur

Visible Activer Enregistrer

Figure 74 : Elaboration de l'indicateur « Total consultations » (scénario d'expérimentation n°2) : Construction

G'INDIC Administrer Générateur de traces

Tableau de bord **Nouvel Indicateur**

Nouvel

1 : Définition
2 : Construction
3 : Contextualisation
4 : Visualisation

Droits sur l'indicateur

	suppression	modification	visualisation
gestionnaire	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
collaborateur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
relecteur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
anonyme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Déployé dans : Tous les espaces

Nom	Valeur
nb_utilisateur_min	
nb_utilisateur_max	
date_debut_activite	

Champ de validité :

Activer : tout le temps

Visible Activer Enregistrer

Figure 75 : Elaboration de l'indicateur « Total consultations » (scénario d'expérimentation n°2) : Contextualisation

La dernière étape est le paramétrage de la visualisation de l'indicateur, notre choix se porte sur un simple Label (cf. Figure 76).

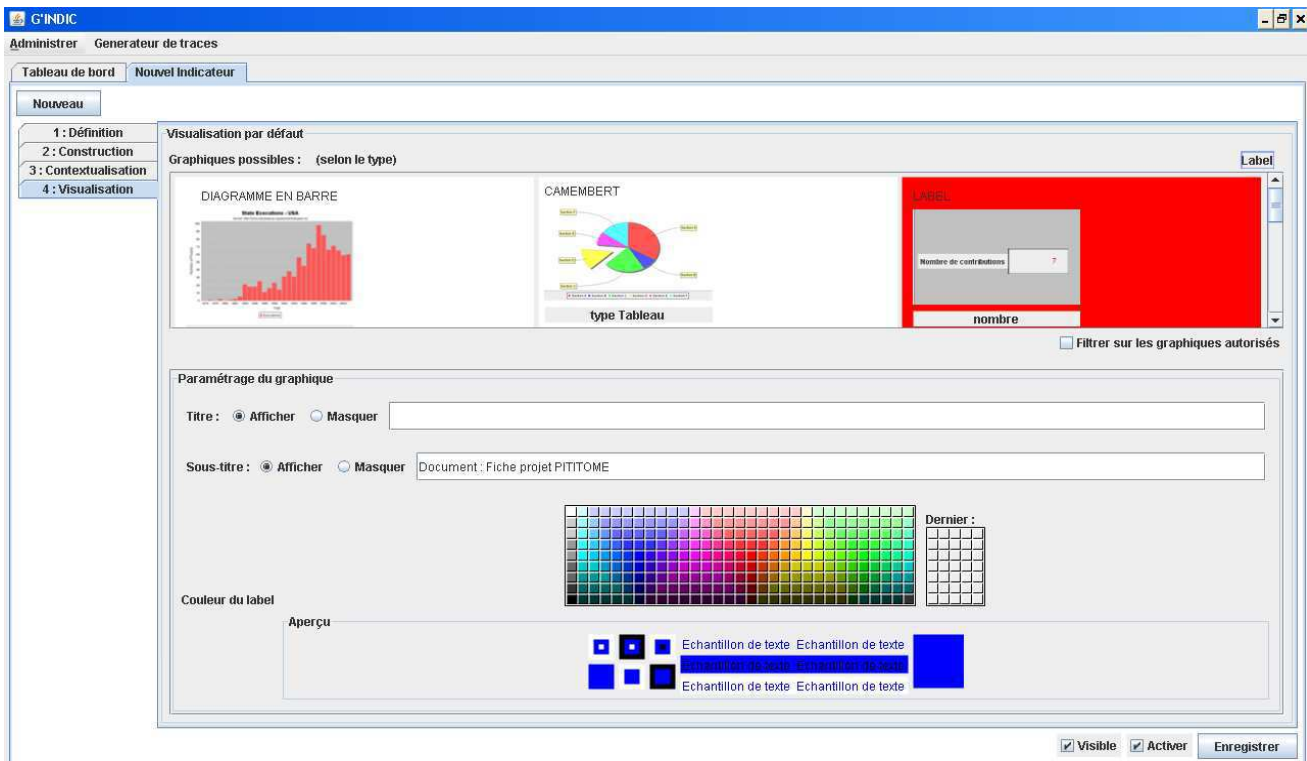


Figure 76 : Elaboration de l'indicateur « Total consultations » (scénario d'expérimentation n°2) : Visualisation

Le résultat de la création des indicateurs « Total consultation » et « Total push émis » (également de Type nombre) est représenté par la figure 77.

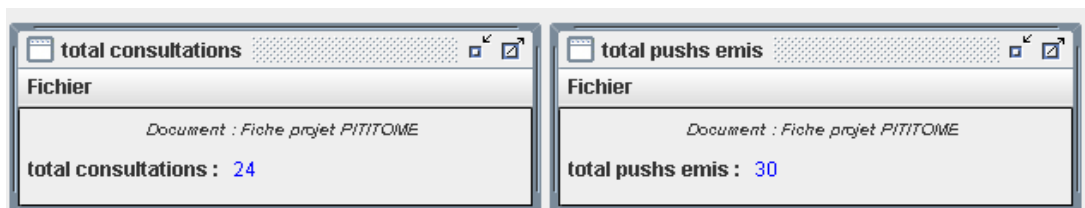


Figure 77 : Représentation des indicateurs « Total consultations » et « Total push émis » (scénario d'expérimentation n°2)

Ensuite, pour créer les deux autres indicateurs « **Groupes des lecteurs** » et « **Chemins d'origine** », le processus est similaire à l'exception du module construction et du module visualisation. Les figures 78 et 79 illustrent les étapes de définition et de contextualisation.

The screenshot shows the 'Nouvel Indicateur' form in the G'INDIC software. The form is titled 'Nouvel Indicateur' and is part of the 'G'INDIC Administrateur - Générateur de traces' application. The form is divided into several sections: '1: Définition', '2: Construction', '3: Contextualisation', and '4: Visualisation'. The '1: Définition' section is active and contains the following fields:

- Nom :** groupes des lecteurs
- Description :** classe les consultations selon les groupes des utilisateurs
- Dimension(s) :** document, action, affective, sociale
- Point de vue :** différencié, individuel, collectif
- Nature :** état, activité, resultat, impact
- Niveau d'interprétation :** évalué, gradué, brut

At the bottom right of the form, there are three buttons: 'Visible' (checked), 'Activer' (checked), and 'Enregistrer'.

Figure 78 : Elaboration de l'indicateur « Groupe des utilisateurs » : Définition (scénario d'expérimentation n°2)

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

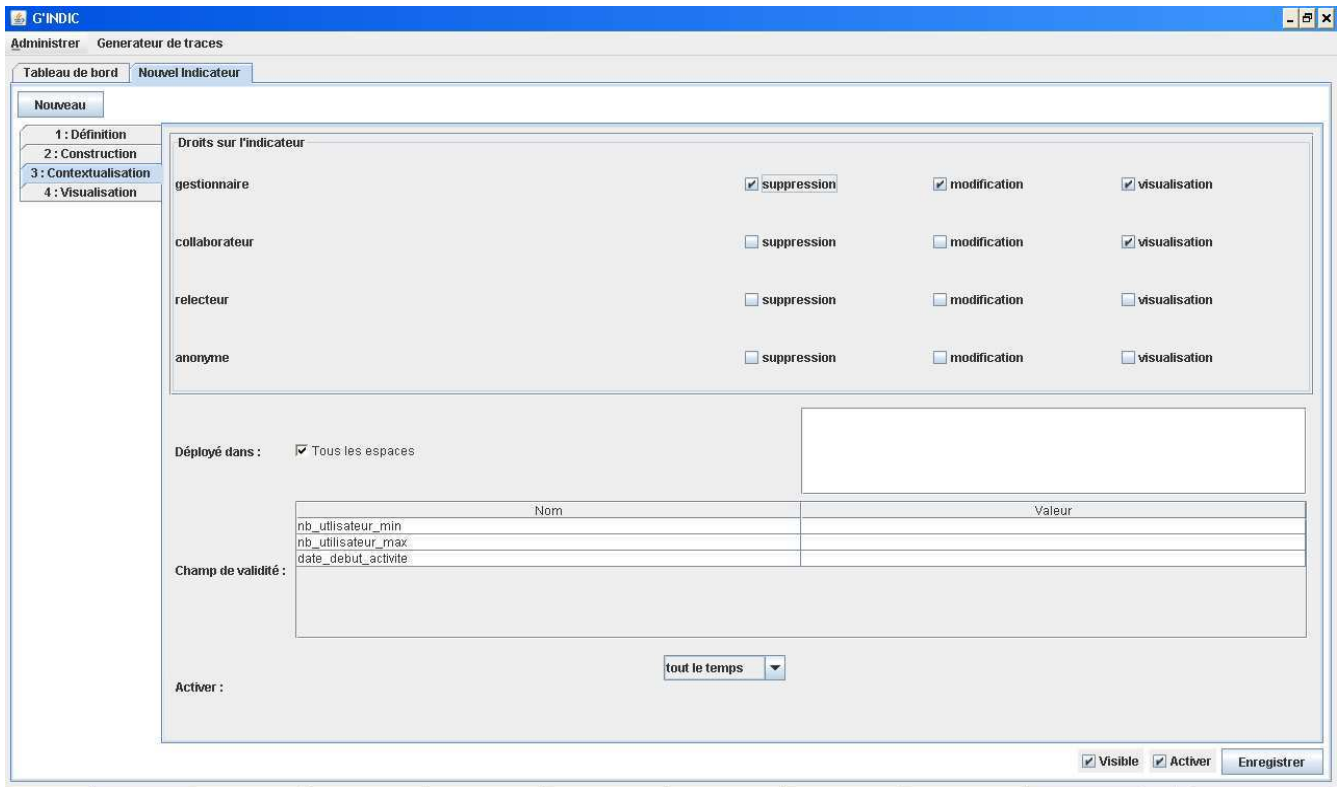


Figure 79 : Elaboration de l'indicateur « Groupe des utilisateurs » : Contextualisation (scénario d'expérimentation n°2)

Pour la construction de cet indicateur, il faut choisir le Type Tableau et préciser les attributs de ce type : les dates de début et de fin de calcul et surtout les noms des colonnes du tableau (nous choisissons « groupe » et « total »). Ensuite, il faut spécifier le filtrage sur les traces de consultations pour le document « Fiche projet PITITOME.doc ». Enfin, pour la règle de calcul, nous devons préciser l'élément sur lequel se fait la distinction dans le tableau. Dans notre cas, il s'agit du groupe des acteurs de la trace de consultation (cf. Figure 80).

The screenshot shows the 'G'INDIC' software interface for creating a new indicator. The window title is 'G'INDIC - Administrer - Generateur de traces'. The main area is titled 'Nouvel Indicateur' and contains several sections:

- Type:** A dropdown menu set to 'tableau'.
- noms colonnes:** A list of column names with 'groupe' and 'consultations' selected.
- Nb:** A numeric input field set to '2'.
- Valeur:** Radio buttons for 'Manuelle' (unchecked) and 'Automatique' (checked).
- Regle:** A section for defining rules, containing:
 - Filtrage:** A grid with options 'ET', 'OU', 'NON', 'PUIS', '(', and ')'. 'ET' and 'OU' are selected.
 - Calcul:** A section for defining calculations, containing:
 - Fonction:** A dropdown menu set to 'somme'.
 - Paramètre(s):** A table with columns 'attribut' and 'pondération'. The first row contains 'trace1' and an empty cell. There are '+' and '-' buttons to the right.
 - Classer selon:** A dropdown menu set to 'trace1.acteur.groupe'.
- Objet:** A section for defining the object, containing:
 - 1 indicateur global
 - 1 indicateur par: trace1.acteur

At the bottom right of the window are three buttons: 'Visible' (checked), 'Activer' (checked), and 'Enregistrer'.

Figure 80 : Elaboration de l'indicateur « Groupe des utilisateurs » : Construction (scénario d'expérimentation n°2)

Cet indicateur sera ensuite visualisé sous forme de tableau (cf. Figure 81 et Figure 82).

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

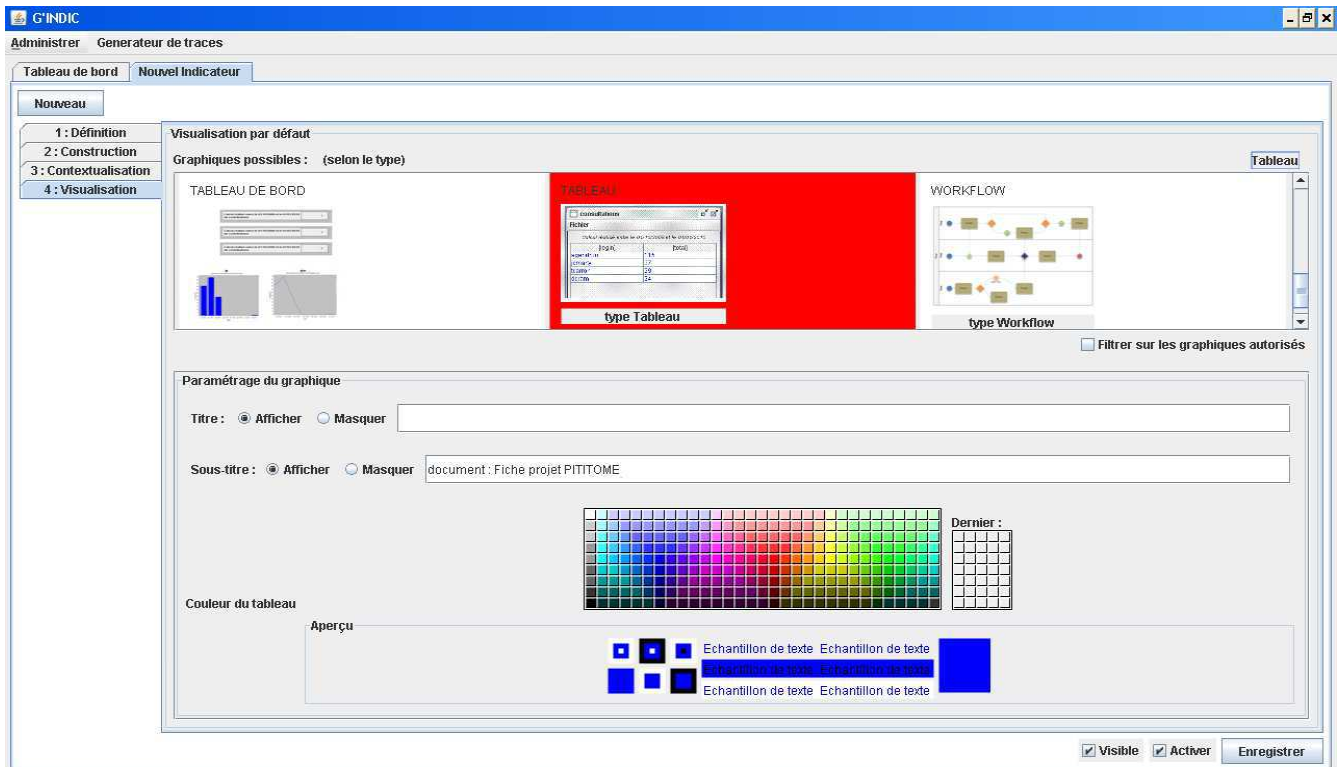


Figure 81 : Elaboration de l'indicateur « Groupe des utilisateurs » : Visualisation (scénario d'expérimentation n°2)

Calcul réalisé entre le 26/05/2010 et le 01/01/2011

chemins	total
navigation	40
trace	8

Calcul réalisé entre le 26/05/2010 et le 01/01/2011

groupe	total
[senior]	8
[]	26
[junior]	10
[intermediaire]	4

Figure 82 : Représentation des indicateurs « Chemins des consultations » et « groupe des utilisateurs » (scénario d'expérimentation n°2)

Lorsqu'ils sont tous créés, le processus de construction du tableau de bord est assez similaire au précédent. Tout d'abord, lors de la phase de Définition, nous nous sommes rendus compte qu'il était difficile de classer cet indicateur car il répond à plusieurs objectifs d'observation (cf. Figure 83).

The screenshot shows the 'G'INDIC' software window with the 'Nouvel Indicateur' (New Indicator) form open. The form is divided into several sections, each with a list of options to be selected:

- Nom :** Utilisation d'une ressource
- Description :** Tableau de bord comportant un ensemble d'information sur l'utilisation d'un document
- Dimension(s) :** document, action, affective, sociale
- Point de vue :** différencié, individuel, collectif
- Nature :** état, activité, résultat, impact
- Niveau d'interprétation :** évalué, gradué, brut

At the bottom right of the form, there are three checkboxes: 'Visible' (checked), 'Activer' (checked), and 'Enregistrer' (Save).

**Figure 83 : Elaboration de l'indicateur « Utilisation d'une ressource » (scénario d'expérimentation n°2) :
Définition**

Ensuite, dans l'onglet Construction, il faut préciser le Type de l'indicateur : Tableau de bord (cf. Figure 84 : 1). De plus, il s'agit d'un indicateur composite, les indicateurs élémentaires sont spécifiés à travers les filtres (cf. Figure 84 : 2). Comme nous l'avons précisé dans le troisième chapitre (Ingénierie des indicateurs), les indicateurs composites correspondant à une simple juxtaposition des indicateurs élémentaires qui le composent ne nécessitent pas de règle de calcul (cf. Figure 84 : 3).

Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir de traces d'activité

The screenshot shows the 'Nouvel Indicateur' (New Indicator) window in the GINDIC software. The window title is 'GINDIC Administrer - Générateur de traces'. The main area is divided into four steps: 1: Définition, 2: Construction, 3: Contextualisation, and 4: Visualisation. The 'Type' is set to 'tableau de bord'. The 'date debut' is '26 mai 2010' and 'date fin' is '1 janv. 2011'. The 'Valeur' is set to 'Automatique'. The 'plateforme' is 'CECM-EXPERIMENTATION'. The 'Indicateurs' table is as follows:

variable	nom	type	valeur	createur	date debut	date fin	date creation	date dernier cal...
indic1	total consultations							
indic2	total pushes emis							
indic3	groupe des lecteurs							
indic4	chemins d acces							

The 'Regle' section shows 'Composition : Juxtaposition'. The 'Objet' section has '1 indicateur global' checked and '1 indicateur par : objet' selected. At the bottom, there are buttons for 'Visible', 'Activer', and 'Enregistrer'.

Figure 84 : Elaboration de l'indicateur « Utilisation d'une ressource » (scénario d'expérimentation n°2) : Construction

Pour la contextualisation, nous précisons simplement que les gestionnaires ont tous les droits tandis que les collaborateurs peuvent le visualiser uniquement. Tout comme l'indicateur du premier scénario, nous souhaitons que cet indicateur soit mis à jour instantanément.

Enfin, GINDIC ne propose qu'une seule visualisation pour les indicateurs de Type Tableau de bord actuellement. Seul le paramétrage du titre et du sous-titre est possible (cf. Figure 85).

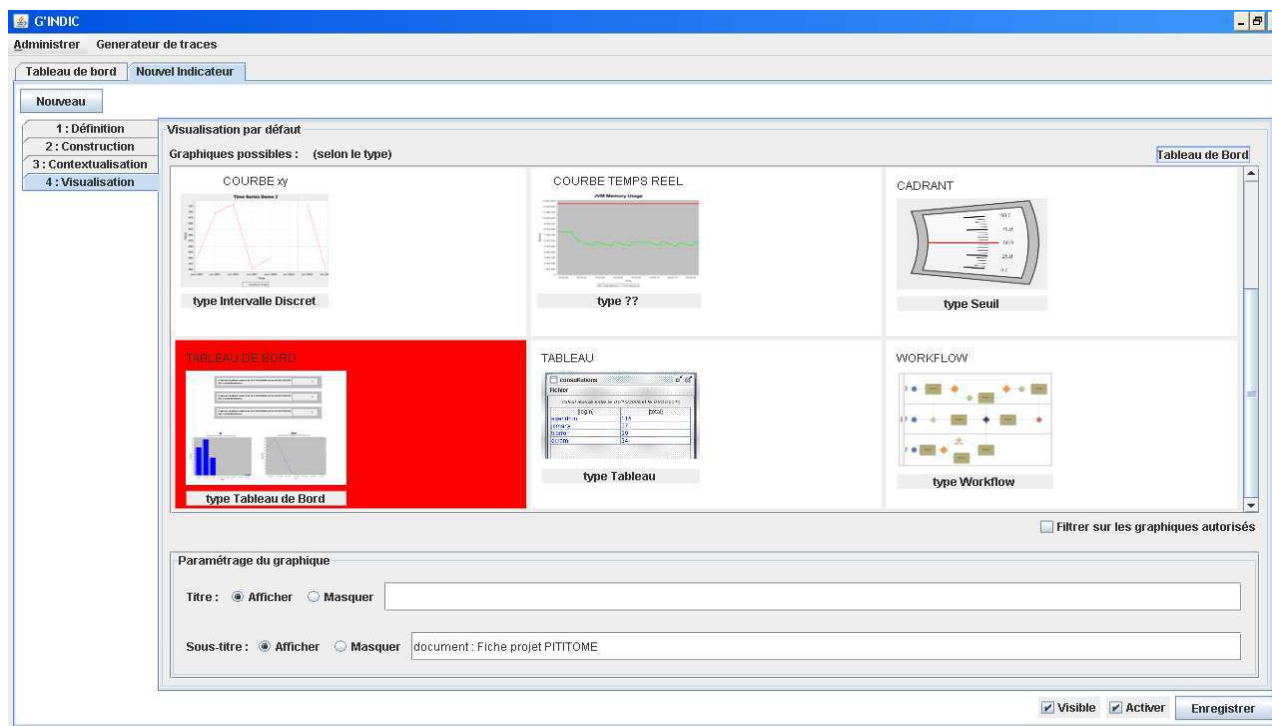


Figure 85 : Elaboration de l'indicateur « Utilisation d'une ressource » (scénario d'expérimentation n°2) :
Visualisation

Annexe 5 : Six cas d'étude permettant d'illustrer les contributions de cette thèse

- ***Cas d'étude n°1: Prendre conscience du groupe de travail et de son apport personnel dans ce groupe***

- ✧ Rôle(s) impliqué(s) : Contributeur

- ✧ Description :

Une plate-forme collaborative de travail permet à des utilisateurs de déposer des documents qui pourront être consultés par le reste de la communauté. Dans ce type d'environnement, les acteurs doivent continuer à contribuer, à consulter et à s'intéresser au travail de leurs collaborateurs. Alain, contributeur de la plate-forme, souhaite connaître l'utilisation de ses contributions. Par exemple, il veut découvrir les différents chemins ayant permis aux lecteurs d'accéder au document. Il sera alors intéressant pour lui de savoir que la majorité des personnes ayant consulté son document l'ont fait suite à un mail d'alerte car ils étaient abonnés au domaine concerné par la contribution. De plus, si peu de consultations proviennent d'une recherche par mot clé, il pourrait alors s'intéresser aux mots clés du document et les modifier.

Différents indicateurs sont intéressants dans ce cas là. Un tableau de bord accompagne chaque document et reflète son usage et les intérêts qu'il a suscité pour le reste de la communauté. Les informations rapportées vont permettre à l'utilisateur de prendre conscience du groupe de travail auquel il appartient (les membres, les habitudes,...) et de sa contribution propre.

- ✧ Indicateur(s) envisagé(s) : *Utilisation d'une ressource* : un tableau de bord par document comportant les *Nombre de consultations, Nombre de pushes, Groupes des lecteurs, Chemins ayant permis l'accès au document.*

Dans cette situation, les indicateurs proposés répondent à des besoins liés à l'awareness et à l'observation de l'activité pour motiver les contributeurs. Ils sont visualisés dans l'environnement dans lequel se déroule l'activité, ils accompagnent chaque contribution. Pour leur représentation, un tableau de bord permet l'agrégation de plusieurs indicateurs qui fournissent suffisamment d'informations pour observer l'utilisation d'une contribution. Les données des indicateurs peuvent être représentées par exemple sous forme de tableaux, de labels et de diagrammes circulaires.

- ***Cas d'étude n°2 : Améliorer la productivité lors de la capitalisation de connaissances***

✧ Rôle(s) impliqué(s) : Expert, Contributeur

✧ Description :

Dans une plate-forme collaborative de gestion de documents, un des objectifs est l'amélioration de la productivité lors de la capitalisation des connaissances. Un processus de validation de document est mis en place afin de vérifier la qualité et la véracité des informations partagées. Lorsque Paul dépose un document sur la plate-forme, il renseigne le domaine concerné par celui-ci. Une alerte par mail est alors envoyée à Jean, expert du domaine, lui indiquant qu'un nouveau document est à valider. Jean peut se trouver rapidement débordé par les demandes de validation et se perdre dans l'ordre des réponses, ou encore oublier une demande. Il a donc besoin d'informations sur le déroulement du processus, pour avoir ainsi plus de visibilité sur l'activité et l'aider dans les validations en cours. Paul, quant à lui aimerait pouvoir suivre le déroulement du processus de validation concernant sa contribution.

Un même indicateur va être proposé pour les deux utilisateurs. Il accompagne chaque document. Cet indicateur va proposer une première visualisation du processus en renseignant les noms et rôles des acteurs et les dates de création, consultation et validation. Il va permettre à la fois à l'expert et au contributeur de prendre conscience de l'activité. De plus, une deuxième visualisation va être proposée pour l'expert et lui permettra de classer les documents qu'il doit valider selon ses critères de choix, par exemple du plus ancien au plus récent. Seul l'état du document « proposé », « validé », « rejeté » est indiqué et l'indicateur est coloré : vert, jaune, rouge ou bleu en fonction du temps d'attente de la validation.

✧ Indicateur(s) envisagé(s) : *Etat d'avancement du processus de validation*

Cette fois-ci, l'indicateur va être visualisé par deux types d'acteurs, pour des besoins différents :

- les experts vont l'utiliser pour les aider dans leur processus de validation
- les contributeurs vont le consulter afin de connaître l'état d'avancement de leurs contributions pour la mise à disposition de la communauté.

Pour sa représentation, deux vues sont proposées. Selon leurs droits, les utilisateurs n'ont pas accès aux mêmes données de l'indicateur, la visualisation est variable.

- **Cas d'étude n°3 : Identifier les statuts sociaux des étudiants dans les groupes de travail**

- ✧ Rôle(s) impliqué(s) : Enseignant

- ✧ Description :

Paul, enseignant à l'université dispose d'un EIAH pour réaliser une activité pédagogique avec 15 étudiants. Contrairement à une activité d'apprentissage en présentiel, cet enseignant a des difficultés à identifier les élèves au centre de la communauté ou inversement socialement isolés. Il a besoin de ces informations en temps réel, pour réguler l'activité en cours. Cela va l'inciter à observer plus précisément ces élèves et interagir avec eux pour remédier à la situation.

Nous lui proposons un indicateur qui lui permet d'identifier les élèves assez bavards ou plutôt isolés à partir des communications menées dans le chat ou le forum. Cet indicateur peut être modifié et recalculé à tout moment. En effet, dans un premier temps, il peut permettre d'observer les communications en général et dans un second temps observer uniquement les conversations ne concernant pas l'activité (i.e. ne pas prendre en compte les communications inter-binôme).

- ✧ Indicateur(s) envisagé(s) : *Niveau de communication*

Dans cet exemple, l'indicateur va observer les activités de communication à travers le chat de chaque apprenant. Cet indicateur doit être calculé pendant l'activité pour faciliter la régulation de l'activité par le tuteur.

De plus, l'indicateur doit être facilement modifiable pour que le tuteur puisse faire des ajustements en fonction de son interprétation de l'activité et de ses nouveaux besoins. Dans cet exemple, l'enseignant décide de n'observer que les actions de communication entre élèves « non-binôme ».

- **Cas d'étude n°4 : Evaluer le niveau de collaboration entre les étudiants**

- ✧ Rôle(s) impliqué(s) : Enseignant, Groupes de projet étudiant

- ✧ Description :

Lors d'une activité collaborative d'apprentissage, les étudiants sont répartis en groupes de quatre personnes. Paul, le tuteur souhaite les mettre en situation de gestion de projet dans lequel ils doivent développer une application attendue par un client. Les étudiants ont à leur disposition, un outil de chat, un forum, un serveur de mails, un agenda partagé et une base de stockage de documents commune. Pour l'ensemble des groupes d'étudiants, Paul veut observer et comparer comment les étudiants collaborent au sein des groupes : la répartition des tâches, la quantité et qualité des interactions, les taux de consultations et de contributions de chaque membre du groupe,... De plus, ces informations seront également utiles pour les groupes de projet pour les inciter à améliorer leurs points faibles et/ou consolider leurs points forts. De la même manière, le tuteur va pouvoir intervenir pour les aider à trouver des solutions aux problèmes identifiés.

Pour y parvenir, un indicateur va lui permettre d'évaluer le niveau de collaboration du groupe. Cet indicateur peut être présenté sous plusieurs vues plus ou moins détaillées. Une première vue présente l'indicateur simplement en indiquant si le niveau de collaboration est faible, moyen ou bon. Cette vue est accessible du tableau de bord de la plate-forme aussi bien par le enseignant que par les groupes de projet. Ensuite une deuxième vue détaillée du même indicateur est possible, elle présente les différents indicateurs qui le composent.

- ✧ Indicateur(s) envisagé(s) : *Niveau de collaboration* (indicateur composite) composé des *indicateurs* : *Niveau de contribution*, *Niveau de consultation* et *Niveau de communication*.

Cet indicateur « Niveau de collaboration » est calculé à partir d'autres indicateurs. Il offre une vision globale de la collaboration entre les membres des groupes de projet. Cet indicateur peut être visualisé par le tuteur et les étudiants. Il est également possible d'obtenir deux vues de ce même indicateur.

Cette fois-ci, l'indicateur est accessible dans un espace différent de l'activité, il n'est pas obligatoire que son calcul soit réalisé en temps réel.

- **Cas d'étude n°5 : Réguler l'activité des différents groupes d'utilisateur**

- ✧ Rôle(s) impliqué(s) : Administrateur/Animateur de communauté

- ✧ Description :

Alain est administrateur de communautés de travail dans une plate-forme collaborative. Lorsqu'une nouvelle communauté se met en place, il doit l'entretenir et l'animer pour garantir son succès. Pour cela, il doit pouvoir superviser l'activité globale dans un premier temps et de manière plus précise dans un second temps de manière à surveiller les situations problématiques. Si c'est le cas, il doit mettre en place des actions en vue de régulation (réunions, envoi de mails,...) et en observer l'impact. Il doit donc disposer d'outils pour mettre en place sa stratégie d'entreprise en ce qui concerne la capitalisation des savoirs. Par exemple, s'il se rend compte qu'il y a une baisse d'intérêts de la part de la communauté en général, il va d'abord essayer de cibler les populations les plus concernées pour adapter sa stratégie. Pour cela, il va observer les mêmes informations mais cette fois-ci selon les groupes des utilisateurs « juniors », « intermédiaires » et « séniors » (cela correspond à l'ancienneté des collaborateurs). Il va alors se rendre compte que ce sont principalement les membres « intermédiaires » qui ne participent pas autant qu'il le souhaiterait. Il va pouvoir cibler ses actions pour réguler la situation.

Un indicateur de haut niveau d'abstraction, permettant de surveiller de manière globale l'adhésion des utilisateurs à la plate-forme, aidera l'administrateur dans l'observation de l'évolution d'une communauté tout au long du cycle de vie de celle-ci. Il va lui permettre d'anticiper les situations problématiques. Cet indicateur sera construit à partir d'un ensemble d'actions que l'administrateur aura estimé représentatives de l'intérêt qu'ils portent à la plate-forme. Dans un premier temps, le point de vue de l'indicateur sera collectif, mais il sera possible d'observer les mêmes données en différenciant chaque membre ou chaque groupe.

- ✧ Indicateur(s) envisagé(s) : *Adhésion à un espace*

Cet indicateur est utilisé par l'administrateur. Il observe l'activité des utilisateurs dans le temps. Cet indicateur va lui permettre d'observer l'impact de ses actions de communication liée à sa stratégie d'utilisation de la plate-forme à travers la communauté. Pour qu'il corresponde au mieux à ses attentes, c'est à lui de le construire, de définir les informations à récupérer et les opérations à appliquer.

De plus, cet indicateur doit pouvoir être facilement modifiable : le référentiel de l'indicateur passe d'un point de vue global à un point de vue différencié.

- **Cas d'étude n°6 : Mise en place d'une nouvelle activité pédagogique**

- ✧ Rôle(s) impliqué(s) : Enseignant

- ✧ Description :

Un EIAH peut être utilisé pour différents scénarios d'apprentissage. Paul, enseignant à l'université, met en place une nouvelle séance pédagogique. Comme il s'agit de la même matière et des mêmes étudiants, il repart d'une séance précédente dans laquelle des indicateurs l'aidaient dans la régulation de l'activité et il souhaite les réutiliser. Il est notamment intéressé par les indicateurs qui lui avaient permis d'observer la communication entre les étudiants. Pendant la préparation de la séance, il doit sélectionner ces indicateurs et vérifier leur validité par rapport à la nouvelle activité. Il lui faut ensuite effectuer les modifications pour qu'ils correspondent à cette nouvelle activité. Par exemple, si les étudiants ne peuvent plus utiliser le chat, la méthode de calcul de l'indicateur « niveau de communication » (cas d'étude n°3) doit être modifiée pour prendre en compte cet élément.

Un outil d'aide dans le choix des indicateurs proposant une liste d'indicateurs avec différents retours d'expérience va lui faciliter la tâche et lui éviter de ne partir de rien à chaque fois. Ce système doit être flexible et lui offrir la possibilité de personnaliser le système d'observation. Il pourra donc choisir de réutiliser un ou plusieurs indicateurs avec ou sans modifications. Dans certains cas, des modifications sur le calcul ou encore la visualisation seront nécessaires dans la nouvelle situation d'apprentissage.

- ✧ Indicateur(s) envisagé(s) : *Indicateurs réutilisables*

Les indicateurs doivent pouvoir être facilement réutilisables et paramétrables pour différentes activités. Pour cela, le système doit stocker les indicateurs avec différents retours d'expériences pour faciliter leurs réutilisations.

Les indicateurs doivent pouvoir être réutilisés complètement ou partiellement. De cette manière, le tuteur va pouvoir se construire son propre système d'observation, de la définition des objectifs à la visualisation en passant par les calculs. Ce système est modulable à tout moment de l'activité. Les nouveaux indicateurs peuvent à leur tour être réutilisés.