Architectures logicielles et mécanismes pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques dans une application interactive scénarisée

Daouda Sawadogo

▶ **To cite this version:**

Daouda Sawadogo. Architectures logicielles et mécanismes pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques dans une application interactive scénarisée. Interface homme-machine [cs.HC]. Université de La Rochelle, 2016. Français. NNT : 2016LAROS021 . tel-01661476

HAL Id: tel-01661476

https://theses.hal.science/tel-01661476

Submitted on 12 Dec 2017

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.

Thèse présentée pour obtenir le grade de docteur

de l'Université de La Rochelle

Mention : Informatique et Applications

École doctorale Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (S2IM)

Laboratoire Informatique, Image et Interaction (L3I)

Architectures logicielles et mécanismes pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques dans une application interactive scénarisée

Par : Daouda Sawadogo

Sous la Direction de : Pascal Estraillier, Professeur des Universités

Et la co-direction de : Ronan Champagnat, Maître de conférence HDR

Membre du Jury :

Rapporteurs : Laurent Romary, Directeur de recherche, INRIA Saclay - île de France

Vanda Luengo, Prof. des Universités, Université Pierre et Marie Curie - Paris 6

Examinateur : Thierry Nodenot, Prof. des Universités, IUT de Bayonne

Directeurs : Pascal Estraillier, Prof. des Universités, Université de La Rochelle

Ronan Champagnat, MCF-HDR, Université de La Rochelle

Date de soutenance : 28/06/2016

Table des matières

Remerciements vii

Table des figures ix

Liste des tableaux xiii

I Introduction générale 1

1 Contexte et motivation 3
1.1 Contexte scientifique et motivations . . . 4
1.2 Cadre général de la thèse au sein du laboratoire . . . 6
1.3 Contexte spécifique et objectifs de la thèse . . . 6
1.4 Problématiques . . . 9
1.5 Approches et positionnement général . . . 10
1.5.1 Modélisation de l'utilisateur et gestion des données du modèle . . . 10
1.5.2 Pré-sélection pertinente de ressources numériques . . . 12
1.5.3 Modélisation et utilisation adaptative de ressources numériques . . . 13
1.6 Plan de la thèse . . . 15

II Etat de l'art : gestion adaptative et consolidée 19

2 Etat de l'art 21
2.1 Analyse de l'état de l'art : critères et contraintes . . . 22
2.1.1 Critères pour la modélisation du profil de l'utilisateur . . . 22
2.1.2 Critères pour la pré-sélection pertinente de ressources numériques . . . 24
2.1.3 Critères pour l'utilisation adaptative des ressources numériques . . . 24
2.2 Approche de l'état de l'art . . . 25
2.3 État de l'art : gestion adaptative de ressources numériques . . . 27
2.3.1 Conception de ressources numériques : définitions et concepts . . . 27
2.3.2 Processus de conception de ressources numériques . . . 31
2.3.3 Gestion des ressources numériques : propriéte . . . 33
2.3.4 Utilisation de ressources numériques . . . 34
2.3.5 Gestion adaptative : modèles, approches et techniques . . . 37
2.3.6 Mécanisme d'adaptation : types d'adaptabilités . . . 38
2.3.7 Mécanisme d'adaptation des ressources d'apprentissage . . . 39
2.3.8 Mécanismes d'adaptation : plasticité . . . 39
2.3.9 Synthèse et discussion . . . 41
2.4 Etat de l'art : modélisation de l'utilisateur . . . 44
2.4.1 Modélisation de l'utilisateur : définitions et concepts . . . 45
2.4.2 Modélisation de l'utilisateur : les composants généraux du profil . . . 47
2.4.3 Composants spécifiques à la gestion des ressources numériques . . . 50
2.4.4 Approches et méthodes de modélisation des caractéristiques . . . 51
2.4.5 Techniques et standards de représentation des caractéristiques . . . 53
2.4.6 Synthèse et discussion . . . 58
2.5 Etat de l'art : pré-sélection de ressources numériques . . . 64
2.5.1 Contexte et concepts . . . 64

2.5.2 Approches et techniques . . . 66
2.5.3 Pré-sélection pertinente de ressources numériques : applications . . . 67
2.5.4 Synthèse et discussion . . . 72
2.6 État de l'art : environnements numériques de gestion . . . 76
2.6.1 Contexte et objectifs . . . 76
2.6.2 Analyse et synthèse . . . 85
2.7 Conclusion . . . 86

III Contributions à la conception d'une application de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques 89

3 Modélisation des interactions de l'utilisateur 91
3.1 Introduction . . . 92
3.2 Concepts et définitions . . . 93
3.3 Approches et techniques . . . 95
3.4 Contribution : IMS-LIP++ et système à base de traces . . . 97
3.4.1 Modélisation de l'utilisateur : modèle d'interaction . . . 97
3.4.2 Peuplement du profil : formulaire et système à base de traces . . . 99
3.4.3 Mécanismes d'adaptation : profil de l'utilisateur . . . 103
3.4.4 Architecture et implémentation . . . 105
3.5 Expérimentations et résultats . . . 106
3.6 Discussion et synthèse . . . 108

4 Pré-sélection pertinente de ressources numériques 115
4.1 Introduction . . . 116
4.2 Contributions : approches et méthodologies . . . 117
4.2.1 Approche de pré-sélection de ressources numériques . . . 117
4.2.2 Méthodologie de pré-sélection . . . 120
4.2.3 Techniques : calcul de pertinence . . . 124
4.2.4 Techniques : évaluation multicritère . . . 126
4.2.5 Représentation adaptative des ressources numériques candidates . . . 127
4.3 Expérimentations et résultats . . . 129
4.4 Discussion et synthèse . . . 131

5 Modèle et mécanismes d'utilisation de ressources numériques adaptatives 139
5.1 Introduction . . . 140
5.2 Contribution : modèle et mécanismes d'adaptation . . . 143
5.2.1 Approche et méthodologie . . . 143
5.2.2 Modélisation d'une ressource numérique adaptative . . . 145
5.2.3 Mécanismes d'adaptation . . . 147
5.3 Expérimentations et résultats . . . 151
5.4 Discussion et synthèse . . . 153

IV Implémentation et évaluation 157

6 Étude de cas : environnement numérique du chercheur 159
6.1 Justification : pourquoi cette étude de cas ? . . . 160
6.2 Introduction . . . 161

6.3 Étude de cas du chercheur . . . 163
6.3.1 Description de l'étude de cas . . . 163
6.3.2 Étude de cas : mécanismes d'instanciation . . . 165
6.3.3 Contraintes et plus values . . . 165
6.3.4 Synthèse et discussion . . . 166
6.4 Démonstrateur : environnement numérique du chercheur . . . 168
6.4.1 Contexte et concepts . . . 168
6.4.2 Fiche de lecture : produit minimum viable . . . 169
6.4.3 Architecture de PRISE . . . 176
6.4.4 Logique de fonctionnement de l'architecture . . . 176
6.4.5 Fonctionnalités et architecture technique du démonstrateur . . . 179
6.4.6 Mise en œuvre technique et outils de développement . . . 187
6.5 Synthèse et discussion . . . 189

7 Évaluation et validation 193
7.1 Évaluation . . . 194
7.1.1 Principes et méthodologies . . . 194
7.1.2 Objectifs à évaluer . . . 195
7.1.3 Critères d'évaluation . . . 195
7.2 Validation . . . 195
7.2.1 Collecte de données . . . 196
7.2.2 Analyse des résultats . . . 196
7.2.3 Validation . . . 199
7.3 Synthèse et discussion . . . 202

V Synthèse et perspective 205

8 Conclusion et perspectives 207
8.1 Résumé des contributions . . . 208
8.1.1 Modélisation et gestion du profil de l'utilisateur . . . 208
8.1.2 Pré-sélection pertinente de ressources numériques . . . 210
8.1.3 Modèle et mécanismes des ressources numériques adaptatives . . . 211
8.1.4 Architecture logicielle : système de gestion adaptative et consolidée . . . 211
8.2 Bilan . . . 212
8.3 Perspectives . . . 212
8.3.1 Optimisation du système de gestion des traces . . . 213
8.3.2 Connexion des ressources numériques . . . 213
8.3.3 Transparence des résultats et amélioration des critères . . . 214

Bibliographie 215

Glossaire 225

A Annexes 231
A.1 Annexe 1 : application scénarisée à base de situations . . . 232
A.2 Annexe 2 : formulaire d'évaluation de PRISE . . . 235
A.3 Annexe 3 : manuel d'utilisation PRISE . . . 245
A.4 Annexe 4 : système à base de traces dans PRISE . . . 256
A.4.1 Objectif . . . 256
A.4.2 Architecture et mécanisme de gestion des traces . . . 257

A.4.3 Implémentation 259
A.5 Annexe 5 : profil d'application du IEEE-LOM 261
A.5.1 Métadonnée d'une fiche de lecture 262
A.5.2 Implémentation 262
A.6 Annexe 6 : extension IMS-LIP pour la recherche 266
A.6.1 Implémentation 266
A.7 Annexe 7 : étude de cas environnement numérique du chercheur 269
A.7.1 Expression fonctionnelle du besoin 269
A.7.2 Fonctionnalités réalisées 273
A.7.3 Mise en œuvre 274

À mon père et à ma mère...

« Les paroles des sages sont comme des aiguillons ; et, rassemblées en un recueil, elles sont comme des clous plantés, données par un seul maître »

L'Ecclésiaste.

Remerciements

C'est un grand plaisir pour moi d'exprimer ma profonde gratitude à travers ces courtes lignes.

Je tiens à remercier très chaleureusement tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cette thèse. Je soutiens l'idée selon laquelle une thèse est plus un travail d'équipe qu'un travail personnel. Pour cela, j'aimerais dire un grand merci à **Pascal Estraillier** et à **Ronan Champagnat** pour m'avoir accordé cette opportunité de faire cette thèse. Je vous remercie pour votre encadrement durant ces trois années. Merci pour vos conseils, vos questions, vos remarques, vos corrections, et surtout pour vos bonnes humeurs qui m'ont toujours encouragé dans ce travail.

Je remercie aussi les membres du jury pour avoir accepté d'examiner ce travail. Je sais que vous avez sacrifié votre précieux temps et je suis très reconnaissant pour votre travail. Je remercie **Laurent Romary** et **Vanda Luengo** d'avoir accepté de rapporter cette thèse. Je remercie **Thierry Nodenot** d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie aussi toute l'équipe du laboratoire L3i pour leurs collaborations, leurs soutiens et pour les moments de convivialités. Je remercie particulièrement mes collègues du bureau 001 et l'équipe d'administration (Jean-Marc, Jean-Christophe, Kathy, Geneviève, Dominique et Erlandri) pour leur soutien.

J'aimerais très spécialement remercier tous mes amis, mes frères, mes sœurs et mes parents pour m'avoir assisté, supporté et encouragé tout au long ce travail. Si je voulais citer des noms, cette page ne pourrais pas les contenir et j'aurai le remords d'oublier des noms. Alors, à tous ceux qui se reconnaîtront dans ces lignes, à ceux :

— qui ont prié pour moi dans le secret de leur cœur ;
— à qui je pouvais demander de l'aide et qui ont sacrifié du temps et des efforts pour moi ;
— que je pouvais appeler même tard dans la nuit parce que j'avais besoin de parler ;
— qui ont fait le plus petit geste à mon endroit ;
— *etc.*

… Je vous dis merci de tout mon cœur.

Daouda Sawadogo

La Rochelle, France, Janvier 2016

Table des figures

1.1 Problème d'organisation des données provenant de plusieurs sources 4
1.2 Environnement de données numériques hétérogènes et multi-sources 5
1.3 Organisation des données provenant de plusieurs sources 8
1.4 Architecture du système attendu et problématiques 9
1.5 Architecture d'une application scénarisée à base de situations 11
1.6 Les phases d'exécution d'une situation 11
1.7 Plan du manuscrit 15

2.1 Composants pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques 22
2.2 Composants pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques 27
2.3 Diagramme de classe : de la donnée numérique à la ressource numérique 31
2.4 Diagramme BPMN : de la donnée numérique à la ressource numérique 32
2.5 Mécanismes de traitement et qualification des propriétés sur les concepts liés aux ressources numériques 36
2.6 Composants pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques 44
2.7 IEEE-PAPI Learner Information [LTSC, 2002] 54
2.8 Relation entre IEEE PAPI et IMS LIP [GLOBAL, 2001] 55
2.9 Schéma de représentation XML du IMS LIP [GLOBAL, 2015] 56
2.10 Modèle de donnée de SERPOLET [Oubahssi and Grandbastien, 2006] 57
2.11 Composants pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques 64
2.12 Aspects impliqués dans la recherche de profil d'évaluation des objets d'apprentissage (tirée de [Cechinel et al., 2011]) 66
2.13 Dimensions de la qualité des objets d'apprentissage dans LORI 1.5 (tirée de [Leacock et al., 2004]) 71

3.1 Composants pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques 92
3.2 IMS-LIP 97
3.3 IMS-LIP++ : extension du IMS-LIP 98
3.4 Système à base de traces pour la complétion du profil 102
3.5 Formulaire IMS-LIP++ dans PRISE 103
3.6 Implémentation technique de la complétion du profil 104
3.7 Exemple du profil IMS-LIP++ dans PRISE 106
3.8 Exemple d'utilisateur dans PRISE 107

4.1 Composants pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques 116
4.2 Modèle du profil de l'utilisateur (a), modèle du profil de ressource (b), modèle du profil de situation (c) 118
4.3 Étapes pour la pré-sélection automatique de ressources numériques pertinentes pour une situation 119
4.4 Méthode de pré-sélection de ressources numériques 125
4.5 Interface de pré-sélection de ressources numériques dans PRISE 129
4.6 Exemple de données dans PRISE 130
4.7 Comparaison TF-IDF et TF-IDF adaptatif 131

5.1 Composants pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques 140
5.2 Mécanique de traitement et qualification des propriétés sur les concepts liés aux ressources numériques 141
5.3 Modèle d'une ressource numérique 142

5.4 Diagramme BPMN de conception de ressources numériques : de la donnée numérique à la ressource numérique . . . 142
5.5 Modèle d'une ressource numérique adaptative . . . 146
5.6 Ressources numériques adaptatives dans PRISE . . . 147
5.7 Modèle d'une ressource numérique adaptative hérité d'une ressource numérique 148
5.8 Processus d'adaptation des ressources numériques dans une situation . . . 149
5.9 Exécution d'une situation . . . 150
5.10 Etapes pour la pré-sélection automatique de RN pertinentes dans une situation 151
5.11 Composants d'adaptation d'une ressource numérique adaptative . . . 151
5.12 Interface d'utilisation des ressources numériques adaptatives dans PRISE . . . 152

6.1 Environnement de gestion de données numériques hétérogènes et multi-sources pour la recherche scientifique . . . 160
6.2 Outils existants pour la recherche scientifique . . . 163
6.3 Composants et mécanismes pour la gestion adaptative et consolidée de fiches de lecture . . . 164
6.4 Fonctionnalités de l'environnement numérique du chercheur . . . 166
6.5 Architecture applicative de PRISE . . . 169
6.6 Le modèle MVP de PRISE . . . 170
6.7 Onglet informations bibliographiques dans PRISE . . . 172
6.8 Onglet Summary dans PRISE . . . 173
6.9 Onglet Review dans PRISE . . . 174
6.10 Modèle environnement numérique du chercheur . . . 176
6.11 Trois couches pour toutes les plate-formes (tirée de [THINKING, 2015]) . . . 177
6.12 Processus de gestion consolidée - PRISE . . . 179
6.15 Exemple de trace dans PRISE . . . 181
6.13 modèle de trace de l'exécution d'une situation . . . 181
6.14 Modèle de trace du réseau social . . . 181
6.16 Exemple de données statistiques à base des traces . . . 182
6.17 Diagramme de classe : structure du profil de l'utilisateur . . . 183
6.18 Diagramme de classe : service de gestion de fiches de lecture . . . 184
6.19 Calcul de pertinence à l'aide des mots-clés du profil . . . 184
6.20 Interface d'exécution d'une situation dans PRISE . . . 185
6.21 Diagramme de classe : structure d'une situation . . . 186
6.22 Architecture fonctionnelle - PRISE . . . 186

7.1 Évaluation des outils de la plate-forme PRISE . . . 197
7.2 Mécanismes d'adaptation des ressources numériques dans PRISE . . . 198
7.3 Mécanismes d'adaptation de la présentation des ressources numériques dans PRISE . . . 199
7.4 Évaluation de l'expérience dans PRISE . . . 200
7.5 Évaluation de la valeur ajoutée de la plate-forme PRISE . . . 200
7.6 Évaluation générale de la plate-forme PRISE . . . 201

A.1 Une situation . . . 232
A.2 Le modèle de situation . . . 233
A.3 Méthodologie de gestion de traces . . . 257
A.4 Architecture à base de traces pour PRISE . . . 258
A.5 Les information d'une fiche de lecture . . . 261
A.6 Profil IEEE-LOM pour une fiche de lecture . . . 262
A.7 Nouvelle catégorie générale de SRRMI . . . 263

A.8 Nouvelle catégorie Recherche de SRRMI 264
A.9 Nouvelle catégorie Evaluation de SRRMI 264
A.10 Les informations d'une fiche de lecture 267
A.11 Diagramme BPMN du chercheur 270
A.12 Proccess d'activité de recherche 271
A.13 Architecture Technique - PRISE 275

Liste des tableaux

1.1 Sondage sur le 7 UNT (Université Thématique Numérique) [Boyer, 2011] . . . 12
1.2 Méthode de sélection de RN . . . 13
1.3 Modèles de ressources numériques . . . 14

2.1 Critères pour la modélisation des données du profil de l'utilisateur . . . 23
2.2 Critères pour la sélection pertinente de ressources numériques dans une situation 24
2.3 Critères pour la gestion adaptative de ressources numériques dans une situation 25
2.4 Composants d'assistance à la Gestion Adaptative et Consolidée de ressources numériques . . . 26
2.5 Comparatif des propriétés entre document numérique et ressource numérique . 35
2.6 Composant d'assistance à la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques . . . 37
2.7 Évaluation des critères d'adaptation pour les modèles de ressources numériques existants . . . 41
2.8 Synthèse des modèles de ressources numériques . . . 43
2.9 Composant d'assistance à la gestion consolidée de ressources numériques . . . 44
2.10 Critère pour la modélisation de l'utilisateur dans un système de gestion consolidée de ressources numériques . . . 47
2.11 Évaluation des critères pour la modélisation du profil des utilisateurs . . . 59
2.12 Comparaison des systèmes de modélisation de l'utilisateur avec services d'adaptation 63
2.13 Critères d'assistance à la sélection pertinente de ressources numériques . . . 65
2.14 Évaluation des critères pour la pré-sélection de ressources numériques . . . 72
2.15 Synthèse des systèmes de sélection pertinente de ressources numériques . . . 75
2.16 Comparaison d'environnements dédiés aux chercheurs . . . 84

3.1 Composant d'assistance à la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques . . . 95
3.2 Critères pour la modélisation de l'utilisateur . . . 96
3.3 Modélisation de l'utilisateur pour un système de gestion de ressources numériques 99
3.4 Critères du profil de l'utilisateur pour l'assistance à la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques . . . 105
3.5 Modélisation de l'utilisateur avec une extension du IMS-LIP . . . 108
3.6 Évaluation des critères pour la modélisation du profil des utilisateurs . . . 109
3.7 Comparaison des systèmes de modélisation de l'utilisateur avec services d'adaptation 114

4.1 Composant d'assistance à la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques . . . 117
4.2 Exemple comparatif de résultats de pertinence de ressources numériques . . . 126
4.3 Critères pour la représentation adaptative de ressources numériques candidates 128
4.4 Approches et méthodes de représentation visuelle des données . . . 133
4.5 Niveaux de pertinence d'une ressource numérique . . . 134
4.6 Évaluation des critères de pré-sélection de ressources numériques avec notre proposition . . . 134
4.7 Analyse comparative des systèmes de pré-sélection pertinente de ressources numériques . . . 138

5.1 Composant d'assistance à la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques . . . 144

5.2 Caractéristiques des modèles de conception de ressources numériques 145
5.3 Évaluation des critères d'adaptation pour les modèles de ressources numériques existants 153
5.4 Exemple de mise en œuvre de mécanismes d'adaptation de ressources numériques à des utilisateurs 154
5.5 Exemple de profils d'utilisateurs et de métadonnées de ressources numériques . 155
5.6 Analyse comparative des modèles de ressources numériques 156

6.1 Comparaison entre les tâches utilisateur FRBR, FRAD, FRSAD et PRISE . . 171
6.2 Acteurs et rôles dans le processus de traitement de l'information numérique . . 180
6.3 Comparaison d'environnements dédiés aux chercheurs 191

7.1 Critères d'évaluation des objectifs dans PRISE 203
7.2 Validation des objectifs dans PRISE 204

8.1 Synthèse des contributions et résultats 209

A.1 Types de situations dans PRISE 260
A.2 SRRMI : Profil d'application du IEEE-LOM pour la recherche scientifique . . . 265
A.3 IMS-LIP ++ pour système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques 268
A.4 Types de documents utilisés par les chercheurs 270

Résumé

L'avènement des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) représente une véritable opportunité dans la diffusion des ressources numériques et des connaissances pour tous. De nombreux résultats ont déjà été obtenus dans le cadre de l'étude de plates-formes informatiques numériques. Elles visent essentiellement à faciliter la mise à disposition des contenus numériques, accompagner l'utilisateur en lui offrant des modalités d'interaction avec le système et dans un contexte de formation, valider les connaissances acquises. Le déploiement large et massif des systèmes d'information de gestion de contenus numériques constitue une première génération d'outils de gestion. Dans ce cadre, des travaux de thèse ont été réalisés au sein du laboratoire L3I dans l'objectif de permettre à ces environnements de gérer efficacement l'interactivité avec leurs utilisateurs et d'adapter leurs exécutions en fonction des profils et du contexte de leurs utilisateurs. Certains résultats de ces travaux ont été mis en œuvre sur la plate-forme POLARIS du laboratoire. Ce contexte a créé un climat qui favorise la production massive et hétérogène de documents numériques dont la gestion (la conception, l'organisation, la sélection et l'usage) pose de nouveaux problèmes.

L'objectif général de la thèse consiste à proposer des solutions permettant aux utilisateurs des applications interactives, de gérer leurs documents numériques afin d'éviter qu'ils ne soient submergés par l'immense quantité de documents qu'ils produisent et utilisent quotidiennement. En effet, pour mieux gérer ces documents, nous les encapsulons dans des structures complexes que nous appelons « **ressources numériques** ». Cela nous permet de mettre en œuvre nos mécanismes d'adaptation : pré-sélectionner les ressources numériques les plus adaptées aux activités de l'utilisateur et adapter les ressources numériques sélectionnées en fonction des caractéristiques de l'utilisateur et de son activité.

Les contributions des travaux réalisés dans cette thèse se décrivent sur quatre niveaux. Premièrement, nous proposons un modèle de représentation des données qui caractérisent un utilisateur dans un système de gestion de ressources numériques. Deuxièmement, nous proposons des algorithmes et des mécanismes pour permettre à un utilisateur de sélectionner les ressources numériques pertinentes lors de la réalisation d'une activité. Les mécanismes de sélection proposés permettent une gestion consolidée des ressources numériques, parce qu'ils tiennent compte de la cohérence entre les ressources de l'activité afin de permettre une meilleure utilisation et maintenir une exécution cohérente de son activité. Troisièmement, nous proposons un modèle de ressources numériques qui s'adapte en fonction des caractéristiques de l'utilisateur et de l'activité. Quatrièmement, nous proposons un modèle d'architecture logicielle pour la conception d'une application interactive à exécution adaptative centrée sur la gestion des ressources numériques.

Pour expérimenter et valider nos propositions, nous avons développé un prototype logiciel d'une plate-forme pour la gestion personnalisée et collaborative de ressources numériques dédié aux chercheurs appelé PRISE (PeRsonal Interactive Research Smart Environment).

Mots-clés : *gestion de ressources numériques, adaptation, pertinence, consolidation, modélisation de l'utilisateur, application interactive*

Abstract

The emergence of Information and Communication Technology (ICT) represents a real opportunity for spreading digital resources and knowledge for all. Many results have already been achieved through the study of digital computing environments. They primarily aim at facilitating the provision of digital content, supporting users by ensusing interaction means with the system, and validating the knowledge acquired. The broad and massive deployment of digital content management information systems has left its mark as first generation of digital document management tools. In this context, PhD thesis researches have been carried out in the laboratory L3i to enable these environments to manage interactivity with their users and adapt their performances to users' profiles and usage contexts. Some results of these works have been implemented within the laboratory platform called POLARIS. This latter has created a climate that fosters the production of massive heterogeneous digital resources which their management (organization, selection, and use) raises new challenges

The main aim of the thesis is to propose solutions that enable users of interactive applications to manage their digital documents in such a way that they are not overwhelmed by the large amount of material they produce and use everyday. In other terms, to better manage these documents, we encapsulate them in complex structures named digital resources. That allows us to implement our adaptation mechanisms : to pre-select the most relevant digital resources to the user's activities and adapt the selected digital resources to both user and activity characteristics.

The contributions of our thesis can be described in four levels. First of all, we propose a data representation model that characterizes a user in a digital resources management system. Secondly, we propose algorithms and mechanisms to enable a user to select relevant digital resources when performing an activity. Selection mechanisms we proposed allow consolidated management of digital resources, since they take into account the consistency among the resources being used in a given activity to enable better use and maintain coherent execution of the activity. Thirdly, we propose a model for digital resources that adapts itseft based on both user and activity characteristics. Finally, we propose a software architecture model for the design of an interactive application with adaptive execution centered on digital resource management.

To expriment and validate our proposals, we developed a prototype of a platform for personalized and collaborative management of digital resources dedicated to researchers called PRISE (PeRsonal Interactive Research Smart Environment).

Keywords : *digital resources management, adaptation, relevance, consolidation, user modeling, interactive application*

Partie I

Introduction générale

1

Contexte et motivation

Ce premier chapitre est une introduction aux travaux réalisés dans cette thèse. Il présente le cadre général des travaux de l'équipe, le contexte spécifique de la thèse et introduit les problématiques et les motivations des recherches effectuées pour concevoir et mettre en œuvre l'architecture d'un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques.

L'explosion massive des données hétérogènes a engendré de nouveaux problèmes sur l'organisation, la sélection et l'utilisation de ces données. Aujourd'hui, les utilisateurs des environnements numériques sont de plus en plus confrontés à de grandes difficultés pour gérer leurs référentiels de documents. Ils rencontrent des problèmes pour organiser, sélectionner et utiliser les documents numériques qu'ils rassemblent à partir de plusieurs sources afin d'exécuter leur activité.

Pour assister les utilisateurs dans ces tâches coûteuses en temps et leur permettre d'exploiter efficacement leurs documents, il est nécessaire d'avoir de nouveaux modèles de représentation des données et de nouveaux algorithmes et mécanismes de traitement de ces données. Notre proposition est d'assister les utilisateurs dans une application scénarisée à base de situations, à mieux organiser leur référentiel de documents numériques. Ensuite nous souhaitons les aider à sélectionner les documents numériques pertinents dans une situation et leur offrir la meilleure configuration de la ressource numérique choisie pour une meilleure utilisation. L'ensemble de ces mécanismes est appelé : gestion adaptative et consolidée de ressources dans une application scénarisée à base de situations.

Sommaire

1.1 Contexte scientifique et motivations 4
1.2 Cadre général de la thèse au sein du laboratoire 6
1.3 Contexte spécifique et objectifs de la thèse 6
1.4 Problématiques 9
1.5 Approches et positionnement général 10
1.5.1 Modélisation de l'utilisateur et gestion des données du modèle 10
1.5.2 Pré-sélection pertinente de ressources numériques 12
1.5.3 Modélisation et utilisation adaptative de ressources numériques 13
1.6 Plan de la thèse 15

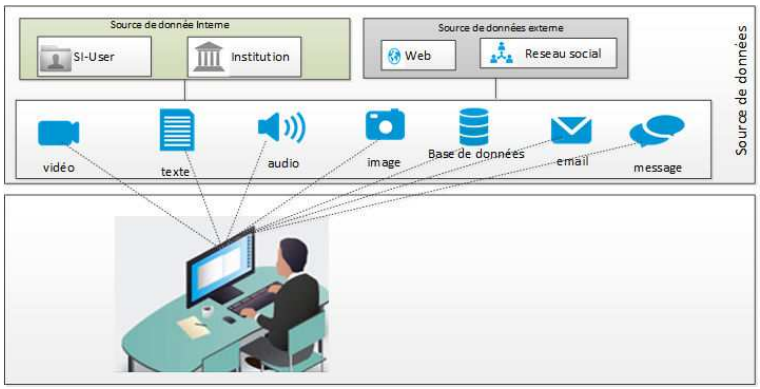


Figure 1.1 – Problème d'organisation des données provenant de plusieurs sources

1.1 Contexte scientifique et motivations

L'avènement des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) représente une véritable opportunité dans la diffusion des contenus et des connaissances pour tous. L'évolution rapide des technologies du web, depuis la première génération du web 1.0 [i] en passant par le Web 2.0 [ii] et le Web 3.0 [iii] et aujourd'hui, le Web 4.0 [iv] [FlatWorldBuzz, 2015] favorise la production massive et hétérogène de contenus numériques dont la gestion (l'organisation, la sélection, et l'usage) pose de nouveaux problèmes de recherche. La figure 1.1 présente ce contexte avec un utilisateur qui a accès à plusieurs sources de données.

Ces dernières années, la production de données numériques a considérablement augmenté : une étude de l'IDC [Gantz and Reinsel, 2012] publiée en 2012, affirme que : *« depuis les quatre dernières années, le nombre de sources de données structurées rendues disponibles sur le Web est en croissance fulgurante aboutissant à un espace global de données de l'ordre de milliards d'assertions. »* Cette étude a été citée lors de l'organisation de la conférence EGC 2013 [PFIA, 2013], et dont les thématiques gravitent autour des sujets concernant les sources de données ouvertes et le web de données.

Dans la version 2014 du rapport de l'IDC [IDC, 2014], les auteurs prédisent que : *« de 2013*

i. Web 1.0 – Boutique en ligne & web statique
Les experts appellent l'Internet avant 1999, le web en « lecture seule ». Le rôle de l'internaute moyen a été limité à la lecture de l'information qui lui a été présentée. Il n'y avait aucune communication ou échange d'information entre consommateur (de l'information) et producteur (de l'information). Mais l'ère de l'information était née !

ii. Web 2.0 – Le web participatif et en écriture
Le manque d'interaction active des utilisateurs communs avec le Web a conduit à la naissance du Web 2.0. L'année 1999 a marqué le début de l'ère de Lire-Écrire-Publier avec des contributions notables du Live Journal (Lancé en Avril 1999) et Blogger (Lancé en Août 1999). Selon Berners-Lee, le Web 2.0 ou le web en « lecture-écriture » est la capacité pour les internautes de contribuer au contenu et interagir avec d'autres internautes. Cette interaction et cette contribution a radicalement changé le paysage du web. Il semble être une bonne réponse à un web où les utilisateurs exigent d'être davantage impliqués dan l'information qui est mise à leur disposition.

iii. Web 3.0 – Le web à exécution sémantique
Selon Tim Berners-Lee, le Web 3.0 serait le web de « lecture-écriture-exécution ». Toutefois, cela est difficile à envisager dans sa forme abstraite, prenons donc deux choses qui forment la base du Web 3.0, le marquage sémantique et les web services. Le marquage sémantique désigne l'écart de communication entre les utilisateurs humains du web et les applications informatisées. Un service Web est un système logiciel conçu pour soutenir l'interaction entre ordinateur et ordinateur via Internet.

iv. Web 4.0 - Ouvert, Connecté et web intelligent = Web Émotionnel
Bien que le Web 4.0 soit encore en développement et la forme véritable soit encore formation, les premiers signaux du Web 4.0 concernera un Web connecté qui communique avec nous comme nous communiquons les uns avec les autres (comme un assistant personnel). Web 4.0 est appelé « Web symbiotiquede ». Le Web 4.0 sera le web de lecture-écriture-exécution-concurrence. Web 5.0 sera sur (émotionnel) l'interaction entre les humains et les ordinateurs.

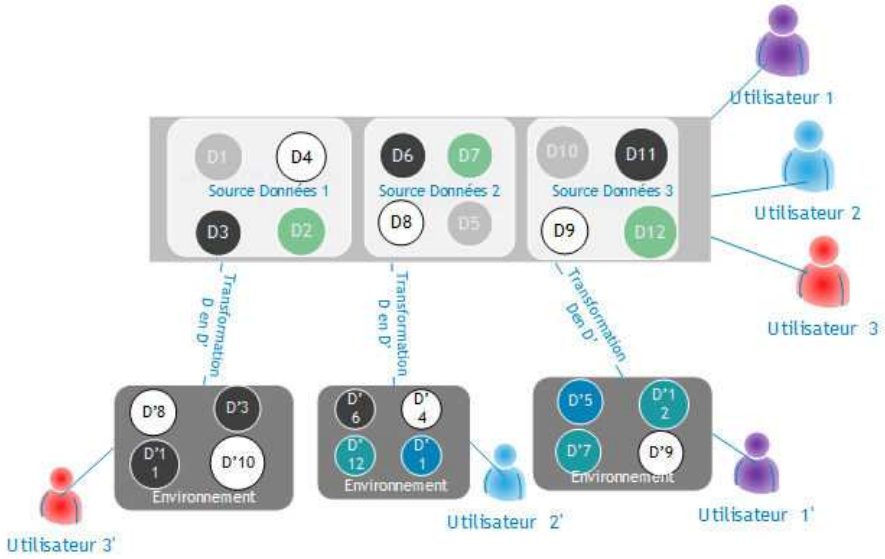


Figure 1.2 – Environnement de données numériques hétérogènes et multi-sources

à 2020, l'univers numérique va croître d'un facteur de 10 - De 4,4 trillion de gigaoctets à 44 trillion. Il fait plus que doubler tous les deux ans ». Parmi ces données qui sont souvent produites par des humains ou des machines, L'IDC estime que, en 2013 peut-être 5% étaient particulièrement utiles, ou avaient une *« intention riche »*. Ce pourcentage devrait plus que doubler d'ici 2020, puisque les entreprises profitent des nouvelles technologies du Big Data, des nouvelles technologies d'analyse et de nouvelles sources de données, et les intègrent comme de nouvelles parties de l'organisation. Pour l'IDC, il y a beaucoup de données précieuses dans l'univers numérique, mais il faudra de la détermination et de la main-d'œuvre qualifiée pour les trouver et les rendre utilisables. Elles auront besoin d'être protégées, analysées, et mises en avant.

Cet écosystème numérique, engendré par la production massive des données, rend complexe l'organisation, la sélection, la qualité et l'usage de ces données numériques par les utilisateurs. L'hétérogénéité des données produites et la diversité des sources de provenance [Mombrun et al., 2010] [Jérôme et al., 2011] rendent complexes ces problèmes.

La volonté très affichée par les utilisateurs est de disposer d'environnements leur permettant d'avoir une meilleure gestion (organisation et sélection) de leurs données numériques. Ils souhaitent travailler dans un environnement cohérent, avec des informations fiables malgré la multiplicité des sources de données et leurs hétérogénéités. Ces données utilisées doivent également être pertinentes par rapport à leurs contextes d'utilisation et adaptées à leurs profils [Saint-Réquier, 2012].

Le schéma de la figure 1.2 présente une situation avec deux groupes d'utilisateurs. Le premier groupe accède et utilise des données brutes disponibles dans les sources ouvertes [v]. Le deuxième groupe accède aux données disponibles dans les mêmes sources, mais les transforment avant toute utilisation. Les utilisateurs *User 1, 2 et 3* représentent le premier groupe et les Utilisateurs *User 1', 2' et 3'* représentent le second groupe. Ce second groupe est celui dont nous estimons

v. Les Sources Ouvertes (SO) désignent l'ensemble des médias accessibles librement, de façon gratuite ou payante, tels qu'Internet, les bases de données publiques, les journaux, les CD-ROM, les chaînes de télévision et de radio, etc., par opposition aux sources fermées dont la consultation nécessite de disposer d'autorisations spécifiques. Ces SO fournissent d'importants volumes de données multimédia hétérogènes (image, texte, audio, vidéo, etc.) qui nécessitent des traitements adaptés en vue de leur exploitation.[SOS-DLWD, 2013]

être la meilleure approche parce qu'il est très difficile, voire impossible, que plusieurs utilisateurs ayant des profils différents et évoluant dans des contextes distincts [Theodorakis, 2001] puissent avoir un même point de vue sur des données hétérogènes.

1.2 Cadre général de la thèse au sein du laboratoire

Dans ce cadre, plusieurs travaux de thèse ont été réalisés au sein du laboratoire L3i sur la problématique de la gestion de l'adaptabilité des applications interactives. Ils visent essentiellement à faciliter la mise à disposition de contenus numériques, accompagner l'utilisateur en offrant des modalités d'interactions avec le système et valider les connaissances acquises. L'objectif était de permettre à ces environnements de mieux gérer l'interactivité avec ses utilisateurs et d'adapter le déroulement des activités aux profils et au contexte de ses utilisateurs.

Grâce à plusieurs travaux de thèses axés principalement sur :

- le pilotage de scénario [Delmas, 2005][Dang, 2013] : les travaux sur le pilotage ont permis de proposer des architectures et des mécanismes de pilotage de l'exécution dans un système interactif afin de garantir l'intérêt du déroulement pour l'utilisateur ;
- la gestion de la cohérence dans les activités [Pham, 2013] : lors de l'exécution adaptative, il arrive parfois que les différents acteurs du système (utilisateurs, concepteurs d'applications) aient des visions différentes du déroulement. Cela peut être caractérisé par des *ambiguïtés*, des *incohérences* et/ou des *quiproquos*. Ces travaux ont permis de proposer des mécanismes pour la gestion de la cohérence dans l'exécution adaptative ;
- la gestion des interactions [Picard, 2011][Trillaud, 2013] : dans l'exécution adaptative des systèmes, il existe plusieurs interactions entre les différents acteurs (acteurs logiciels et acteurs physiques). Il s'agissait dans ces travaux de proposer des architectures et des mécanismes pour la gestion cohérente de toutes ces interactions.

Certains résultats de ces travaux ont été mis en œuvre à travers la plate-forme POLARIS [vi] du laboratoire. De ces travaux, il ressort également que la gestion de l'exécution adaptative nécessite une disponibilité de données numériques pertinentes à chaque étape de l'exécution de l'activité de l'utilisateur.

Pour atteindre un niveau satisfaisant d'adaptabilité de l'exécution de l'application, les utilisateurs doivent avoir accès aux données numériques les plus pertinentes leur permettant d'atteindre l'objectif de l'activité. Si ces données numériques ne sont pas disponibles, le système devrait pouvoir adapter l'exécution vers une autre activité plus réalisable en fonction des données numériques disponibles.

1.3 Contexte spécifique et objectifs de la thèse

Dans cette thèse, nous voulons faciliter le travail d'un utilisateur dans son environnement personnel et collaboratif. Pour cela, nous avons adopté l'hypothèse selon laquelle l'utilisateur

vi. Plateforme Ouverte de blended Learning Adaptative inteRactIve et Scénarisée - http ://l3i-education.univ-lr.fr

constitue son propre référentiel de données numériques. Ainsi, nous pouvons faciliter l'organisation de ce référentiel en prenant en compte les relations que cet utilisateur entretient avec d'autres utilisateurs (réseau social). Ces relations feront parties des métriques pour qualifier la pertinence des éléments de ce référentiel et au regard de l'activité qu'il mène. La figure 1.3 présente cette approche de gestion des données provenant de plusieurs sources avec les activités de l'utilisateur.

Définir le cadre de l'activité que mène l'utilisateur revient à nous mettre dans un contexte de scénarisation d'activités personnelles dans un environnement collaboratif. Faciliter l'organisation de son référentiel de données numériques pour en rendre pertinent son usage dans ses activités implique de formaliser cette notion de données numériques. Nous proposons alors une définition précise de « Données », « Documents », « Contenus » et nous introduirons une nouvelle structure de données que nous appelons *« Ressource Numérique »* (RN).

Nous proposons dans cette thèse, un modèle d'architecture logicielle et des mécanismes permettant aux utilisateurs une gestion adaptative et consolidée de leurs ressources numériques dans une application scénarisée à exécution adaptative (figure 1.5). Il s'agit d'applications définies comme une suite d'activités successives et d'événements réalisés entre l'utilisateur et le système : les « situations » [Pham, 2013].

Définition : situation

Une « situation » est perçue par le concepteur comme un composant dans lequel les acteurs interagissent en utilisant des ressources locales associées à un contexte commun en vue d'atteindre un ou plusieurs objectifs identifiés.
L'utilisateur d'une application interactive exécute et participe à des situations successives jusqu'à atteindre un objectif prédéfini par le concepteur. L'exécution de l'application repose sur l'enchaînement des différentes situations.

Définition : données numériques

Les données numériques sont une représentation numérique de l'état du monde considérée indépendamment de tout contexte d'interprétation.

Définition : document numérique

Un document numérique est un ensemble de données organisées selon une structure stable associée a des règles de mise en forme permettant une lisibilité partagée entre son concepteur et ses lecteurs [Pedauque, 2006].

Définition : Ressource Numérique (RN)

Nous définissons une ressource numérique comme un composant structuré contenant des documents numériques avec une intention d'usage ainsi que des opérateurs associés et des règles d'exploitation à utiliser en fonction des différents contextes possibles.

Définition : gestion consolidée de ressources numériques

La gestion consolidée de ressources numériques est définie comme l'organisation cohérente de ressources numériques permettant à son propriétaire, une sélection pertinente et une utilisation adaptée lors de la réalisation d'une activité.

Pour gérer des ressources numériques de manière adaptative et consolidée, nous avons besoin de connaître les caractéristiques d'usage de l'acteur dans le système, les ressources numériques existantes, ainsi que les processus d'usage sur les ressources.

Au niveau de l'acteur, nous avons besoin de connaître :

- ses préférences (Préférence d'utilisation de ressources numériques : format préféré, type de présentation préféré) ;
- ses compétences et ses objectifs (quels sont les buts que l'acteur veut atteindre dans la situation) ;
- son interactivité (niveau d'interactivité avec les ressources) ;
- son historique.

Dans le domaine de la gestion adaptative et consolidée, nous souhaitons caractériser les ressources numériques afin que le système de gestion puisse déterminer leur contenu, à quel besoin d'usage elles peuvent servir, à quel(s) type(s) d'acteur(s) elles peuvent être destinées, à quels objectifs son usage peut satisfaire et permettre à une ressource de s'adapter aux caractéristiques de l'utilisateur.

Dans le domaine des processus d'usage, nous avons besoin de connaître les opérations réalisables dans l'environnement et les modalités d'usage des ressources. Cela permettrait d'adapter l'exécution des ressources en fonction des contraintes du système.

Les trois entités (acteur, ressource numérique, processus/mécanismes) mentionnées ci-dessus, sont nécessaires à la construction d'un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Elles constituent la base de nos contributions d'une architecture logicielle, d'algorithmes efficaces et des mécanismes adaptés. Elles permettent également aux utilisateurs de mieux gérer leurs ressources numériques dans un environnement numérique.

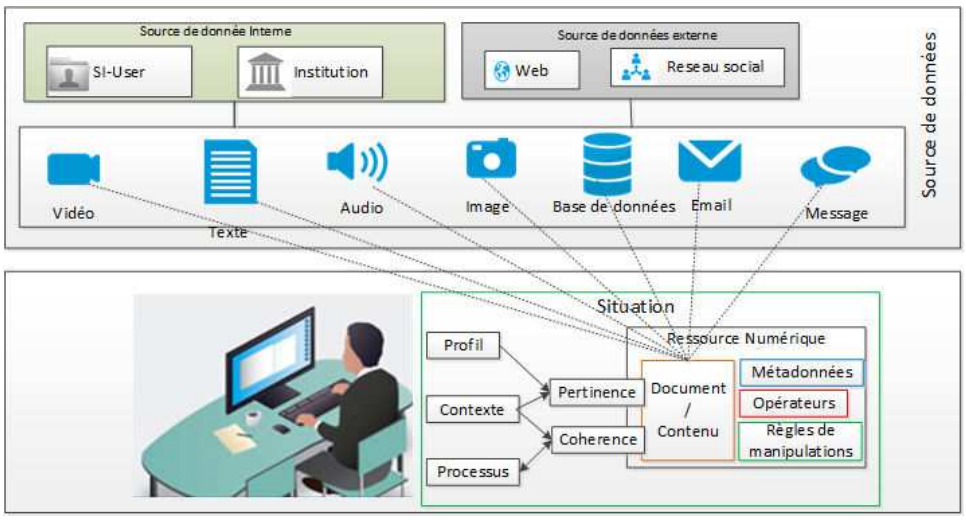


Figure 1.3 – Organisation des données provenant de plusieurs sources

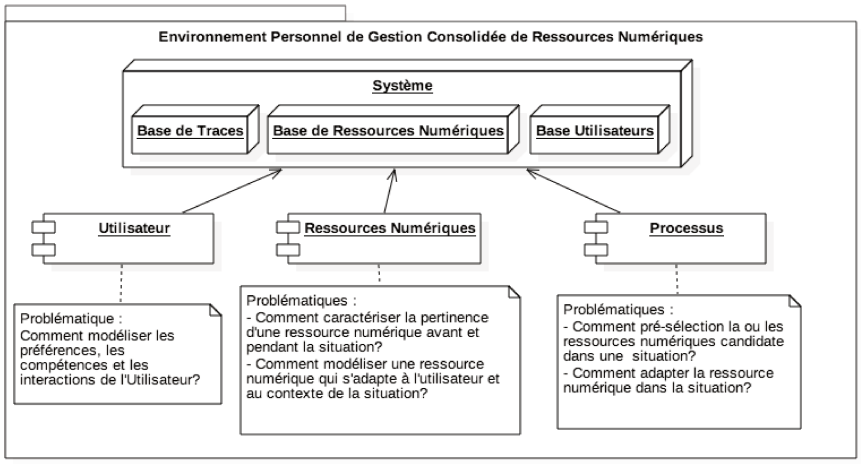


Figure 1.4 – Architecture du système attendu et problématiques

La figure 1.4 montre les composants du système général en relation avec les problématiques à résoudre.

Les mécanismes de conception et d'exécution du scénario nous permettent de construire des scénarios adaptatifs. Cette adaptabilité tient compte des caractéristiques de l'utilisateur, de la pertinence de la ressource, du contexte de l'utilisateur et de la situation. Cela conduit à la découverte d'une forme d'émergence des scénarios.

Dans ce processus, nos travaux permettent d'ajouter des mécanismes d'adaptabilité en fonction des ressources numériques disponibles, de proposer les ressources numériques les plus pertinentes selon les caractéristiques de la situation et d'adapter la ou les ressources numériques. Par adapter, nous entendons offrir la configuration la plus pertinente des ressources numériques en fonction de ses caractéristiques.

1.4 Problématiques

Notre hypothèse consiste à considérer que les contenus numériques doivent être transformés pour être adaptés à son utilisateur (à son besoin et à son contexte d'usage). Si les données doivent être transformées, et leur quantité pouvant être importante, il faut des mécanismes permettant d'automatiser ces adaptations.

L'auteur dans [Gao, 2013] montre que cela requiert des techniques d'analyse automatiques ou semi-automatiques pour modéliser les processus de gestion adaptative de ces données. Par conséquent, la question à traiter est la suivante : comment mettre en place un modèle d'architecture logicielle d'un système permettant une gestion adaptative consolidée des ressources numériques ?

L'objectif de nos travaux est de proposer un modèle d'architecture logicielle et des mécanismes permettant à un utilisateur d'avoir une gestion consolidée de ses ressources numériques dans un environnement personnalisé et collaboratif. Cet objectif pose une problématique principale concernant la gestion cohérente et pertinente des ressources numériques dans un environnement personnalisé et collaboratif. Mais plusieurs verrous restent encore à lever. Les besoins exprimés

et les contraintes à respecter en vue de mettre en place un tel système conduit à répondre aux problèmes suivants :

Problème 1 : modélisation et gestion du profil de l'utilisateur

La modélisation de l'utilisateur dans un système de gestion de ressources numériques : comment modéliser les préférences et les interactions d'un utilisateur dans un environnement de gestion de ressources numériques ?
Il s'agit pour nous de connaître le modèle d'interaction de l'utilisateur qui est très important parce qu'il permet au système de lui proposer la bonne ressource qui respecte ses caractéristiques.

Problème 2 : pré-sélection pertinente de ressources numériques candidates

La gestion cohérente et pertinente des ressources numériques : comment sélectionner la ou les ressource(s) numérique(s) en fonction du contexte de l'activité de l'utilisateur, de son profil et de son historique ?
Il s'agit pour nous d'aider l'utilisateur à trouver la ou les bonnes ressources numériques qu'il a organisées pour lui permettre d'atteindre la ou les objectif(s) de son activité.

Problème 3 : modélisation et utilisation adaptative d'une ressource numérique

L'adaptabilité des ressources numériques : comment adapter l'usage de chaque ressource numérique en fonction des caractéristiques de la situation de l'utilisateur et de son profil ?
Il s'agit pour nous de proposer un modèle de ressources numériques adaptatives qui se configure automatiquement en fonction du contexte d'usage, du profil d'interaction et des préférences de l'utilisateur.

La résolution de ces problèmes assure la construction d'un système offrant une gestion consolidée de ressources numériques permettant à son utilisateur de sélectionner et d'utiliser de manière pertinente la *« meilleure »* ressource pour satisfaire ses objectifs.

La figure 1.5 présente une vue simplifiée d'une application interactive à exécution adaptative à base de situations. La conception du scénario et l'enchaînement des situations ont été développés dans d'autres thèses [Delmas, 2005, Dang, 2013, Pham, 2013]. Notre travail concerne les mécanismes à mettre en œuvre lors de l'exécution d'une situation. La figure 1.5 présente également les différents composants lors de l'exécution d'une situation. Une description détaillée de cette figure est présentée dans l'annexe A.1. Quant à la figure 1.6, elle présente les différentes phases de l'exécution d'une situation avec les mécanismes de gestion des ressources numériques.

1.5 Approches et positionnement général

1.5.1 Modélisation de l'utilisateur et gestion des données du modèle

Le premier problème à résoudre concerne donc la modélisation des préférences et des interactions de l'utilisateur dans un système personnalisé de gestion de ressources numériques. L'évolution croissante dans la conception des systèmes d'information a engendré de nouvelles questions

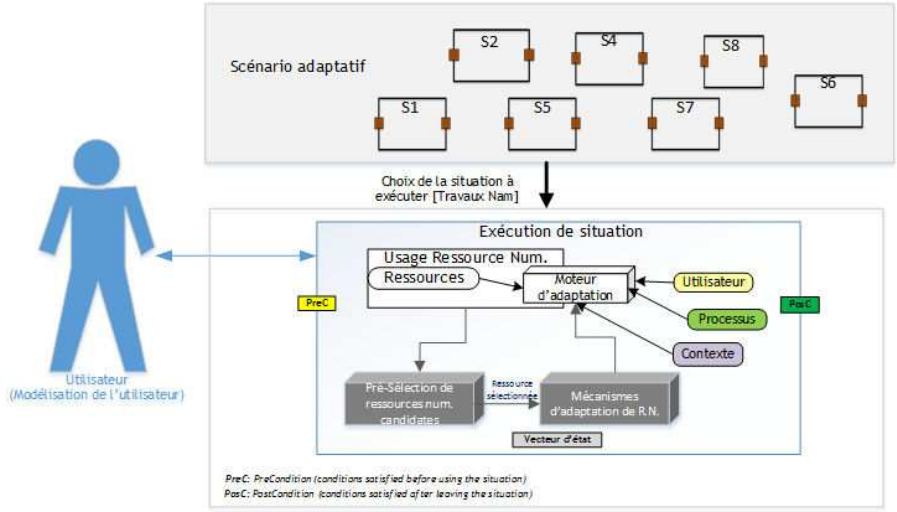


Figure 1.5 – Architecture d'une application scénarisée à base de situations

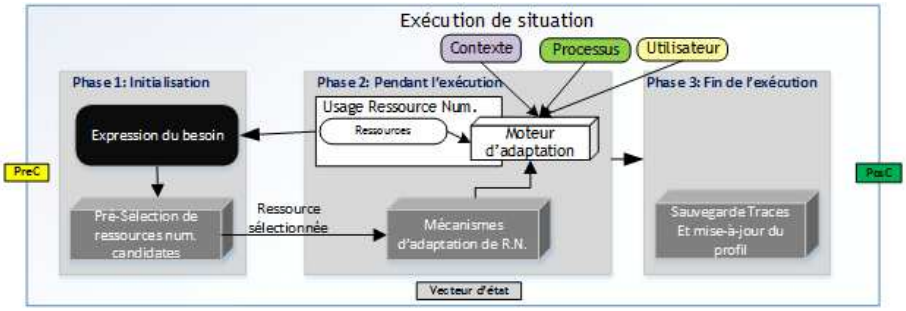


Figure 1.6 – Les phases d'exécution d'une situation

au regard de leurs conditions d'usage. Le modèle de l'utilisateur est un élément essentiel dans un système interactif et adaptatif [Brusilovsky and Millán, 2007]. **Le modèle de l'utilisateur permet de caractériser chaque utilisateur dans le système à travers un profil (un profil de l'utilisateur est une instance du modèle de l'utilisateur à un instant t).**

D'après les travaux de **Brusilovsky**, le profil de l'utilisateur permet de modéliser cinq (05) composantes principales :

1. les connaissances de l'utilisateur ;
2. les actions et les tâches de l'utilisateur ;
3. les compétences de l'utilisateur ;
4. les styles personnels de l'utilisateur ;
5. l'environnement de travail de l'utilisateur.

Les profils des utilisateurs ont un rôle très important dans tous les environnements numériques [Brusilovsky and Millán, 2007, Brusilovsky,]. L'utilisation de profils est un des moyens qui permet aux systèmes de prendre en compte les spécificités de ses utilisateurs dans les environnements numériques.

Tout système d'information, créé dans une logique de service, devrait supporter des ressources numériques afin de respecter la logique d'usage voulu par le système. Dans cette logique d'usage, « l'utilisateur numérique » est un acteur essentiel dans le paysage de l'information numérique, il agit et interagit avec les autres ; utilise, transforme et produit des informations. Chaque

Population	Total	Ignore qualité	Avoir connaissance	Utilise
Étudiants	4 447	75%	35%	23%
Enseignants	597	-	57%	28%
Gouvernants	154	-	89%	-

Tableau 1.1 – Sondage sur le 7 UNT (Université Thématique Numérique) [Boyer, 2011]

individu compose ainsi sa propre identité numérique, générant ainsi la « e-réputation » qui le caractérise et dont il doit en prendre soin [Roose, 2008]. Notre défi principal est de résoudre le problème dans le EAP (Environnement Personnel d'Apprentissage) [Chatti et al., 2010] et RBLE (Resource-Based Learning Environment) [Hill and Hannafin, 2001].

Dans ces deux types d'environnements, les utilisateurs gèrent et utilisent des ressources numériques pour atteindre des objectifs dans leurs activités. Ainsi modéliser les interactions de l'utilisateur est important, cela permet au système de l'assister dans l'usage de ses ressources numériques et de pouvoir les adapter en fonction du profil d'interaction de ce dernier. Les auteurs dans [Croxton, 2014] ont montré également l'importance de modéliser l'interaction de l'utilisateur dans un système. Le profil d'interaction est nécessaire dans notre contexte afin de sélectionner les modalités d'utilisation des ressources numériques pour un utilisateur.

Pour valider notre contribution, nous avons choisi d'appliquer cette modélisation à travers une application du domaine de la recherche scientifique. Cette application est utilisée par des chercheurs pour organiser, sélectionner et utiliser de manière efficace leurs ressources numériques. Dans ce domaine, le profil du chercheur représente un élément majeur dans son activité. Les recherches de documents, la recommandation de pairs, la pertinence de la qualité des résultats de recherche, la recommandation de relecture, sont dépendantes du profil.

De plus, plusieurs études ont montré que la construction du profil du chercheur pose de nombreux défis, notamment : l'extraction automatique de profils de chercheurs provenant de sources distribuées (des pages d'accueil, les autorités d'indexation, etc.) [Oberle and Spyns, 2004], la cohérence et l'exhaustivité de l'information et de la résolution de l'ambiguïté [Tang et al., 2007].

Ces défis sont encore aggravés par l'explosion des informations d'artefact de recherche avec la communauté de recherche. L'information des chercheurs est souvent dispersée et représentée d'une manière syntaxique (non décrite de façon significative) [Oberle and Spyns, 2004] minimisant ainsi l'interopérabilité entre les sources de connaissances et d'information hétérogènes [Adnan et al., 2009].

1.5.2 Pré-sélection pertinente de ressources numériques

Le second problème concerne la sélection adaptative de ressources numériques. Comment le système peut-il déterminer la ressource numérique qui convient (pertinence) à chaque utilisateur et qui soit cohérente pour la situation dans laquelle il se trouve ? Ce problème peut être perçu comme la proposition d'un système de recherche d'information, permettant de proposer la meilleure ressource à un utilisateur en fonction de ses besoins.

Une étude publiée, en 2008, dont la synthèse des résultats du sondage est présentée dans le tableau 1.1, montre que **75%** des étudiants qui utilisent les UNT ne savent pas évaluer la

Projet	MERLOT*	LUISA**	UNT (FUN)***	LORNET (GLOBE)****
Approche	recherche textuelle	Recherche sémantique	recherche textuelle	recherche textuelle

* : MERLOT II : Multimedia Education Resource for Learning and Online Teaching - `http://merlot.org`
** : LUISA : Learning Content Management System Using Innovative Semantic Web Services Architecture - `http://www.luisa-project.eu`
*** : UNT (FUN) : Université Numérique Thématique (France Université Numérique) - `http://france-universite-numerique.fr`
**** : LORNET : Learning Object Repository Network (Global Learning Objects Brokered Exchange) - `http://lornet.org`

Tableau 1.2 – Méthode de sélection de RN

qualité d'une ressource pédagogique numérique. Cette étude a montré que pour avoir un impact sur les étudiants, les UNT doivent leur offrir des ressources utiles (c'est-à-dire préconisées par leurs enseignants ou à défaut clairement labellisées, avec un lien le plus explicite possible avec leur cursus, d'un format qui n'est pas nécessairement sophistiqué, et qui soient des exercices d'auto-évaluation ou de mises en pratique, des simulations, des études de cas) et faciles à trouver [Boyer, 2011].

Les auteurs dans [Bethard et al., 2009, Wetzler et al., 2013, Wetzler et al., 2013] ont apporté une contribution importante permettant de caractériser automatiquement la qualité d'une ressource numérique en utilisant des techniques de *machine learning* et des *métriques de qualité* définies par des experts du domaine. D'autres propositions ont permis de développer des moteurs de recherche de ressources pédagogiques. Ces propositions qui sont consignées dans le tableau 1.2 ne tiennent pas compte de l'activité de l'utilisateur et très peu du profil de ce dernier. Nous avons mis en œuvre des mécanismes permettant d'assister un utilisateur dans la sélection de la ressource pertinente en fonction de son contexte et de son profil.

1.5.3 Modélisation et utilisation adaptative de ressources numériques

La dernière problématique sous-tendue par la thèse concerne l'usage d'une ressource numérique dans un environnement personnalisé. **Comment un utilisateur peut-il améliorer son expérience d'utilisation (UX) d'une ressource numérique ?**

La résolution de ce problème permet au système d'offrir tous les éléments nécessaires à l'usage de la ressource numérique afin que cette dernière soit la mieux adaptée à l'utilisateur, sans nécessairement modifier la ressource, mais sa présentation ou sa modalité d'utilisation.

Exemple : ressources numériques adaptatives

Supposons un livre numérique (L) contenant 100 pages et deux utilisateurs U1 et U2 ayant des niveaux d'apprentissage (N) différents. Soit $C(n)$ la possibilité de compréhensions de n pages du livre (L). Un exemple classique d'usage adaptatif de la ressource L peut être : $U(N1) = C(L(p\ : 1-50))$ avec $p = 100$ $U(N = 2) = C(L(p\ : 50-100))$ avec $p = 100$, signifie que les pages 1 à 50 soient les pages adaptées à l'utilisateur 1, donc le système devrait activer seulement les pages 1 à 50 pour $U(N1)$ et les pages 50 à 100 pour $U(N2)$.

Les travaux existants sur cette problématique dans le domaine des ressources pédagogiques concernent la caractérisation et la conception des ressources numériques. Le tableau 1.3 présente les différentes orientations conceptuelles existantes.

Pour la caractérisation d'une ressource numérique, l'expérience dans le monde de l'éducation (EIAH) représente une belle opportunité. Dans ce domaine, chaque objet *(asset)* est transformé en objet d'apprentissage *(Learning Object)* par ses concepteurs. Cette transformation permet de mieux décrire cet objet pour faciliter son intégration dans un environnement d'apprentissage afin de l'adapter aux besoins des utilisateurs [Pernin, 2003].

Dans ce contexte, la transformation répond principalement à trois (03) problèmes :

- **indexation :** l'indexation permet de faciliter la recherche dans les bases de données. Les principales normes et standards de méta-données d'indexation sont le Dublin-core [Dublin Core, 2012] et le LOM [De La Passardière and Jarraud, 2005] ;
- **interopérabilité :** l'interopérabilité permet de faciliter le partage entre plusieurs plates-formes. Le SCORM [Fage, 2005] et le EDUPUB [Vento, 2013] sont des standards du domaine ;
- **réutilisation :** la réutilisation permet à plusieurs utilisateurs d'utiliser une ressource numérique avec la liberté qu'ils puissent l'adapter à leurs besoins d'usages ou à leurs contextes. L'initiative des OER [Beaumont and By-nc, 2008] est un exemple de ce modèle.

Dans le tableau 1.3, le modèle SCORM propose un faible niveau d'adaptabilité fondé sur la personnalisation de la ressource numérique en fonction des objectifs définis par le concepteur. Les travaux de [Rey-López et al., 2009a] proposent une extension du modèle de séquençage et de navigation du SCORM pour assurer plus d'adaptabilité.

IEEE-LOM[1] & Dublin-core[2]	**SCORM[3]**	**EDUPUB[4]**	**OER[5]**	**ALO[6]**
Indexation, Accessibilité	Interopérabilité	Interopérabilité, Interactivité	Réutilisabilité et Partage	Adaptabilité, Interactivité

1 : LOM [De La Passardière and Jarraud, 2005] : IEEE Learning Object Metadata ;
2 : Dublin-core [Dublin Core, 2012] ;
3 : SCORM : Sharable Content Object Reference Model [Fage, 2005] ;
4 : EDUPUB : EDUcation PUBlication [Vento, 2013] ;
5 : OER : Open Education Resource [Beaumont and By-nc, 2008] ;
6 : ALO : Adaptive Learning Object [García-Valdez et al., 2004].

Tableau 1.3 – Modèles de ressources numériques

Cependant, le modèle SCORM est difficile à mettre en œuvre dans les environnements d'apprentissage. Pour cela, les auteurs dans [Costagliola et al., 2006] proposent d'externaliser le moteur d'exécution du SCORM. Mais cette externalisation pose des problèmes au niveau de la gestion du contexte pour assurer l'adaptabilité. Les travaux de [García-Valdez et al., 2004] proposent un modèle de ressources d'apprentissage adaptatives grâce à des règles de présentation, de navigation et d'évaluation ainsi que le modèle du domaine de connaissances.

Notre proposition s'inscrit dans la dernière colonne du tableau 1.3 et dont l'objectif est d'assurer un meilleur usage des ressources numériques fondé sur le profil de l'utilisateur (préférence, interactivité, compétence, historique, *etc.*) et les caractéristiques de son activité.

1.6 Plan de la thèse

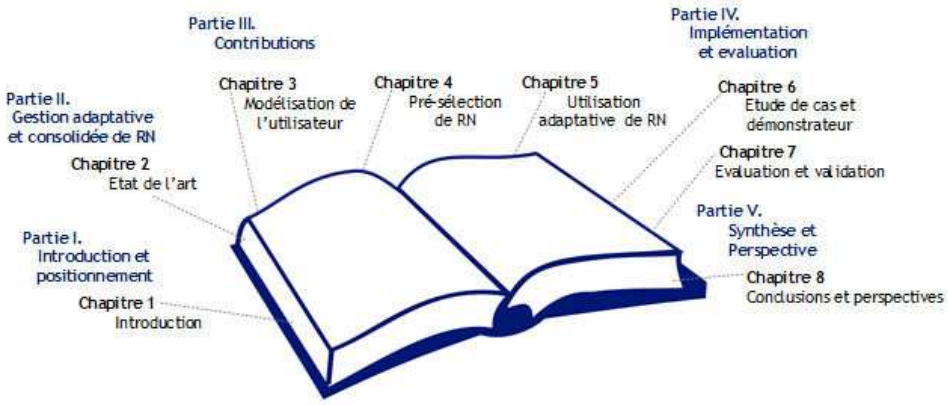


Figure 1.7 – Plan du manuscrit

Ce manuscrit de thèse est organisé en cinq (05) parties comme présentées dans la figure 1.7.

La **première partie** contient le **chapitre I** qui propose une introduction générale des travaux réalisés dans cette thèse. Le contexte scientifique, le contexte général et le contexte spécifique de la thèse y sont présentés ainsi que les problématiques et les motivations qui ont conduit à la réalisation de ces travaux. Un premier niveau de positionnement scientifique des travaux de la thèse y est également présenté.

Dans la **deuxième partie**, le chapitre II est consacré à la justification des éléments qui ont conduit à nos propositions. Ce chapitre présente une analyse de l'état de l'art des problématiques scientifiques de la thèse, une analyse des applications et des approches existantes pour la conception d'applications en lien avec la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques.

Cette analyse a permis d'identifier les éléments manquants et les verrous à lever pour satisfaire les besoins et les critères de notre cahier des charges. Ces besoins et critères ont été présentés dans la première section de ce chapitre.

Toujours dans ce même chapitre, nous identifions que les éléments manquants concernent premièrement la modélisation des interactions d'un utilisateur, le peuplement et la mise à jour automatique des informations du profil des utilisateurs. Ensuite, l'analyse bibliographique a montré que la prise en compte du contexte de l'activité de l'utilisateur et de ses caractéristiques

dans les algorithmes de sélection de ressources numériques pertinentes pour la réalisation d'une activité constitue encore un verrou.

Enfin, adapter chaque ressource numérique sélectionnée aux caractéristiques de l'utilisateur et aux caractéristiques de l'activité est un verrou dont il était nécessaire de traiter.

La **troisième partie** contient trois chapitres. Le **chapitre III** présente notre première contribution. Comme nous l'avons mentionnée précédemment, l'analyse de l'état de l'art a montré que la modélisation des interactions d'un utilisateur, le peuplement et la mise à jour automatique des informations du profil des utilisateurs est un élément manquant. Il rend difficile la capture des caractéristiques des utilisateurs dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Ainsi dans cette contribution, le verrou que nous avons identifié concerne la modélisation des interactions et la gestion automatique du profil de l'utilisateur. L'approche adoptée pour lever ce verrou, s'inspire du modèle IMS-LIP [vii]. Nous avons proposé d'étendre ce modèle en intégrant une nouvelle catégorie appelée « **interaction** ».

Cette nouvelle catégorie permet de capturer les données relatives aux caractéristiques d'interaction de chaque utilisateur. Ensuite, nous proposons d'utiliser les traces laissées par les utilisateurs dans le système pour compléter et mettre à jour les profils des utilisateurs. Et le résultat que nous avons présenté est un **modèle** qui permet de capturer les données qui caractérisent les utilisateurs dans l'environnement. Nous avons proposé des **mécanismes** pour compléter et mettre à jour automatiquement ces données à base des traces produites par les utilisateurs dans l'environnement. Ce résultat permet au système d'avoir une représentation cohérente de l'utilisateur et de maintenir ses informations. Grâce à ce profil, le système peut adapter ses mécanismes pour chaque utilisateur.

Dans le **chapitre IV**, l'analyse de la littérature a montré que pré-sélectionner des ressources numériques pertinentes en fonction du profil de l'utilisateur, des caractéristiques de la situation et des données du réseau social est un élément manquant. Pour cela, la réponse au verrou que nous avons identifié consiste à proposer des algorithmes et des mécanismes de représentation des résultats qui permettent de pré-sélectionner des ressources numériques pertinentes en fonction du profil de l'utilisateur, des caractéristiques de la situation et des données du réseau social.

Puisque, La pertinence n'est pas seulement la correspondance des mots-clés avec les champs de méta-données, mais également la valeur de cette ressource pour les besoins d'usage de l'utilisateur et en fonction de son contexte, l'approche que nous avons adoptée consiste à identifier l'utilisateur à travers son profil.

Ensuite, nous avons déterminé qu'il existait plusieurs niveaux de pertinence :

1. la pertinence du **contenu de la ressource :** elle est déterminée par des experts du domaine ainsi que par des règles de qualité pédagogique ;
2. la pertinence en fonction du **profil de l'utilisateur :** elle consiste à déterminer si la ressource correspond au profil de l'utilisateur, en fonction de son besoin d'information et de ses préférences ;
3. la pertinence par rapport à l'**activité de l'utilisateur :** elle consiste à vérifier si la ressource est pertinente pour l'activité de l'utilisateur (Le format est-il adapté pour l'activité ? La ressource permettra-t-elle d'atteindre l'objectif de l'activité ? *etc.*) ;
4. le quatrième niveau est une combinaison des deux précédents. Il s'agit de vérifier si la ressource correspond au profil de l'utilisateur **ET** si elle est adaptée pour l'activité de l'utilisateur. C'est ce que nous appelons **la pertinence en temps réel** ;

vii. IMS Learner Information Packaging - http ://www.imsglobal.org/profiles/lipinfo01.html

5. la pertinence **post-usage :** elle permet à l'utilisateur d'évaluer son niveau de satisfaction vis-à-vis de la ressource numérique utilisée. Elle permet d'améliorer le système grâce aux traces d'évaluation.

Nous avons utilisé les méthodes existantes en recherche d'information (RI). Notamment l'approche MRPE *(Multi-criteria Rating-based Preference Elicitation)* [Adomavicius et al., 2011] pour la pondération des critères et l'approche TF-IDF [Wu et al., 2008] que nous avons adaptée à notre modèle pour calculer la pertinence d'une ressource numérique. Pour améliorer les résultats, nous associons les traces d'usage et les données du réseau social.

Le résultat s'exprime en forme d'**algorithmes** de pré-sélection et des **mécanismes de représentation adaptatifs** des résultats des ressources numériques candidates. Ces algorithmes prennent en compte les caractéristiques de l'utilisateur, les caractéristiques de sa situation et la qualité intrinsèque et sociale des ressources numériques. Grâce à ce résultat, chaque utilisateur d'un environnement numérique peut sélectionner la ou les ressources numériques pertinentes pour la réalisation de son activité. À la différence des propositions existantes dans le domaine, notre algorithme prend en compte les caractéristiques de l'activité, le profil de l'utilisateur, les caractéristiques des ressources numériques et les traces laissées par les autres utilisateurs.

Le **chapitre V** est consacré à l'adaptabilité des ressources numériques sélectionnées avec les algorithmes que nous avons proposés au **chapitre IV**. Dans ce chapitre, l'état de l'art a montré que la modélisation d'une ressource numérique adaptative n'est pas bien établie. Nous proposons un modèle de ressources numériques adaptatives plus autonome avec des mécanismes lui permettant de communiquer avec d'autres services (internes ou externes) et d'autres ressources numériques. Ce modèle a la capacité de modifier sa configuration en fonction des caractéristiques de l'utilisateur et des caractéristiques de son activité.

Pour lever ce verrou, l'approche que nous avons adoptée consiste à définir les ressources numériques comme un objet selon le concept orienté objet. D'après ce concept, un objet doit avoir une structure interne, hériter d'autres objets et avoir des comportements différents (polymorphisme).

Et le résultat que nous présentons est un modèle de ressources numériques adaptatives avec des mécanismes pour l'utilisation adaptative de ces ressources numériques. Avant qu'une ressource numérique puisse s'adapter, il faut que sa structure le permette. C'est dans ce sens que nous avons proposé un modèle de ressources numériques adaptatives qui permet d'exécuter les mécanismes et les services qu'elle définit. Ce résultat permet à un système d'offrir à chaque utilisateur la *« meilleure »* configuration de ressources numériques qui lui permettra d'atteindre au mieux ses objectifs dans une situation.

La **quatrième partie** contient deux chapitres. Elle concerne la mise en œuvre et l'évaluation des propositions présentées dans la partie précédente. Le **chapitre VI** présente l'étude de cas et le démonstrateur qui mettent en évidence les problèmes mentionnés dans le **chapitre I**. L'étude de cas concerne principalement la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques liées au domaine de la recherche scientifique. Pour cela, nous avons choisi une étude de cas qui caractérise bien ce problème. Il s'agit du chercheur dans le domaine scientifique qui a accès à plusieurs documents (articles scientifiques, rapport scientifique, présentation, *etc.*), qu'il doit organiser afin de les utiliser dans son processus de production de nouvelles connaissances.

Cette étude de cas vise à montrer qu'un système d'information doit permettre à ses utilisateurs de bien organiser leurs ressources numériques et pouvoir sélectionner les meilleures ressources en fonction de son contexte, de son besoin d'usage et de ses caractéristiques.

La validation se fait à travers un prototype logiciel dédié aux chercheurs et qui leur permet de bien organiser leurs ressources, de sélectionner la ou les meilleure(s) ressource(s) dans une situation et de les utiliser de manière adaptative. Nous montrons à travers ce prototype que :

- le modèle de l'utilisateur permet de capturer ses caractéristiques et de mettre à jour automatiquement ses données ;
- le modèle de ressources numériques proposé est pertinent pour une bonne organisation, une meilleure sélection et une utilisation adaptative ;
- le système est capable de sélectionner la bonne ressource à son utilisateur en fonction de son contexte, de son profil et des données de la communauté ;
- la ressource sélectionnée est capable de s'adapter au profil et au contexte de son utilisateur.

Ce chapitre présente aussi la mise en œuvre de l'étude de cas à travers un prototype logiciel appelé **PRISE**.

Le **chapitre VII** présente l'évaluation de ce prototype logiciel. Une expérimentation a été réalisée sur une population de chercheurs qui ont utilisé l'application (PRISE[viii]) dans le cadre de leurs travaux de recherche. Après quatre semaines environ, nous avons évalué la satisfaction des utilisateurs à travers un sondage. L'objectif de cette expérimentation consistait à avoir les avis de vrais utilisateurs et à évaluer l'impact des résultats du prototype sur leur travail.

À travers ce prototype qui nous a permis d'évaluer et de valider nos contributions, nous avons proposé un modèle d'**architecture logicielle** pour la conception d'une plate-forme de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques.

Dans la **cinquième et dernière partie**, le **chapitre VIII** présente un bilan des travaux réalisés dans cette thèse et les perspectives engendrées par ces travaux.

viii. `http://prise.univ-lr.fr`

Partie II

Etat de l'art : gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

2

Etat de l'art : gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

Le présent chapitre fait un état de l'art et donne un positionnement aux problématiques associées à la conception d'un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Il est orienté vers trois principes clés de nos besoins : la modélisation de l'utilisateur et des ressources numériques ainsi que leurs mécanismes de pré-sélection et d'utilisation adaptative.

Sommaire

2.1 Analyse de l'état de l'art : critères et contraintes 22
2.1.1 Critères pour la modélisation du profil de l'utilisateur 22
2.1.2 Critères pour la pré-sélection pertinente de ressources numériques 24
2.1.3 Critères pour l'utilisation adaptative des ressources numériques 24
2.2 Approche de l'état de l'art 25
2.3 État de l'art : gestion adaptative de ressources numériques 27
2.3.1 Conception de ressources numériques : définitions et concepts 27
2.3.2 Processus de conception de ressources numériques 31
2.3.3 Gestion des ressources numériques : propriéte 33
2.3.4 Utilisation de ressources numériques 34
2.3.5 Gestion adaptative : modèles, approches et techniques 37
2.3.6 Mécanisme d'adaptation : types d'adaptabilités 38
2.3.7 Mécanisme d'adaptation des ressources d'apprentissage 39
2.3.8 Mécanismes d'adaptation : plasticité 39
2.3.9 Synthèse et discussion 41
2.4 Etat de l'art : modélisation de l'utilisateur 44
2.4.1 Modélisation de l'utilisateur : définitions et concepts 45
2.4.2 Modélisation de l'utilisateur : les composants généraux du profil 47
2.4.3 Composants spécifiques à la gestion des ressources numériques 50
2.4.4 Approches et méthodes de modélisation des caractéristiques 51
2.4.5 Techniques et standards de représentation des caractéristiques 53
2.4.6 Synthèse et discussion 58
2.5 Etat de l'art : pré-sélection de ressources numériques 64
2.5.1 Contexte et concepts 64
2.5.2 Approches et techniques 66
2.5.3 Pré-sélection pertinente de ressources numériques : applications 67
2.5.4 Synthèse et discussion 72
2.6 État de l'art : environnements numériques de gestion 76
2.6.1 Contexte et objectifs 76
2.6.2 Analyse et synthèse 85
2.7 Conclusion 86

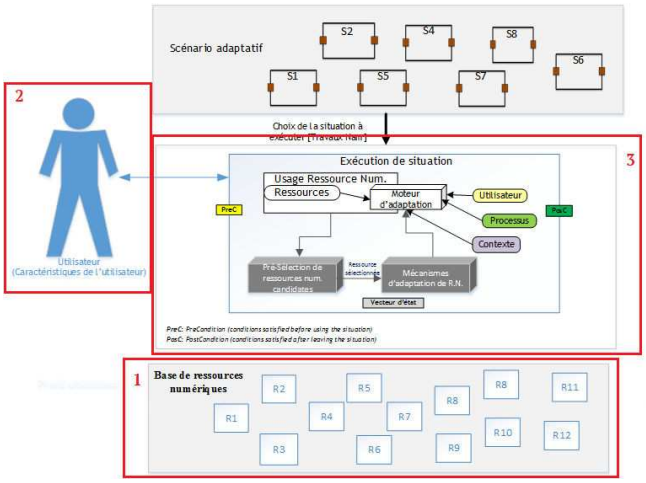


Figure 2.1 – Composants pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

2.1 Analyse de l'état de l'art : critères et contraintes

Pour introduire l'état de l'art, il est nécessaire de préciser clairement les critères qui ont orienté cette analyse de la littérature. Cette section présente le positionnement et les critères nécessaires à l'obtention des résultats.

Pour concevoir une application de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques, il est nécessaire de respecter plusieurs critères. Ces critères sont liés aux problèmes mentionnés dans le chapitre d'introduction. Ils constituent les composants nécessaires à la conception d'une telle application. Il s'agit d'abord de la modélisation des données caractérisant les profils des utilisateurs et les méthodes pour la gestion de ce profil, ensuite des méthodes et techniques pour la pré-sélection pertinente des ressources numériques, enfin de la modélisation et la gestion adaptative des ressources numériques.

La figure 2.1 présente les différents composants. Dans cette figure nous avons principalement trois 03 composants :

- **gestion des utilisateurs :** ce composant permet de représenter les informations qui caractérisent chaque utilisateur de l'application ;
- **gestion des situations :** ce composant contient les informations liées à l'exécution de chaque situation (les utilisateurs impliqués, les objectifs de la situation, les pré-conditions et post-conditions, *etc.*) ;
- **gestion des ressources numériques :** ce composant contient les informations sur les ressources disponibles dans l'application.

Pour chaque composant de cette figure, il existe des critères que la solution apportée devra respecter.

2.1.1 Critères pour la modélisation du profil de l'utilisateur

Le tableau 2.1 présente les critères concernant le premier problème sur la modélisation de l'utilisateur et la gestion des données du profil de ce dernier. Le profil de l'utilisateur d'une

Composant d'assistance à l'utilisateur	**Caractéristique pour agir sur ce composant**	**Critères**
Gestion des utilisateurs et de ses collaborations	Caractéristiques pour représenter l'utilisateur et les critères pour construire une communauté de confiance [Nepal et al., 2012], de partage, d'évaluation et de recommandation de ressources numériques.	1. préférences et intérêts ; 2. interaction ; 3. compétences et connaissances ; 4. buts et objectifs ; 5. contexte et activités ; 6. mise à jour automatique des données du profil.

Tableau 2.1 – Critères pour la modélisation des données du profil de l'utilisateur

application de gestion de ressources numériques doit nécessairement caractériser les préférences et les intérêts de cet utilisateur. Il doit également caractériser le profil d'interaction de cet utilisateur, ses compétences et ses connaissances (savoir-faire), ses buts, ses objectifs et ses activités.

Il ne suffit pas de proposer un modèle permettant de caractériser les utilisateurs, mais le système doit être capable de maintenir ces données à jour et éventuellement les compléter automatiquement durant l'exécution de chaque activité et tout au long de la vie du système. L'état de l'art sera analysé en vérifiant si les solutions existantes respectent ces critères.

Les critères que nous voulons respecter sont :

— **préférences et intérêts :** le système doit être capable de représenter ce que l'utilisateur aime ainsi que ses habitudes. Par exemple, quel est le format préféré de ressources de l'utilisateur ou quel est son domaine d'activité ?
— **interaction :** il s'agit des données qui caractérisent la manière dont l'utilisateur utilise les ressources numériques. Par exemple, quel est son type d'interaction ou son niveau d'interactivité (actif ou passif) ;
— **compétences et connaissances :** le système doit être capable de représenter les compétences (ce que l'utilisateur sait faire) et les connaissances (les acquis de l'utilisateur) ;
— **buts et objectifs :** le système doit être capable de représenter les aspirations et les objectifs de chaque utilisateur ;
— **contexte et activités :** le système doit être capable de représenter l'état actuel de l'utilisateur ainsi que ses activités dans l'application ;
— **mise à jour automatique des données du profil :** le système doit assurer une mise à jour des données du profil de chaque utilisateur.

En plus de ces critères, le modèle utilisateur doit être compatible et capable de s'adapter à la majorité des systèmes de gestion de ressources numériques, quel que soit le domaine. Il doit également être interopérable et facile à partager avec d'autres environnements.

Composant d'assistance à l'utilisateur	Caractéristique pour agir sur ce composant	Critères
Pré-sélection de ressources numériques	Caractériser une ressource numérique pour une meilleure sélection et adaptation en fonction du profil de l'utilisateur et des caractéristiques de la situation dans l'application	1. profil de l'utilisateur ; 2. qualité intrinsèque et sociale de la ressource numérique ; 3. caractéristiques de la situation ; 4. représentation adaptative des ressources numériques.

Tableau 2.2 – Critères pour la sélection pertinente de ressources numériques dans une situation

2.1.2 Critères pour la pré-sélection pertinente de ressources numériques

Le tableau 2.2 présente les critères concernant le deuxième problème : la pré-sélection pertinente de ressources numériques dans une situation. Pour permettre à l'utilisateur d'utiliser des ressources numériques qui sont adaptées à la situation dans laquelle il se trouve, le moteur de sélection doit tenir compte des caractéristiques de cet utilisateur (ses préférences, son profil d'interaction, *etc.*). Il doit aussi prendre en compte les caractéristiques de son activité, les données de sa communauté (les données d'évaluation ou les traces) et la qualité intrinsèque de la ressource numérique.

Lorsque le système pré-sélectionne des ressources numériques pour un utilisateur, il doit également lui fournir les moyens et les outils nécessaires pour lui permettre de mieux interpréter ces résultat afin de réaliser l'opération de sélection finale. Pour cela, le système doit représenter de manière adaptative les résultats de la recherche. Enfin, les critères que nous souhaitons respecter concerne :

- **profil de l'utilisateur :** les mécanismes de pré-sélection doivent prendre en compte les caractéristiques de l'utilisateur. Ils doivent vérifier que la ressource correspond au niveau d'expertise de l'utilisateur ou que la langue de la ressource est adaptée à l'utilisateur ?
- **qualité intrinsèque et sociale de la ressource numérique :** les mécanismes de pré-sélection doivent tenir compte de l'évaluation de la pertinence de la ressource par le réseau social et/ou par son concepteur ;
- **représentation adaptative des ressources numériques :** les mécanismes de pré-sélection doivent permettre à l'utilisateur d'interpréter facilement les résultats à travers plusieurs modèles de représentation.

2.1.3 Critères pour l'utilisation adaptative des ressources numériques

Pour permettre à un utilisateur d'utiliser une ressource numérique après avoir réalisé la sélection, l'application doit offrir des mécanismes de configuration de ses ressources numériques dans une situation. Cette configuration doit être automatique et permettre de modifier le comportement

Composant d'assistance à l'utilisateur	Caractéristiques pour agir sur ce composant	Critères
Utilisation adaptative de ressources numériques	Caractériser l'adaptation des ressources numériques à travers des règles, des opérations et des services tiers d'usage ainsi que les processus d'interaction de l'utilisateur pour adapter l'usage des ressources.	1. adapter au profil et au contexte de l'utilisateur ; 2. pertinence et cohérence dans la situation ; 3. fonction d'appel de service.

Tableau 2.3 – Critères pour la gestion adaptative de ressources numériques dans une situation

ou la présentation des ressources numériques pour qu'elles soient en adéquation avec les caractéristiques de l'utilisateur et les caractéristiques de la situation. C'est le troisième problème de notre travail.

Le tableau 2.3 présente les critères concernant ce dernier problème qui est en rapport avec la modélisation et la gestion adaptative de ressources numériques dans une situation. Pour permettre au système d'atteindre ses objectifs, les ressources numériques doivent être modélisées en respectant les propriétés d'adaptation de pertinence et de cohérence dans la situation.

Les ressources numériques doivent également intégrer des fonctions permettant de faire appel à des services internes ou externes à l'application. Il s'agit par exemple de permettre à la ressource numérique de faire appel à un service de traduction permettant à l'utilisateur d'avoir une copie traduite du contenu initial de la ressource numérique dans la langue qu'il maîtrise. Pour cela, les critères que nous souhaitons respecter sont :

— **adapter au profil et au contexte de l'utilisateur :** les mécanismes de pré-sélection doivent prendre en compte les caractéristiques de l'utilisateur. Ils doivent vérifier que la ressource correspond au niveau d'expertise de l'utilisateur ou que la langue de la ressource est adaptée à l'utilisateur ?
— **qualité intrinsèque et sociale de la ressource numérique :** les mécanismes de pré-sélection doivent tenir compte de l'évaluation de la pertinence de la ressource par le réseau social et/ou par son concepteur ;
— **représentation adaptative des ressources numériques :** les mécanismes de pré-sélection doivent permettre à l'utilisateur d'interpréter facilement les résultats à travers plusieurs modèles de représentation des résultats.

La suite de ce chapitre sur l'analyse de l'état de l'art est orientée en fonction des critères choisis en vue de satisfaire le cahier des charges établi dans le but de proposer l'architecture d'une application de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques.

2.2 Approche de l'état de l'art

Comme introduit précédemment dans le chapitre 1, le contexte actuel créé par la production massive et hétérogène de contenus numériques nécessite une attention particulière dans la

conception des systèmes de gestion de ressources numériques. En effet, les systèmes de gestion de ressources numériques doivent pouvoir s'adapter à cette nouvelle contrainte. Ils doivent offrir des mécanismes adaptatifs de gestion consolidée des ressources de l'utilisateur.

Notre objectif dans l'analyse de l'état de l'art consiste donc à identifier les approches, les techniques et solutions existantes pour réaliser un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Il vise à montrer en quoi les solutions existantes ne permettent pas de répondre aux questions posées dans le chapitre 1. Le tableau 2.4 présente les différents composants des critères définis.

L'analyse de l'état de l'art se déroulera en deux étapes. Une première étape consiste à identifier les approches et techniques existantes dans le domaine des trois composants que nous avons définis comme suit :

- **modélisation de l'utilisateur :** quelles sont les approches et les techniques permettant de modéliser un utilisateur dans un système de gestion consolidée de ressources numériques ? L'utilisateur est l'acteur principal du système. Le système doit l'assister dans la gestion adaptative et consolidée de ses ressources numériques. Pour cela, il est nécessaire qu'il soit bien caractérisé dans le système. Cette caractérisation consiste à identifier ses préférences, ses objectifs, ses intérêts, ses compétences et surtout son modèle d'interaction, *etc.* ;
- **pré-sélection de ressources numériques :** quelles sont les approches et les techniques permettant d'assister l'utilisateur dans la sélection pertinente de ressources numériques en tenant compte de leurs caractéristiques et du contexte de l'activité en cours ?
- **modélisation et utilisation adaptative de ressources numériques :** quelles sont les approches et les techniques permettant de représenter, d'organiser, d'utiliser des ressources numériques dans un système adaptatif de gestion consolidée de ressources numériques afin qu'elles puissent être utilisées de manière adaptatives ?

La deuxième étape consiste à analyser les applications destinées aux utilisateurs dans le domaine de la gestion des ressources numériques afin de vérifier si elles répondent à nos objectifs ou non et sinon quels en sont les éléments manquants ?

Composant d'assistance à l'utilisateur	**Caractéristique pour agir sur ce composant**
Gestion des utilisateurs et de ses collaborations	Caractéristiques pour représenter l'utilisateur et critère pour construire une communauté de confiance [Nepal et al., 2012], de partage, d'évaluation et de recommandation de ressources numériques.
Gestion des ressources numériques	Caractériser une ressource numérique pour une meilleure sélection et adaptation en fonction du profil de l'utilisateur et des caractéristiques de la situation dans une application.
Gestion des processus	Caractériser l'adaptation des ressources numériques à travers des règles, des opérations et des services tiers d'usage ainsi que les processus d'interaction de l'utilisateur pour adapter l'usage des ressources.

Tableau 2.4 – Composants d'assistance à la Gestion Adaptative et Consolidée de ressources numériques

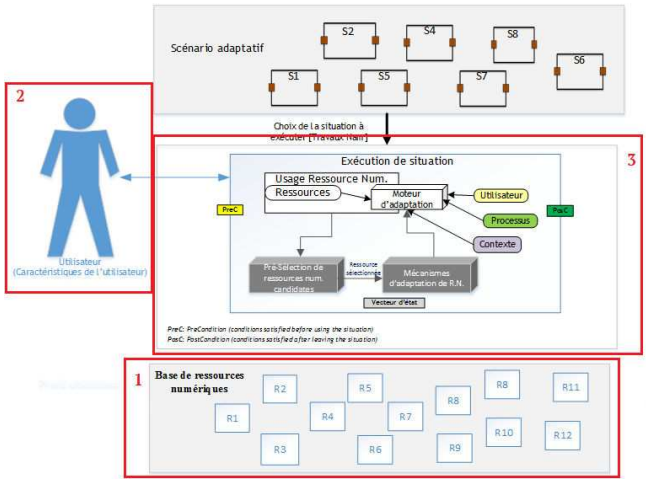


Figure 2.2 – Composants pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

2.3 État de l'art : gestion adaptative de ressources numériques

Dans cette section, nous présentons les différents concepts liés à la modélisation des ressources numériques. Nous commençons par une présentation des concepts et définitions. Ensuite, nous caractérisons les critères pour la conception et l'usage de ressources numériques dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Enfin, nous réalisons une analyse de la littérature en fonction de ces critères. Et si nous reprenons le schéma de la figure 2.2, cette section concerne **l'encadré 1** : la gestion adaptative des ressources numériques.

2.3.1 Conception de ressources numériques : définitions et concepts

Il est important de caractériser le terme **ressource numérique** pour déterminer les processus de gestion et d'usage sous-jacents. Le concept de ressource a évolué durant l'histoire du Web, depuis la notion primitive de document ou fichier informatique statique et adressable, vers une définition plus générale et abstraite. Cette définition recouvre maintenant toutes choses ou entités susceptibles d'être **identifiées, nommées, manipulées** à travers ses représentations, par quelque moyen que ce soit, sur le Web en général ou dans n'importe quel système d'information utilisant les technologies du Web [Wikipédia, 2013].

La définition même de ce qu'est une ressource a longtemps été, et reste l'objet de nombreux débats touchant à des questions difficiles, de nature technique, linguistique, sociale ou philosophique. Dans les premiers documents de spécification du Web (1990-1994), le terme ressource n'est guère utilisé. Le Web est défini comme un réseau d'objets adressables plus ou moins statiques, des fichiers ou documents électroniques, reliés par des liens hypertexte et manipulés par des protocoles spécifiques comme *HTTP* ou *FTP*. Le premier usage systématique du mot ressource apparaît en juin 1993 dans le document RFC-1630 [Berners-Lee, 1994]. Ce document définit la notion générale *Universal Resource Identifier (URI)*, et ses deux variantes *Universal Resource Locator (URL)* et *Universal Resource Name (URN)*.

Une ressource est implicitement définie comme *« quelque chose qui peut être identifiée »*, l'identification ayant deux aspects : le nommage et l'adressage. Il est remarquable que *RFC-1630* ne contienne aucune définition de la notion de ressource elle-même. En fait, le terme n'est guère employé en dehors de ses occurrences dans les acronymes URI, URL et URN, le document continuant comme ses prédécesseurs, de parler des *« Objets du Réseau »*.

En décembre 1994, RFC 1738 [Casey and Krishnan, 1994] spécifie davantage la définition des URL, le terme *« Universal »* étant modifié en *« Uniform »*. Ce document utilise plus systématiquement le mot ressource pour désigner les objets « disponibles » (available), ou qui peuvent être « localisés et atteints » à travers le réseau. Là encore, le mot lui-même n'est pas explicitement défini.

La première définition explicite du terme ressource dans son sens le plus général est donnée par RFC-2396 [Berners-Lee et al., 1998], en août 1998 : une ressource peut être toute chose qui possède une identité. Les aspects déclaratifs de la définition d'une ressource numérique (identification et nommage), et ses aspects fonctionnels (adressage et organisation du traitement) n'étaient pas clairement distincts dans les premières spécifications du Web.

Le groupe de travail du CNRS [Pedauque, 2006], les travaux de [Bachimont, 2004] et de Davenport et Prusak [Davenport and Prusak, 1997] permettent de retenir qu'*« un document numérique est un ensemble de données organisées selon une structure stable associée a des réglés de mise en forme permettant une lisibilité partagée entre son concepteur et ses lecteurs »* [Pedauque, 2006]. Et une ressource numérique désigne des informations construites dans une logique de médiation et d'usage (réception), évolutives (susceptibles d'être mises à jour), et éventuellement adaptables (personnalisables). Leur fonction est d'être utile et de rendre des services. Elles fournissent du renseignement (instantané) mais non de la preuve [Lainé-Cruzel, 2004].

Définition : données numériques

Les **données** sont des informations stockées sous forme numérique, considérées indépendamment de tout contexte de production et d'interprétation [Lainé-Cruzel, 2004].

Définition : document numérique

Un document numérique est un ensemble de données organisées selon une structure stable associée à des règles de mise en forme permettant une lisibilité partagée entre son concepteur et ses lecteurs [Pedauque, 2006].

La différence entre un document numérique et une ressource numérique est selon **Sylvie Laine-Cruzel :** une ressource numérique est un objet dont la **logique de conception est entièrement tournée vers l'usage**. Alors qu'un document numérique est un objet dont **la logique de conception est entièrement tournée vers la production** (fournir « une preuve ou un renseignement »).

Définition : ressource numérique selon Sylvie Laine-Cruzel

Une ressource numérique est un objet dont la logique de conception est entièrement tournée vers l'usage. Un document numérique est un objet dont la logique de conception est entièrement tournée vers la production (fournir « une preuve ou un renseignement ») [Lainé-Cruzel, 2004].

Caractéristiques : document numérique vs ressource numérique

Les ressources numériques doivent respecter les caractéristiques suivantes :

- de même que les documents peuvent s'intégrer dans des systèmes de ressources et parfois devenir eux-mêmes ressources, il doit être possible qu'une transformation puisse permettre de produire des documents à partir d'un système de ressources [Lainé-Cruzel, 2004] ;
- le document numérique a une structure que l'auteur peut éventuellement revendiquer comme étant significative. Cette structure peut par exemple avoir une fonction argumentative et rhétorique qui permet à l'auteur d'exprimer des jugements, idées ou prises de position [Michel, 1969]. Le document peut ainsi revendiquer une subjectivité qui se justifie par le fait que le discours produit est situé [Devlin, 1995]. Les idées qui y seront développées pourront être protégées au titre de la propriété intellectuelle et de la protection du droit d'auteur. La ressource revendique l'objectivité : elle doit *« dire le vrai »*, au sens positiviste. Cet objectif de vérité conduit à une politique d'évolution qui peut se faire par agrégation (empilement de nouvelles informations), modifications (corrections et mises à jour) et éventuellement suppressions (des informations périmées). Dans un tel système, les ressources sont fractionnables, et la structure peut être construite à la réception. Leur protection relève essentiellement du droit d'usage (copyright) [Lainé-Cruzel, 2004] ;
- s'il est dans la logique du document, de préserver, de garantir la traçabilité et maintenir la cohérence d'une production, il est dans la logique de la ressource, de garantir l'évolution, la faciliter d'appropriation, et permettre que la cohérence soit définie par l'usage et l'utilisateur (reconstruction) [Lainé-Cruzel, 2004].

Une **connaissance** représente un ensemble de notions et de principes qu'une personne acquiert par l'étude, l'observation ou l'expérience, et qu'elle peut intégrer à ses acquis antérieurs [Interactif, 2003].

La gestion des connaissances *(Knowledge Management)* représente *« un ensemble de modes d'organisation et de technologies visant à créer, collecter, organiser, stocker, diffuser, utiliser et transférer la connaissance. Connaissance matérialisée par des documents internes ou externes, mais aussi sous la forme de capital intellectuel et d'expériences détenues par les collaborateurs ou les experts d'un domaine »* [CIGREF, 2000].

Les définitions proposées permettent de représenter dans le schéma de la figure 2.3 le processus de passage d'une donnée à une ressource numérique et les liens entre ces concepts.

À ce stade, notre travail se limite à la gestion de ressources numériques et non à des connaissances. La gestion de connaissances implique l'intégration d'une dimension sémantique qui demande plus d'expertise en matière de méthodes et de techniques d'analyse et de traitement sémantique.

Nota Bene : connaissance et gestion des connaissances

Ce manuscrit ne traite pas de la gestion des connaissances, ni du processus qui conduit à l'acquisition des connaissances par un utilisateur. À travers nos contributions, nous visons à définir un socle propice aux travaux dans le domaine de la gestion des connaissances.

L'analyse des différentes définitions existantes dans le domaine de la gestion des ressources numériques porte souvent à confusion et souvent manque de clarté. Par exemple, un document numérique est souvent assimilé à un contenu numérique). En fonction des différentes vues du

document numérique, la définition peut changer comme cela a été traité dans [Salaün, 2012]. Pour ces raisons, nous avons choisi d'adopter et de clarifier les définitions que nous utilisons dans ce travail.

D'abord, une donnée numérique est une représentation d'un état du monde considéré indépendamment de tout contexte d'interprétation. Une donnée numérique peut être capturée par des capteurs fournis par un opérateur humain ou logiciel.

Définition : données numériques

Représentation numérique de l'état du monde considérée indépendamment de tout contexte d'interprétation.

Ensuite pour un document numérique, nous adoptons la définition donnée par le groupe de travail **Roger T. Pédauque** [Pedauque, 2006]. Dans cette définition, les données numériques sont structurées en bloc d'information pour être consignées sur un support. Les informations sont dynamiques et sont choisies et interprétées en fonction du contexte de traitements.

Définition : document numérique

Un document numérique est un ensemble de données organisées sur un support selon une structure stable associée à des règles de mise en forme permettant une lisibilité partagée entre son concepteur et ses lecteurs [Pedauque, 2006].

Une ressource numérique est l'organisation d'un ensemble de documents selon une intention d'usage. L'intention de production est à la base du processus qui donne naissance aux documents numériques et l'intention d'usage constitue la base du processus qui donne naissance à une ressource numérique. Cette définition est la plus utilisée surtout dans le domaine de la conception des ressources pédagogiques numériques.

Définition intermédiaire : ressource numérique

Une ressource numérique se définit comme un composant structuré contenant des documents avec une **intention d'usage**.

Si la conception d'une ressource numérique est tournée vers l'usage, elle devrait alors offrir à chaque utilisateur les outils nécessaires à son utilisation ou à sa manipulation dans un système d'information. C'est ce qui nous permet de compléter la première définition par la suivante :

Définition définitive : ressource numérique

Nous définissons une ressource numérique comme un composant structuré contenant des documents avec une **intention d'usage** et **des opérateurs associés** à utiliser en fonction des différents contextes. Elle peut aussi contenir un supplément.

Dans cette définition, l'intention d'usage est celle définie par le concepteur et implicitement exprimée par l'utilisateur. Les opérateurs associés sont les outils qui permettent de manipuler cette ressource et le supplément est un ensemble d'informations supplémentaires associées aux ressources numériques (commentaire, méta-données, fiche d'évaluation, *etc.*).

La figure 2.3 présente le diagramme de classe des concepts. Dans cette figure, un document peut contenir d'autres documents. Par exemple, un document texte peut contenir des images ou des vidéos qui elles-mêmes sont des documents d'un autre type. Cette inclusion peut être

stable ou dynamique (lien vers d'autres documents). C'est ce que nous retrouvons également dans l'architecture du document numérique telle que décrite par les standards de l'*Open Document Architecture (ISO 8613)* ou du *Standard Generalised Mark-up Language (SGML)* (ISO 8879) [Pinon et al., 1997].

Grâce à la clarification des définitions et à la modélisation des concepts, nous pouvons dire qu'il existe une structuration statique (données, documents, ressources) et une structure dynamique (information, contenu). Ces deux niveaux de structuration influenceront le processus de conception et de gestion des ressources numériques. Lequel sera analysé dans la section suivante.

2.3.2 Processus de conception de ressources numériques

La définition des concepts relatifs à la gestion des ressources numériques a permis de construire le processus de conception des ressources numériques. La figure 2.4 présente les étapes pour produire une ressource numérique.

Davenport dans son livre *« Information ecology : Mastering the Information and knowledge Environnement »* [Davenport and Prusak, 1997] traite du processus d'évolution de l'information numérique. Il commence par la donnée numérique comme étant un élément facile à structurer, à capturer par une machine, à transférer vers la formation de l'information numérique. Souvent quantitative, elle constitue l'ensemble des données dotées d'une pertinence et d'un but et

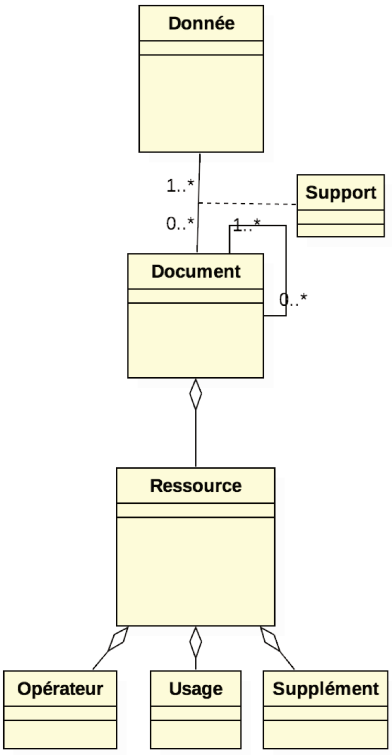


Figure 2.3 – Diagramme de classe : de la donnée numérique à la ressource numérique

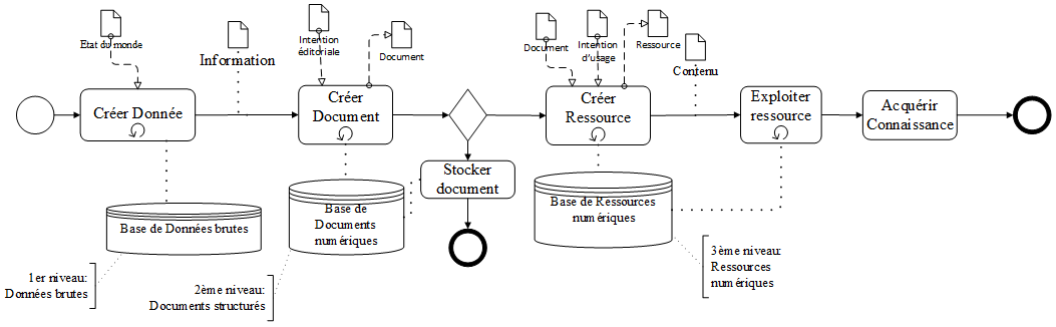


Figure 2.4 – Diagramme BPMN : de la donnée numérique à la ressource numérique

demande une analyse, un consensus sur la signification et une médiation humaine. À cela, nous rajoutons la nécessité du support de stockage qui permet de définir ces informations comme un document.

Grâce aux données structurées en information, il est possible de créer un document numérique qui sera un composant partagé entre son concepteur et son lecteur. C'est ce qui est présenté dans la première étape de la figure 2.4, le passage de la donnée au document. **Davenport** montre que l'ensemble des informations forme des connaissances. Pour lui les connaissances sont des informations de valeur provenant d'un esprit humain qui inclut de la réflexion, de la synthèse et un contexte, il soutient que cette connaissance est difficile à structurer, à capturer par une machine, à transférer et souvent tacite (c'est-à-dire non consignée). En cela **Davenport** rend implicite une étape très importante qui est l'utilisation des documents pour l'acquisition de connaissances.

Dans notre contexte, nous avons besoin d'offrir à chaque utilisateur les moyens nécessaires pour organiser et exploiter les documents disponibles afin de l'assister dans son processus d'acquisition de connaissances. Nous supposons que les besoins des utilisateurs sont souvent différents et que chaque document doit être organisé de manière à satisfaire ce besoin d'usage. Ce sont les étapes de conception et d'exploitation des ressources numériques de la figure 2.4. Toujours dans la figure 2.4, les informations représentent une structure dynamique qui permet le passage d'une donnée numérique à un document numérique. Ces informations sont temporaires et évolutives. Elles peuvent être organisées par un humain (lors de la saisie d'un texte) ou par la machine lors d'un traitement automatique.

Les contenus représentent également une structure dynamique qui permet d'exploiter les documents encapsulés dans les ressources numériques. Le contenu numérique peut désigner dans certains cas, les blocs d'informations dans un document numérique [DGME/SDAE-APROGED, 2009]. Ces contenus peuvent être exploités par un humain ou par une machine. Par exemple, le processus de traduction d'un document numérique consiste à utiliser le contenu de ce document pour le transformer dans une autre langue. L'exploitation des contenus du document doit être contextualisée avec une durée limitée. C'est pourquoi, il est nécessaire que ce processus soit réalisé dans le contexte de l'exploitation des ressources numériques.

2.3.3 Gestion des ressources numériques : propriéte

L'analyse de l'état de l'art dans ce processus de conception des ressources numériques a permis d'élaborer le tableau 2.5. Ce tableau donne les propriétés relatives à un document numérique et une ressource numérique. Parmi ces propriétés, le document doit être stable et permanent contrairement à la ressource numérique qui évolue avec l'intention d'usage. Les trois dernières propriétés du même tableau concernent la gestion adaptative des ressources numériques. Elles permettent une gestion consolidée des ressources numériques dans un environnement numérique.

Au stade actuel du processus, il n'existe pas de caractéristiques qui permettent de vérifier que le modèle de conception garantira que l'utilisation de la ressource sera pertinente ou adaptée aux besoins de chaque utilisateur. Une ressource numérique doit garantir les propriétés de l'encadré ci-dessous. Ces propriétés sont le fruit d'une analyse de la littérature.

Propriétés : ressource numérique

Une ressource numérique peut avoir les propriétés suivantes :

- **granularité :** une ressource numérique élémentaire est une composante d'un système d'information ;
- **autonomie :** chaque ressource numérique peut être utilisée indépendamment des autres ;
- **réutilisabilité :** une ressource numérique élémentaire peut être utilisée à différentes fins, dans différentes applications, dans différents produits, dans différents contextes et par différents modes d'accès ;
- **agrégabilité :** Les ressources numériques élémentaires peuvent être regroupées dans des ensembles ;
- **accessibilité :** chaque ressource numérique est munie d'une description permettant de le retrouver, de l'identifier et d'y accéder facilement (Un ensemble de descripteurs connu sous le nom de IEEE-LOM *(Learning Object Metadata)* permet d'indexer les ressources numériques à usage pédagogiques) ;
- **durabilité :** une ressource numérique doit pouvoir affronter les changements technologiques en minimisant la ré-ingénierie ou le re-développement ;
- **interopérabilité :** une ressource numérique doit pouvoir être utilisée dans des environnements technologiques différents ;
- **contextualisation :** une ressource numérique doit pouvoir être utilisée pour différents besoins.

A ces propriétés peuvent s'ajouter les propriétés optionnelles suivantes :

Propriétés optionnelles : ressource numérique

- **annotabilité :** une ressource numérique peut être accompagnée de notes, de commentaires ou de remarques personnalisées ;
- **sécurité :** une ressource numérique peut être limitée à un accès privé ou public et définir des droits d'accès différents ;
- **protection :** une ressource numérique peut avoir une propriété intellectuelle (droit d'utilisation) ;
- **partageable :** une ressource numérique peut être échangée entre plusieurs utilisateurs ;
- **validable :** une ressource numérique peut avoir une valeur qualité.

Ces propriétés doivent être garanties par le système. Mais dans le contexte de cette étude, nous allons principalement nous intéresser à trois autres propriétés qui sont absentes et non clairement exprimées. Il s'agit de la **pertinence**, de la **contextualisation** et de l'**adaptabilité** des ressources numériques à l'utilisateur et aux caractéristiques de la situation.

Pour une ressource numérique, la fonction d'usage change sa méthode de conception. L'identification et la description de l'usage permettent de transformer un document numérique en une ressource numérique. La description de l'usage constitue l'**intentionnalité** (intention d'usage) que le concepteur prête à ce document. L'usage d'une ressource numérique se réalise dans le contexte d'une activité. Une activité est la mise en situation d'une ressource dans un environnement avec des acteurs ayant des rôles. Une activité est équivalente à une situation dans le contexte de cette thèse.

Dans le contexte de la définition d'un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques, notre objectif consiste à proposer un modèle d'architecture et de mécanismes pour permettre à chaque ressource dans l'environnement à s'adapter aux caractéristiques de chaque utilisateur. Il ne s'agit pas seulement de permettre à l'utilisateur de sélectionner la ou les ressource(s) pertinente(s), mais de lui offrir également la meilleure configuration de ces ressources pour que l'usage soit la plus pertinente possible pour ce dernier. Cette *« meilleure »* configuration des ressources numériques doit lui permettre d'atteindre les objectifs définis dans la situation.

La pertinence, l'adaptabilité et la contextualisation pour une meilleure cohérence dans l'usage de chaque ressource numérique sont les propriétés surveillées et auxquelles chaque ressource doit permettre de satisfaire. **Alors, comment optimiser l'utilisation d'une ressource numérique et comment faire pour que les processus d'usage soient adaptés à chaque utilisateur ?**

2.3.4 Utilisation de ressources numériques

Pour bien utiliser une ressource numérique, il est important que cette ressource puisse s'adapter aux caractéristiques de son utilisateur et aux caractéristiques de la situation dans laquelle il se trouve. A notre avis, l'adaptation de la ressource numérique permettra d'optimiser les traitements et de garantir le respect des propriétés de cette ressource dans la situation.

Propriétés & Caractéristiques	Document numérique	Ressource numérique
Permanence dans le temps	oui	non
Délimitation spatiale	oui	non
Délimitation temporelle	oui	non
Intentionnalité	oui (production)	oui (usage)
Partageable	oui	oui
Identifiable	non	oui
Annotable	non	oui
Agrégable	non	oui
Réutilisabilité	non	oui
Objectivité	non	oui
Subjectivité	oui	non
Stabilité	oui	non
Pertinence	non	non
Contextualisé	non	non
Adaptabilité	non	non

Tableau 2.5 – Comparatif des propriétés entre document numérique et ressource numérique

Exemple : acte de conférence adapté aux mots-clés du chercheur

La plupart du temps, un acte de conférence contient tous les articles publiés par la conférence. Dans une situation de réalisation d'un état de l'art, le système peut adapter cette ressource en présentant uniquement les articles qui contiennent les mots-clés de l'utilisateur.

Dans la figure 2.5, se trouve la synthèse des différents concepts avec les traitements possibles à chaque niveau ainsi que les propriétés surveillées. Il s'agit pour nous d'obtenir un modèle de ressource adaptative qui respecte les propriétés de pertinence, adaptation et contextualisation.

L'avènement du web a apporté plusieurs évolutions et ruptures dans le domaine du numérique. Il a fortement participé à la séparation des termes document numérique et ressource numérique à travers son identité dans les réseaux. Pour utiliser une ressource numérique, il faut d'abord l'identifier. Le processus qui permet d'identifier tout document numérique dans un réseau constitue déjà un processus de transformation du document numérique en ressource numérique.

Les acronymes *(URL (Universal Resource Locator) [Casey and Krishnan, 1994], URI (Uniform Resource Idenfier) [Berners-Lee et al., 1998], URN (Uniform Resource Name))* [Berners-Lee, 1994] en sont la preuve que les éléments identifiés dans un réseau sont des ressources. Cette séparation est d'autant plus évidente dans la logique des réseaux qui consiste à offrir un service à un utilisateur *(consultation, utilisation, validation, réalisation d'opération, etc.)*. Elle modifie ainsi la nature des documents qui **sont appelés à évoluer en fonction de l'utilisateur** changeant ainsi la *logique de production* (document numérique) en *logique de service ou d'usage* (ressource numérique).

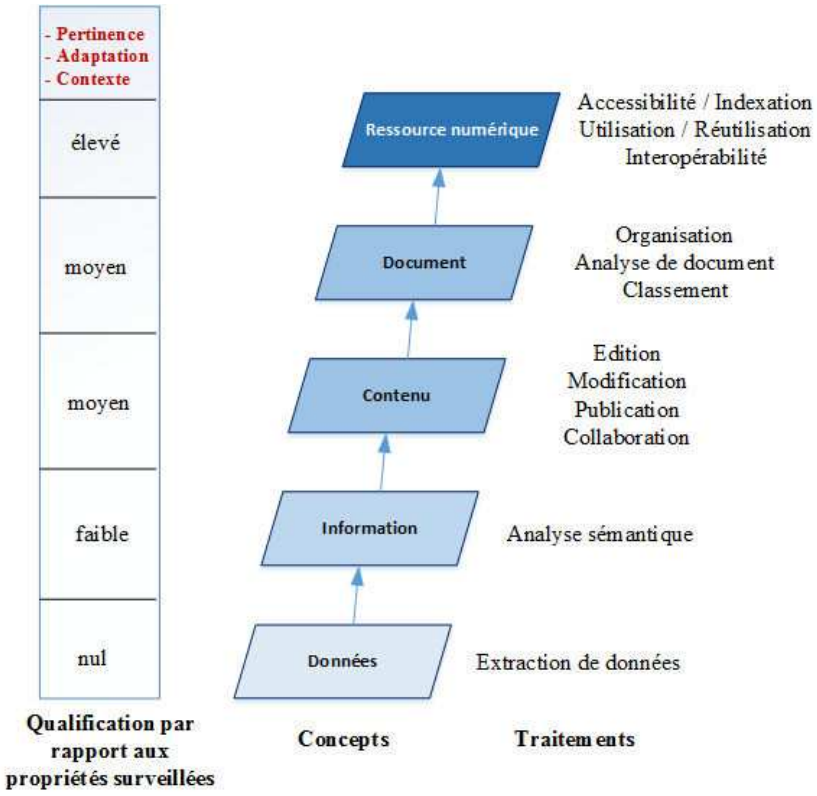
Par exemple, le gestionnaire d'un système d'informations documentaires ou le gestionnaire d'une bibliothèque virtuelle peut, au sein d'un même système gérer des documents (stables) et ressources (évolutives). Mais l'ensemble, c'est-à-dire le système d'information sera conçu dans une logique de service : la logique d'usage y sera plus significative que la logique de production [Lainé-Cruzel, 2004].

Pour mieux s'adapter aux attentes des utilisateurs, les concepteurs du système pourront être ainsi amenés à fragmenter, articuler et réorganiser les contenus, donc à transformer parfois les documents en ressources pour permettre aux utilisateurs d'accéder à des renseignements ou à des connaissances [Lainé-Cruzel, 2004].

En effet, les différentes techniques et méthodes de transformation qui permettent le passage de document numérique en ressource numérique représentent un **modèle d'adaptation des documents à l'utilisateur en fonction de l'usage espéré**. Mais il semble que la nécessité de maintenir l'existence d'objets ayant une identité stable, qui aient valeur de preuve et qui puissent être cités, ne soit pas remise en cause pour autant. Auquel cas, il y aurait coexistence entre deux formes différentes d'informations :

— la forme initiale, liée à un contexte de production, figée et authentifiée, conservée dans un format de type fac-similé, gardant et protégeant le statut du document ;
— la forme dérivée, adoptant un statut de ressource, structurée dans un format tel qu'XML, apte à se manifester dans des formes diverses et adaptées à l'usage, et donc liées à des contextes de réception.

Un système d'information fonctionnant dans une logique de ressources peut incorporer des documents et des ressources [Lainé-Cruzel, 2004]. Les éléments nécessaires à l'adaptabilité des ressources numériques dans l'environnement de l'utilisateur nécessitent des mécanismes automatisés. Cela a pour but de rendre l'usage cohérent et pertinent pour l'utilisateur.



Nul : absence totale ; **Faible** : limité seulement à l'information ; **Moyen** : limité aux données et contexte de production ; **Elevé** : limité au contexte de production et à l'intention d'usage espéré ; **Très élevé** : inclut le contexte réel, les caractéristique de l'utilisateur et qualité de la ressource

Figure 2.5 – Mécanismes de traitement et qualification des propriétés sur les concepts liés aux ressources numériques

2.3.5 Gestion adaptative : modèles, approches et techniques

Composant d'assistance à l'utilisateur	Caractéristiques pour agir sur ce composant
Gestion des ressources numériques	**Caractériser une ressource numérique pour une meilleure sélection et adaptation en fonction du profil de l'utilisateur et des caractéristiques de la situation dans le système**

Tableau 2.6 – Composant d'assistance à la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

Nous rappelons que l'objectif de notre travail est de proposer des modèles d'architecture et des mécanismes pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques dans un système interactif. Dans ce type de système, le modèle de l'utilisateur est un composant primordial du système. Il permet au système d'adapter son fonctionnement aux caractéristiques de chaque utilisateur. Il permet également d'adapter les mécanismes de sélection des ressources numériques pour offrir à chaque utilisateur les ressources numériques pertinentes en fonction de son activité.

Il est nécessaire que cette ressource puisse satisfaire l'usage attendu de l'utilisateur (tout en restant en concordance avec le point de vue de l'auteur). Le tableau 2.6 définit trois composants permettant d'assister un utilisateur dans la gestion consolidée de ses ressources numériques. Parmi ces composants, le deuxième définit notre souhait que chaque utilisateur du système puisse avoir un usage adapté de chaque ressource numérique. Pour cela, chaque ressource doit inclure dans son modèle des mécanismes d'adaptabilité dans l'environnement du système de l'utilisateur afin de satisfaire ses interactions avec la ressource numérique.

Il existe de nombreuses méthodes pour concevoir un système adaptatif qui pourraient être adaptées aux caractéristiques de l'utilisateur, mais il existe peu de travaux sur la conception de ressources numériques adaptatives. Nous avons cependant pu identifier quatre modèles dans la conception des ressources pédagogiques numériques :

1. **le modèle orienté accessibilité et indexation :**
   la première initiative ayant permis d'établir la notion de ressource numérique est le modèle orienté vers l'accessibilité ou l'indexation. Plusieurs travaux de recherche tentent de résoudre le problème de la croissance des contenus numériques provoqué par l'avènement des technologies de l'information et de la communication. Ces travaux ont proposé des méthodes permettant d'identifier des ressources numériques dans un système d'information. Le standard IEEE-LOM fait partie des initiatives adoptées par l'ensemble de la communauté des systèmes d'apprentissage [Barker, 2005]. Et du côté de la communauté des documentalistes, il s'agit du standard DublinCore [Dublin Core, 2012]. Ces standards permettent de proposer des ressources facilement identifiables dans un système d'information par un ensemble de descripteurs appelé métadonnée ;
2. **le modèle orienté interopérabilité et interactivité :**
   le développement des systèmes d'apprentissage, la diversité des ressources numériques et le coût de la production de ces ressources numériques ont entraîné une nouvelle génération de ressources numériques : c'est le modèle orienté interopérabilité et interactivité. Il permet à une ressource numérique d'être utilisée dans plusieurs plates-formes différentes. L'initiative ADL-SCORM représente une grande innovation dans ce domaine, mais, la complexité de sa mise en œuvre lui vaut des critiques et empêche ainsi son usage par les concepteurs de

ressources numériques. L'initiative récente d'EDUPUB représente une autre alternative dans le domaine du livre numérique où la variété des formats et des lecteurs a entraîné cette proposition d'uniformisation. EDUPUB permet de concevoir des livres numériques utilisables par plusieurs systèmes de lecteur de livres numériques ;

3. **le modèle orienté réutilisation et partage :**
   le modèle orienté interopérabilité permet de modifier difficilement une ressource pour l'adapter à un autre contexte d'utilisation. De ce problème est née une autre initiative : les OER *(Open Education Ressource)*. Cette initiative permet de réutiliser une ressource numérique partagée. Elle offre des mécanismes de ré-adaptation et de partage de ressources pédagogiques ;
4. **le modèle orienté adaptabilité :**
   les modèles précédents présentent un niveau insatisfaisant d'adaptation des ressources numériques conçues aux caractéristiques de son utilisateur. Quelques travaux de recherche tentent de proposer des méthodes pour pallier à ce problème. L'objectif consiste à proposer des ressources qui s'adaptent aux besoins et aux caractéristiques de ses utilisateurs.

Exemple : ressources numériques adaptées pour les malvoyants

Supposons un utilisateur ayant un handicap particulier (malvoyant). Une ressource adaptative devrait être capable de se transformer en une version adaptée à ce type d'utilisateur sans une intervention particulière du concepteur. Au lieu de texte, le système pourrait proposer une version vidéo ou un lecture audio de la ressource en faisant appel à des outils connexes.

Parmi les modèles existants dans la littérature, il est important pour la gestion adaptative des ressources de proposer un modèle de ressource numérique avec une structure adaptative. Les travaux existants sur cette structure adaptative sont limités à la navigation et au séquençage à travers des règles définies dans l'environnement. Cette limite rend inexploitable les potentialités offertes pour l'adaptation des ressources. Dans la section suivante, nous verrons les mécanismes d'adaptations existants et leurs avantages et inconvénients.

2.3.6 Mécanisme d'adaptation : types d'adaptabilités

Parfois, il existe beaucoup de significations de l'adaptabilité ou d'une ressource adaptative. L'auteur dans [Nepom, 2013] proposé un certain niveau de définitions comme suit :

Définition : différents types d'adaptabilité [Nepom, 2013]

- **l'adaptabilité différenciée :** décrit le cas où il existe différents parcours que les utilisateurs peuvent suivre dans un environnement d'apprentissage généralement organisé en catégories prédéfinies ;
- **l'adaptabilité personnalisée :** décrit le cas où il existe un parcours différent pour chaque élève. Elle est mise en œuvre dans un procédé fondé sur des règles avec un arbre de décision. Les élèves peuvent passer un test de diagnostic le premier jour pour définir la trajectoire et le profil de chaque élève ;
- **la vraie adaptabilitée :** est axée sur les données et prend continuellement les données des utilisateurs et adapte leur parcours d'apprentissage en **« le modifiant et en l'améliorant au fil du temps ».**

Dans notre contexte, nous considérons la dernière proposition (vraie adaptabilité) qui est la véritable façon de changer le comportement de chaque ressource numérique dans l'environnement de chaque utilisateur. L'adaptation des ressources numériques est assurée par des mécanismes permettant de modifier leur structure.

2.3.7 Mécanisme d'adaptation des ressources d'apprentissage

Le modèle de séquençage et de navigation utilisé dans SCORM *(Sharable Content Object Reference Model)* [Learning, 2009, ADL, 2009] fait partie des propositions pionnières permettant d'ajouter des effets d'adaptation dans la conception des ressources numériques. Ce modèle étant très basique et difficile à mettre en œuvre, les auteurs dans [Rey-López et al., 2009b], ont proposé une extension de la norme SCORM pour mieux assurer l'adaptabilité. Cette proposition concerne deux extensions du standard ADL-SCORM qui permettent de créer des cours adaptatifs, avec un ensemble d'options afin de choisir le plus approprié pour l'élève.

Ces extensions offrent de l'adaptation fondée sur un ensemble de paramètres d'adaptation dont les valeurs sont déduites du profil de l'utilisateur. Dans ce modèle, l'adaptation a lieu à deux niveaux différents. L'adaptation au niveau *SCO* permet aux *SCO* de modifier leur comportement en fonction des paramètres d'adaptations déduites du profil de l'utilisateur. Tandis que l'adaptation au niveau de l'activité permet d'établir différentes façons d'atteindre les objectifs de l'activité en fonction des valeurs des paramètres d'adaptations de l'utilisateur qui suit la formation.

Cependant, cette approche n'est supportée que par les applications compatibles avec l'ADL-SCORM et il est difficile de l'intégrer dans les LMS [Costagliola et al., 2006]. Une des principales solutions proposées par les auteurs dans [Costagliola et al., 2006] consiste à externaliser la RTE *(Run-Time Environment)* du modèle *SCORM* afin de réduire son coût d'implémentation par les développeurs. Cette nouvelle proposition engendre des questions de contextualisation des sessions utilisateurs et de stockage des données de l'environnement ainsi que des délais de traitement. Le modèle n'est dont pas adapté pour la mise en place d'une ressource adaptative.

Le modèle ALO *(Adaptive Learning Object)* [García-Valdez et al., 2004] est un modèle hérité des objets d'apprentissage permettant une personnalisation de ces objets. Il définit trois niveaux d'adaptation : adaptation dans la navigation, adaptation dans la présentation du contenu et adaptation dans l'évaluation des éléments du contenu. Ce modèle est fondé sur les objets d'apprentissage et propose de l'adaptation en matière de pertinence grâce à une moteur de règles.

Le standard EDUPUB (standard EPUB pour les systèmes apprentissage) [IMS Global, 2014] [IDPF, 2014] [Vento, 2013] est une autre solution pour la conception des livres numériques interactifs et adaptatifs à l'aide de technologies HTML5, CSS, JavaScript. Les mécanismes d'adaptation de EDUPUB concernent la présentation à travers les différents attributs du CSS.

2.3.8 Mécanismes d'adaptation : plasticité

Le modèle d'adaptation proposé pour les ressources numériques peut être comparé au modèle d'adaptation pour les interfaces homme-machine *User Interface (UI). « En interaction homme-*

*machine, la **plasticité** dénote la capacité d'adaptation d'une Interface Homme-Machine (IHM) à son contexte d'usage dans le respect de ses bonnes propriétés pour l'humain : propriétés fonctionnelles (les bons services) et non-fonctionnelles (une bonne qualité de service).*
Par contexte d'usage, on entend : l'utilisateur (par exemple, son niveau d'étude et les missions qui lui sont confiées), ses dispositifs d'interaction (un PC versus un Smartphone équipé ou non de GPS ou d'appareil photo) et l'environnement physique et social dans lequel il évolue (par exemple, en position instable sur une échelle dans un lieu sombre, bruyant et humide versus tranquillement installé dans son bureau). Cette propriété est une réponse aux variétés, variabilité et imprévisibilité récentes des contextes d'usage en intelligence ambiante » [Calvary et al., 2004, Camara et al., 2010].

La plasticité permet à un système d'adapter son utilisation à l'utilisateur. L'adaptation est faite généralement au niveau de la présentation de l'interface et de la disponibilité des fonctionnalités. Pour cela, il existe trois principales approches.

La première concerne l'adaptation au contexte *(context-awareness)*. Lorsqu'un utilisateur change de contexte ou d'environnement de travail, le système doit s'adapter à ce nouveau contexte en modifiant principalement sa présentation. La deuxième approche concerne l'**auto-configuration** du système.

Dans ce cas, le système adapte ses fonctionnalités ou sa présentation en fonction des compétences de l'utilisateur (interface débutant ou interface expert). La troisième approche concerne l'**auto-optimisation**. Le système s'adapte au contexte de l'utilisateur afin d'optimiser son utilisation. Par exemple, si le débit de connexion est faible le système peut réduire ses fonctionnalités pour optimiser son fonctionnement dans un nouveau contexte [Akiki et al., 2014].

L'évolution des travaux dans le domaine de plasticité montre qu'initialement, les caractéristiques de l'utilisateur n'étaient pas considérées dans le processus d'adaptation. Mais elles ont été ajoutées dans le processus par une représentation du modèle de l'utilisateur [Thevenin and Coutaz,].

Ce modèle de représentation de l'utilisateur se limite souvent à ses informations de géolocalisation et à ses préférences. Un autre élément nouveau qui est maintenant pris en compte concerne l'activité de l'utilisateur. L'adaptation des IHM tient compte des tâches que l'utilisateur veut réaliser dans ses mécanismes d'adaptation [Tarpin-Bernard, 2006].

En plus du modèle de l'utilisateur et de son activité, les travaux sur la plasticité considèrent aussi la variation des objectifs (objectifs latents et émergents) [Gabillon et al., 2007] [Ganneau et al., 2007] de l'utilisateur. Ces objectifs peuvent être capturés grâce à une analyse et une interprétation du comportement de chaque utilisateur dans le système. Ces approches et méthodologies proposées prouvent que le modèle de l'utilisateur, son contexte (activité) et ses objectifs sont importants pour la mise en œuvre des mécanismes d'adaptation.

Au niveau des ressources numériques, le profil d'interaction de l'utilisateur, les traces d'utilisation de l'utilisateur et de ses collaborateurs sont importantes pour assurer l'adaptation. Ces éléments ne sont pas généralement traités dans la plasticité. Ces nouveaux critères permettent d'utiliser l'expérience des autres utilisateurs pour l'adaptation. Ils mettent l'accent sur la pertinence et la cohérence des effets de l'adaptation sur la gestion des ressources numériques.

Aujourd'hui, la conception de ressources numériques adaptatives continue de soulever de nombreux défis. Les concepteurs et les utilisateurs des ressources numériques veulent des ressources adaptatives multi-plateformes, qui s'adaptent à son utilisateur et à son contexte d'utilisation. Ces ressources adaptatives doivent intégrer une valeur qualité, c'est-à-dire qu'elles doivent être pertinentes pour son utilisateur et cohérentes dans l'environnent d'exécution de la situation.

2.3.9 Synthèse et discussion

L'analyse de la littérature a montré qu'il existe des travaux qui proposent des approches et des méthodes pour concevoir et optimiser l'utilisation des ressources numériques dans un système d'information.

Le tableau 2.8 présente une synthèse de propositions existantes et leurs modèles d'adaptabilité. Dans ce tableau, les modèles existants utilisent moins les informations du profil de l'utilisateur, les données de l'expérience de l'utilisateur et les données communautaires pour adapter les ressources numériques. Les auteurs dans [360Learning, 2015] montrent cette faiblesse pour le modèle SCORM et la nécessité d'intégrer les données communautaires dans l'adaptation et la conception des ressources numériques.

Le tableau 2.7 présente une évaluation des critères de ces modèles en fonction des objectifs fixés pour la modélisation des ressources numériques orientées vers l'utilisation adaptative.

SCORM, OER et EPUB sont des initiatives de conception de ressources numériques pour les environnements d'apprentissage. Ces modèles de ressources numériques présentent des limites au niveau des mécanismes d'adaptation qu'ils proposent. Ces limites viennent du fait que leurs structures sont faiblement orientées vers l'adaptabilité. Dans le modèle de séquençage et de navigation de SCORM une proposition est faite pour remédier à cette limite. Mais cette proposition répond difficilement à l'adaptabilité dans son sens réel. Les mécanismes proposés concerne beaucoup plus la personnalisation des parcours d'apprentissage en fonctions des scores et des objectifs chiffrés atteignables par les utilisateurs.

Des travaux existants [Rey-López et al., 2009b] [García-Valdez et al., 2004] ont permis d'améliorer les mécanismes d'adaptation dans SCORM et dans les objets d'apprentissage. Ces travaux se focalisent sur les mécanismes en fonction des succès ou des échecs des utilisateurs dans les activités. Ils présentent des limites concernant principalement la prise en compte des caractéristiques de la situation de l'utilisateur et de son profil réel. Pourtant ces données sont nécessaires pour réaliser une meilleure adaptabilité des ressources numériques.

Une autre limite concerne la complexité du modèle SCORM qui est très difficile à mettre en œuvre. Il ne prend pas en compte les données de traces laissées par les utilisateurs dans l'environnement. L'initiative EPUB permet de personnaliser la présentation des livres numériques avec des attributs CSS *(Cascading Style Sheets)*. Mais elle ne définit pas de mécanismes d'adaptation en

Modèle	Critère 1	Critère 2	Critère 3
IEEE-LOM[1] **& Dublin-core**[2]	☹	☹	☹
OER[5]	☹	☹	☹
SCORM[3]	😐	☹	☹
EDUPUB[4]	😐	☹	☹
ALO[6]	🙂	☹	☹

Critère 1 : le profil de l'utilisateur ;
Critère 2 : pertinence et cohérence par rapport au contexte ;
Critère 3 : fonction automatisée d'interaction avec d'autres outils et services.
🙂 : satisfaisant ; 😐 : moyen ; ☹ : insatisfait

Tableau 2.7 – Évaluation des critères d'adaptation pour les modèles de ressources numériques existants

rapport avec les données du profil de l'utilisateur et son contexte d'utilisation. D'autres travaux tels que [Yen et al., 2010] [Berlanga et al., 2006] [Karampiperis and Sampson, 2005], montrent l'intérêt de l'adaptation. Mais, ils proposent peu de mécanismes d'adaptation de la ressource au caractéristiques de la situation de l'utilisateur.

Pour combler ces limites et satisfaire nos critères pour la gestion adaptative et consolidée des ressources numériques, il serait nécessaire de proposer un nouveau modèle générique de ressources numériques orienté vers l'adaptabilité. Ce modèle devrait respecter les critères que nous avons définis dans le tableau 2.7. Il s'agit de vérifier la pertinence et la cohérence de la ressource numérique avec des fonctions qui permettent à ces ressources de communiquer avec d'autres ressources et d'autres services.

Cette proposition ne consisterait pas à modifier le contenu des documents associés à la ressource numérique, mais plutôt à sélectionner les modalités d'utilisation des ressources numériques au contexte, aux objectifs et aux caractéristiques de son utilisateur et de son environnement.

Enfin, l'état de l'art a montré que la modélisation d'une ressource numérique adaptative n'est pas bien établie. Donc, la solution au verrou que nous avons identifié consiste à proposer un nouveau modèle de ressource numérique adaptative plus autonome. Ce modèle doit intégrer des mécanismes qui lui permet de communiquer avec d'autres services (internes ou externes) et d'autres ressources numériques. Il doit pouvoir adapter sa configuration en fonction des caractéristiques de son utilisateur et des caractéristiques de la situation. Pour l'adaptation, il est important de connaître les caractéristiques de chaque utilisateur. Par conséquent, dans la section suivante, nous analyserons la littérature afin d'identifier les éléments clés pour la modélisation des utilisateurs dans une application de gestion de ressources numériques.

Modèles	Domaine, Approches et techniques	Types d'adaptabilité
IEEE-LOM	Domaine : Éducation Approche : Accessible Technique : définit un ensemble de 63 champs de métadonnée classé en neuf (09) catégories	**Personalisation :** non **Navigation :** non **Vraie adaptabilité :** non **Points forts :** liste de métadonnées pour décrire une ressource numérique **Points faibles :** aucun mécanisme d'adaptation
ADL-SCORM	Domaine : éducation Approche : interopérabilité et réutilisation Technique : définit une structure des ressources en *SCO* associée à un moteur d'exécution (RTE) pour l'invocation des services	**Personalisation :** oui **Navigation :** oui **Vraie adaptabilité :** non **Points forts :** interopérabilité (SCORM est supporté par la majorité de LMS) **Points faibles :** absence du profil réel et des données de traces et des caractéristiques de l'activité
EPUB	Domaine : livre numérique Approche : interopérabilité et interactivité Technique : définit une structuration des *ebooks* en *HTML5 CSS* et *Javascript*	**Personalisation :** oui **Navigation :** non **Vraie adaptabilité :** non **Points forts :** conception de livre numérique **Points faibles :** absence du profil réel et des données de traces et des caractéristiques de l'activité
ALO	Domaine : éducation Approche : adaptabilité Technique : définit des mécanismes d'adaptation fondé sur des données du profil de l'utilisateur	**Personalisation :** oui **Navigation :** oui **Vraie adaptabilité :** non **Points forts :** adaptation fondée sur les règles de navigation, de présentation et les règles d'évaluation. **Points faibles :** absence de services et des données sociales de l'environnement.

Tableau 2.8 – Synthèse des modèles de ressources numériques

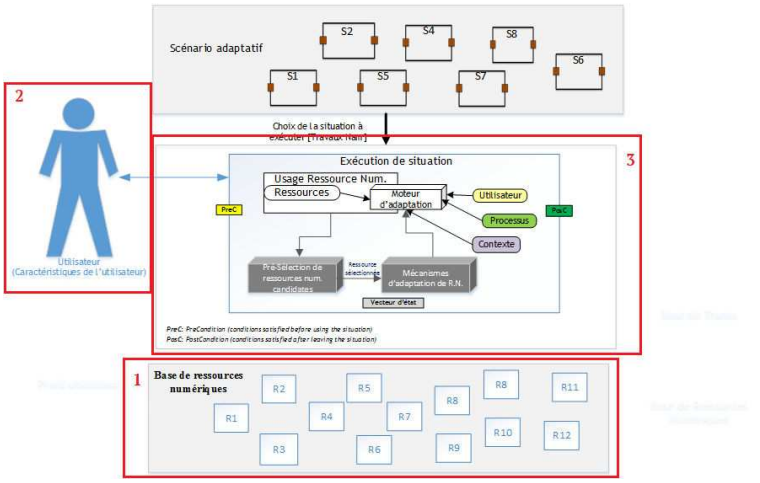


Figure 2.6 – Composants pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

2.4 Etat de l'art : modélisation de l'utilisateur

La gestion adaptative et consolidée des ressources numériques nécessite une connaissance des caractéristiques de l'utilisateur. Cette partie concerne l'état des connaissances disponibles sur la représentation des caractéristiques d'un utilisateur dans un système de gestion de ressources numériques. Si nous reprenons le schéma de la figure 2.6, cette section concerne **l'encadré 2** : la modélisation des caractéristiques des utilisateurs pour un système de gestion de ressources numériques.

La modélisation de l'utilisateur est un élément important pour un système adaptatif de gestion consolidée de ressources numériques. Pour adapter la gestion de ressources numériques aux caractéristiques de son utilisateur, il faut représenter cet utilisateur dans le système et fournir des moyens pour la mise à jour des caractéristiques de ce dernier.

Le tableau 2.9 représente le composant pour la gestion des utilisateurs et de leurs collaborations dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Pour agir sur ce composant, il faut identifier et représenter les caractéristiques de chaque utilisateur et mettre en place des mécanismes pour la gestion de ses caractéristiques. Ces mécanismes permettent d'extraire, d'analyser et d'interpréter les données de l'utilisateur qui serviront à l'adaptation du système dans son modèle d'assistance à l'utilisateur.

Composant d'assistance à l'utilisateur	**Caractéristiques pour agir sur ce composant**
Gestion des utilisateurs et collaboration	Caractéristiques pour représenter l'utilisateur et critères pour construire une communauté de partage, d'évaluation et de recommandation de ressources numériques.

Tableau 2.9 – Composant d'assistance à la gestion consolidée de ressources numériques

2.4.1 Modélisation de l'utilisateur : définitions et concepts

L'évolution croissante dans la conception des systèmes d'information a engendré de nouvelles questions au regard de leur utilisabilité. Le modèle de l'utilisateur est un élément essentiel dans un système interactif et adaptatif [Brusilovsky and Millán, 2007]. Il permet de caractériser chaque utilisateur dans le système à travers un profil (un profil utilisateur est une instance du modèle de l'utilisateur à un instant t).

Le profil de l'utilisateur permet de modéliser :

1. les connaissances de l'utilisateur ;
2. les actions et les tâches de l'utilisateur ;
3. les compétences de l'utilisateur ;
4. les styles personnels de l'utilisateur ;
5. l'environnement de travail de l'utilisateur.

Actuellement, les profils d'utilisateurs jouent un rôle très important dans les environnements numériques [Brusilovsky, , Brusilovsky and Millán, 2007]. L'utilisation des profils des utilisateurs est un des moyens qui permet aux systèmes de s'adapter aux spécificités de ses utilisateurs.

Définition : modèle de l'utilisateur

Un modèle d'utilisateur est un ensemble de caractéristiques de l'utilisateur nécessaires pour décrire l'utilisateur d'un système.
Les caractéristiques sont représentées en tant que variables. Le modèle de l'utilisateur est établi par la déclaration de ces variables. Il est formellement décrit dans un format lisible par machine et lisible par l'homme. Une instanciation du modèle d'utilisateur est un profil d'utilisateur [Moustakas et al., 2010].

Définition : profil de l'utilisateur

Le profil d'utilisateur se réfère à une instance d'un modèle d'utilisateur représentant un utilisateur spécifique lisible par une machine [Moustakas et al., 2010].

Pour **Roose**, *tout système d'information, créé dans une logique de service, devrait supporter des* ***ressources numériques*** *afin de respecter la* ***logique d'usage*** *voulue par le système. Dans cette logique d'usage,* ***« l'utilisateur numérique »*** *est un acteur essentiel dans le paysage de l'information numérique, il agit et interagit avec les autres ; utilise, transforme et produit des informations. Chaque individu compose ainsi sa propre identité numérique, générant ainsi la* ***« e-réputation »*** *qui le caractérise et dont il doit en prendre soin* [Roose, 2008].

L'objectif général du travail est d'offrir une application permettant à ses utilisateurs de gérer de façon consolidée (cohérente et pertinente) et adaptative leurs ressources numériques. Il s'agit alors pour nous de modéliser l'utilisateur dans le système.

Étude de cas : défis liés à l'étude de cas

Le domaine d'application choisi à travers l'étude de cas pour la modélisation concerne la recherche scientifique. Cette étude de cas consiste à proposer une application dédiée aux chercheurs pour organiser, sélectionner et utiliser leurs ressources numériques dans un environnement collaboratif. Ce choix influencera notre recherche d'éléments de caractérisation de l'utilisateur.

Dans ce domaine, le profil du chercheur représente un élément majeur du système. Les recherches de documents, la recommandation de pairs, la pertinence de la qualité des résultats de recherche, la recommandation de relecture, sont réalisés en tenant compte du profil. De plus, plusieurs études ont montré que la construction du profil du chercheur pose de nombreux défis, notamment : l'extraction automatique de profils de chercheurs provenant de sources distribuées (des pages d'accueil, les autorités d'indexation, *etc.*) [Oberle and Spyns, 2004], la cohérence, l'exhaustivité de l'information et la résolution d'ambiguïté [Tang et al., 2007].

Ces défis sont encore plus aggravés par l'explosion des informations d'artefact de recherche avec les communautés de recherche. L'information des chercheurs est souvent dispersée et représentée d'une manière syntaxique (non décrit de façon significative) [Oberle and Spyns, 2004] minimisant ainsi l'interopérabilité entre les sources de données et d'information hétérogènes [Adnan et al., 2009].

Un autre défi identifié à travers l'état de l'art sur la modélisation de l'utilisateur concerne les EAP (Environnement Personnel d'Apprentissage) [Chatti et al., 2010] ou RBLE (Resource-Based Learning Environment) [Hill and Hannafin, 2001]. Dans ces deux types d'environnements, les utilisateurs gèrent et utilisent des ressources numériques pour atteindre des objectifs dans leurs activités.

Modéliser les interactions de l'utilisateur est important et permet de l'assister dans l'usage de ses ressources numériques. Il permet aussi d'envisager des mécanismes d'adaptation de ses ressources numériques en fonction de son profil d'interaction.

Les auteurs dans [Croxton, 2014] ont montré qu'il est important de modéliser l'interactivité de l'utilisateur dans un système parce que cette interactivité est un composant de satisfaction et de persistance pour la formation en ligne.

Nous cherchons à modéliser les caractéristiques contenues dans le tableau 2.10. Il existe beaucoup de travaux sur la modélisation de l'utilisateur dans un système d'information mais, nous retenons les définitions ci-dessous dans le cadre de ce travail. C'est celle qui est la plus représentative de ce que nous souhaitons obtenir, c'est-à-dire les caractéristiques d'un utilisateur dans un système de gestion de ressources numériques.

À travers la modélisation de l'utilisateur, nous cherchons à représenter les données qui caractérisent un utilisateur dans un environnement de gestion de ressources numériques. Il ne s'agit pas pour nous de modéliser le comportement de l'utilisateur dans le système, mais plutôt de caractériser à travers un ensemble de variables, les valeurs associées à chaque utilisateur.

Ces variables peuvent être évolutives en fonction des besoins du système et/ou du concepteur de l'application.

Dans la section suivante, nous analyserons les catégories de valeurs qui sont importantes dans le contexte d'un système de gestion de ressources numériques.

Modélisation de l'utilisateur	Caractéristiques attendues
Domaine et connaissance	Mot-clés permettant de déterminer si la ressource est pertinente pour l'utilisateur
Compétence et préférence	Mot-clés permettant de déterminer si la ressource est pertinente pour l'utilisateur
Objectifs et activités	Mot-clés permettant de déterminer si la ressource est pertinente pour l'utilisateur
Contexte et Intention	Mot-clés permettant de déterminer si la ressource est pertinente pour l'utilisateur
Interactions	niveau d'interaction de l'utilisateur pour adapter la ressource à son modèle d'interaction

Tableau 2.10 – Critère pour la modélisation de l'utilisateur dans un système de gestion consolidée de ressources numériques

2.4.2 Modélisation de l'utilisateur : les composants généraux du profil

Le **modèle de l'utilisateur** est une représentation d'informations sur un utilisateur spécifique qui est indispensable à un système adaptatif pour offrir les effets d'adaptation. C'est-à-dire se comporter différemment pour différents utilisateurs
[Brusilovsky and Millán, 2007].

L'analyse de l'état actuel de la recherche montre que le modèle de l'utilisateur permet de capturer trois types de caractéristiques des utilisateurs. Le premier type concerne les caractéristiques primaires, se sont les données associées à l'identité intrinsèque de l'utilisateur. Le deuxième concerne les caractéristiques secondaires, se sont les données associées aux acquis de l'utilisateur. Le troisième type concerne les caractéristiques tertiaires, se sont les données associées au contexte de l'utilisateur dans le système d'information et dans l'environnement social. Ces caractéristiques sont utiles pour que le système puisse bien connaître l'utilisateur et adapter son fonctionnement en fonction de ses caractéristiques.

2.4.2.1 Les caractéristiques primaires

Les caractéristiques primaires d'un utilisateur représentent les caractéristiques liées à l'identité intrinsèque de l'utilisateur. Il s'agit des éléments qui les caractérisent et qu'ils expriment naturellement sans une logique explicative. Ces caractéristiques concernent :

— **les intérêts de l'utilisateur** [Brusilovsky and Millán, 2007] **:** les intérêts de l'utilisateur représentent toujours la partie la plus importante (et généralement la seule) du profil de l'utilisateur dans les **systèmes adaptatifs de recherche** et de **filtrage d'information qui traitent de gros volumes d'information**.
Les premiers systèmes éducatifs ne faisaient pas attention aux intérêts de l'utilisateur, ils se concentraient plutôt sur les objectifs d'apprentissage lors du séquençage du contenu éducatif. Cette situation a radicalement changé au cours de ces dernières années.
Les intérêts des utilisateurs sont désormais en concurrence avec les connaissances de l'utilisateur pour devenir la caractéristique de l'utilisateur la plus importante à être modélisée dans AHS. Plus récemment, l'abondance des contenus disponibles et la croissance

de l'approche de construction dirigée par les intérêts ont encouragé la modélisation des intérêts dans les systèmes adaptatifs.

— **les traits individuels de l'utilisateur** [Brusilovsky and Millán, 2007] **:** les Traits individuels de l'utilisateur représentent les fonctions de l'utilisateur qui le définissent en tant qu'individu. Il s'agit des traits de personnalité (introverti/extraverti), des styles cognitifs (holiste/sérialiste), des facteurs cognitifs (la capacité de mémoire) et des styles d'apprentissage. Comme les compétences, les traits individuels sont des caractéristiques stables d'un utilisateur qui ne peuvent être changés ni modifiés que sur une longue période de temps. La modélisation des traits individuels exige souvent de l'expertise dans le domaine de la psychologie. Aujourd'hui il existe des modèles de tests permettant à un utilisateur de déterminer ses traits individuels.

— **les émotions de l'utilisateur** [Hudlicka, 2008] **:** les chercheurs en sciences cognitives, en intelligence artificielle, en interface homme-machine, en robotique, et en jeux développent des *« modèles d'émotion »*. Ces modèles concerne la recherche théorique sur la nature de l'émotion, ainsi que leurs domaines d'application : création des personnages et des robots synthétiques les plus crédibles et efficaces, et amélioration de l'interaction homme-machine. Les émotions peuvent être comparées avec d'autres termes décrivant les phénomènes affectifs : humeurs, états affectifs, tendances de comportements associés et des sentiments. Les émotions peuvent être utilisées pour voir la motivation, la frustration, l'engagement et le désengagement de l'utilisateur dans un système.

2.4.2.2 Les caractéristiques secondaires

Les caractéristiques secondaires sont des caractéristiques liées aux acquis de l'utilisateur et à ses apprentissages. Elles représentent les informations et caractéristiques qu'il acquiert durant sa vie et en fonction des choix qu'il opère dans sa vie. Elles concernent :

— **les connaissances de l'utilisateur** [Brusilovsky and Millán, 2007]
les connaissances de l'utilisateur sur un sujet enseigné ou d'un domaine représenté dans un hyperespace semblent être la caractéristique la plus importante de l'utilisateur, pour AES (systèmes éducatifs adaptatifs) et AHS (système hypermédias adaptatifs) existants. Dans les AES, les connaissances sont souvent les seules caractéristiques de l'utilisateur qui sont modélisées. Dans AHS, il est utilisé par la majorité des systèmes à la fois pour le **soutien de navigation adaptative** et la **présentation adaptative**.
Les connaissances de l'utilisateur sont une caractéristique modifiable. Les connaissances de l'utilisateur peuvent bien augmenter (apprentissage) ou diminuer (oubli) de session en session, et même au sein de la même session. Cela signifie qu'en s'appuyant sur les connaissances de l'utilisateur, un système adaptatif peut reconnaître les changements dans l'état des connaissances de l'utilisateur et, en conséquence, mettre à jour le modèle de l'utilisateur.
Les connaissances de l'utilisateur peuvent être utilisées pour adapter le fonctionnement d'un système. Par exemple, un système peut offrir plusieurs modes (mode débutant, mode avancé ou mode expert) d'utilisation à l'utilisateur. Elles peuvent servir à sélectionner les bons contenus pour l'utilisateur.

— **les objectifs et tâches de l'utilisateur** [Brusilovsky and Millán, 2007] **:** l'objectif ou la tâche de l'utilisateur représente le but immédiat pour le travail d'un utilisateur dans un système adaptatif. Selon le type de système, il peut être le but de l'activité (dans les systèmes d'application), un **besoin d'information immédiate** (dans les systèmes d'accès à l'information), ou un objectif d'apprentissage (dans les systèmes éducatifs). Dans tous ces cas, l'objectif est une réponse à la question « qu'est-ce que l'utilisateur veut réellement atteindre ? »

— **les compétences de l'utilisateur** [Brusilovsky and Millán, 2007] **:** les compétences de l'utilisateur représentent un ensemble de caractéristiques liées aux expériences passées de l'utilisateur. Elles représentent les *savoir-faire* de l'utilisateur. L'information sur les compétences est le plus fréquemment utilisée pour **l'adaptation du contenu**, bien qu'il existe des exemples de son usage dans les **systèmes adaptatifs de recherche d'information et d'aide à la navigation**.
Les compétences de l'utilisateur sont généralement des valeurs stables qui durent dans le temps. Elles sont particulièrement utilisées dans les systèmes de e-portofilio pour recenser les travaux réalisés par l'utilisateur.

2.4.2.3 Les caractéristiques tertiaires

Les caractéristiques tertiaires représentent les caractéristiques de l'utilisateur dans l'environnement social et dans le contexte du système d'information dans lequel il se trouve. Elles concernent :

— **le contexte de travail de l'utilisateur** [Brusilovsky and Millán, 2007] **:** les systèmes intégrant un contexte adaptatif ont exploré des questions d'adaptation de la plate-forme de l'utilisateur. L'intérêt grandissant pour les systèmes mobiles et omniprésents ont attiré l'attention des chercheurs sur d'autres dimensions du contexte tels que : la localisation de l'utilisateur, l'environnement physique, le contexte social et l'état affectif. Ces dimensions du contexte permettent d'adapter l'application en fonction du contexte de l'utilisateur(par exemple, la présentation d'un système peut s'adapter selon que l'utilisateur utilise un PC ou un smartphone).

— **le comportement de l'utilisateur** [Razmerita, 2008, Rowe et al., 2013] **:** le comportement est défini comme un concept qui modélise les caractéristiques d'un utilisateur qui interagit avec un système. Le système garde une série de caractéristiques « comportementale » de l'interaction de l'utilisateur avec le système (tel que le niveau d'activité, le niveau de l'adoption du partage des connaissances, le type d'activité, la popularité, l'engagement, la contribution, *etc.*). Ces éléments rendent l'utilisateur attentif à son comportement dans le système et sont destinés à **motiver l'utilisateur pour qu'il soit actif dans le système.**

— **l'intention de l'utilisateur** [Chen et al.,] **:** l'intention de l'utilisateur peut être classée en deux niveaux : l'intention d'action et l'intention sémantique. L'intention d'action est de niveau inférieur, comme le clic de souris, frappe au clavier et d'autres actions fondamentales exécutées sur un ordinateur. L'intention sémantique correspond à ce que l'utilisateur veut atteindre à un niveau élevé, ce qui peut impliquer plusieurs actions

de base sur un ordinateur pour l'accomplir. Par exemple, *« je veux acheter un livre sur Amazon », « je veux trouver des articles sur le datamining, » ou « je veux joindre une image à un mail que je rédige »* sont des intentions sémantiques. La modélisation des intentions permet de concevoir des agents intelligents pour assister l'utilisateur dans la réalisation de ses actions.

Parmi les composants du profil de l'utilisateur offerte par la littérature, il reste un élément important dans le contexte de la gestion des ressources numériques. **Il s'agit de la modélisation des interactions de l'utilisateur.**

Ce terme est parfois associé au comportement de l'utilisateur, mais les éléments qui caractérisent le comportement de l'utilisateur ne permettent pas au stade actuel de capturer le modèle d'interaction des utilisateurs.

Les préférences de l'utilisateur nécessitent également une bonne caractérisation. Les préférences sont souvent confondues avec les intérêts de l'utilisateur. Il existe des travaux de recherches qui proposent des méthodes de modélisation des préférences d'un utilisateur.

2.4.3 Composants spécifiques à la gestion des ressources numériques

Un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques permet à son utilisateur d'organiser, de concevoir, de naviguer et d'utiliser de manière adaptative ses ressources numériques. Il doit offrir des fonctionnalités et des mécanismes pour s'adapter à chaque utilisateur. Par conséquent, une analyse des composants du profil utilisateur montre que les caractéristiques les plus importantes et les plus utiles pour un système adaptatif de gestion consolidée de ressources numériques peuvent être :

- **les connaissances :** elles permettent au système d'**adapter l'usage des ressources en fonction des connaissances de l'utilisateur** et de **fournir des ressources adaptées aux connaissances** de ce dernier.
  Comme le confirment les auteurs dans [Brusilovsky and Millán, 2007], *« D'autres types de ITS*[i] *et IES*[ii] *se concentre sur l'aide aux utilisateurs pour sélectionner la ressource la plus pertinente en fonction des connaissances du domaine »* ;

- **les intérêts :** les intérêts représentent une caractéristique de l'utilisateur très importante à être modélisée dans les systèmes de gestion de ressources numériques. La croissance rapide des volumes de données impose une nécessité pour les système d'adapter l'accès à ces informations et leurs usages par les intérêts que les utilisateurs expriment ;

- **objectifs et tâches :** l'usage de ressources numériques est toujours accompagné d'un ou plusieurs objectifs. La modélisation des objectifs permet d'identifier le besoin d'information de l'utilisateur, d'adapter les méthodes de sélection des ressources numériques en fonction de ses objectifs. Il permet aussi d'adapter le contenu de la ressource en fonction de ses mêmes objectifs ;

- **les compétences :** les compétences de l'utilisateur sont souvent similaires à ses connaissances. Contrairement aux connaissances, les compétences sont statiques et représentent le stéréotype de l'utilisateur. Elles permettent d'adapter les ressources numériques en

i. Intelligent Tutoring Systems
ii. Intelligent Education Systems

fonction du type d'utilisateur et la méthode de recherche en fonction de ses compétences ;

— **les préférences :** les préférences sont nécessaires pour offrir à l'utilisateur le type et le format de ressources numériques qu'il désire ou qui lui conviennent le mieux. Elles sont nécessaires également pour personnaliser les algorithmes de sélection en fonction de ses préférences ;

— **les interactions :** dans un système de gestion consolidée de ressources numériques, les interactions que l'utilisateur entretient avec les ressources sont très importantes. Elles permettent d'adapter les ressources en fonction de son modèle d'interaction. Une partie de ces interactions peut être retrouvée dans la modélisation du comportement de l'utilisateur dans le système ;

— **les traits individuels :** les traits individuels concernent plus particulièrement le style cognitif (habitude préférée d'organisation et de représentation de l'information) et le style d'apprentissage (habitude préférée d'apprentissage) de l'utilisateur. Dans un système de gestion de ressources numériques, le style cognitif est nécessaire pour adapter la navigation dans les ressources (exemple 1). Tandis que le style d'apprentissage est important pour adapter le contenu des ressources numériques ou pour sélectionner les ressources numériques en fonction du style d'apprentissage de l'utilisateur (exemple 2).

Exemple 1 : navigation dans les résultats

Lors d'une opération de recherche de ressources numériques pour une activité, si un utilisateur préfère l'organisation des résultats en diagramme de Venn pour faciliter son choix, le système devrait adapter la navigation dans les résultats en fonction de ce modèle qui correspond à son style cognitif.

Exemple 2 : sélection de la ressource adaptée au style d'apprentissage

Si une ressource numérique est conçue pour un style d'apprentissage donné, lors de l'opération de sélection, le système privilégiera la ressource qui correspond au style d'apprentissage de l'utilisateur.

Une des difficultés de la modélisation des traits individuels est qu'ils sont identifiables par à un test psychologique. Il est difficile pour un utilisateur de décrire ses traits individuels ou pour un système de les identifier automatiquement.
Les composants identifiés dans cette section sont ceux qui sont importants pour un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Parmi ces composants, la représentation des caractéristiques d'interactions et des préférences de chaque utilisateur est très importante dans un système de gestion de ressources numériques. Dans les sections suivantes, nous analyserons les approches et méthodes existantes permettant cette représentation.

2.4.4 Approches et méthodes de modélisation des caractéristiques

Il existe plusieurs approches et techniques pour modéliser les différents composants du profil d'un utilisateur dans un système de gestion de ressources numériques. Les composants identifiés

dans la section précédente offre une possibilité au système d'estimer les caractéristiques d'un utilisateur. Pour cela nous avons besoin de représenter les caractéristiques des utilisateurs et assurer la complétion et la mise à jour de ces données. Notre démarche consiste à analyser les approches et les méthodes existantes de représentation des caractéristiques d'un utilisateur.

Dans la littérature, il existe deux grandes approches de modélisation de l'utilisateur :

1. **la modélisation dirigée par les caractéristiques (Feature-Based Modeling)** : Elle permet de modéliser les caractéristiques d'un utilisateur. Cette approche est la plus utilisée et permet de modéliser principalement les connaissances, les intérêts, les objectifs, les tâches et les préférences d'un utilisateur ;
2. **la modélisation dirigée par les stéréotypes *(Stereotype Modeling)*** : elle est la plus ancienne approche de modélisation de l'utilisateur. Cette approche a été développée dans les travaux d'Elaine Riche [Rich, 1979, Rich, 1989]. Elle permet de créer et de classer tous les utilisateurs dans plusieurs groupes appelés *stéréotypes*. Cela signifie que tous les utilisateurs classés dans le même groupe sont traités de la même manière ;
3. **La modélisation par fouille de données *(Datamining)*** et du machine learning [Frias-Martinez et al., 2006a, Webb et al.,] : cette méthode permet de déterminer et compléter le profil de l'utilisateur grâce aux données collectées et analysées par le système sur l'utilisateur.

Les deux premières approches utilisent différents types de méthodes pour construire et assurer la mise à jour du profil de l'utilisateur :

1. le modèle de recouvrement *(Overlay Model) :* C'est la méthode la plus utilisée. Elle permet de représenter chaque caractéristique d'un utilisateur comme un sous-ensemble du modèle de domaine qui reflète les éléments définis par l'expert du domaine. Ces éléments peuvent être représentés sous forme de mot-clés *(weighed vector of keywords)*, de réseau sémantique *(semantic network)*, de concepts *(concept-level approach)* ou d'association de règles*(association rules)* [Gauch et al., 2007] ;

   Définition : modèle de recouvrement (« *Overlay model* »)

   Le modèle de recouvrement pur, développé dans le cadre des ITS [a] il y a plus de trente ans [VanLehn, 1988], associe une valeur booléenne, oui ou non, à chaque fragment du domaine, signifiant que l'utilisateur connaît ou non ce fragment. Dans ce cas, la connaissance de l'utilisateur est représentée à chaque instant comme un sous-ensemble exact des connaissances de l'expert. Dans sa forme moderne, un *« modèle de recouvrement »* représente la mesure dans laquelle l'utilisateur connaît un tel fragment du domaine. Cela peut être une mesure qualitative (bonne, moyenne, nulle), ou une mesure quantitative, telle que la probabilité que l'utilisateur connaisse le concept.

   a. Intelligent Tutoring System

2. le modèle incertain *(Uncertainty-based model)* [Brusilovsky and Millán, 2007] : Pendant la modélisation d'un utilisateur, souvent les valeurs données sont incertaines (l'utilisateur ou le système est incapable de vérifier l'exactitude de la valeur fournier) ou imprécises. Par exemple : *lorsqu'un utilisateur répond mal à une question d'un test, le système peut supposer qu'il ne maîtrise pas le concept. Ainsi, la valeur dans son profil sur son niveau de maîtrise du concept est approximative.*

   Le modèle incertain permet ainsi de prendre en compte cette incertitude ou imprécision dans la valeur des informations du profil.

Ce modèle utilise principalement deux approches :
— le réseau Bayésien *(Bayesian Networks)* est un modèle probabiliste développé par **Judea Pearl** dans les années 80 [Pearl, 2014] ;
— la logique floue *(Fuzzy Logic)* [Zadeh, 1965].

Pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques, les caractéristiques de chaque utilisateur peuvent être représentées avec une approche dirigée par les caractéristiques. Elle peut utiliser l'approche de modélisation par fouille de données pour compléter et mettre à jour les caractéristiques des utilisateurs.

2.4.5 Techniques et standards de représentation des caractéristiques

Les méthodes et approches décrites précédemment ont permis de développer plusieurs standards et modèles de représentation des données qui caractérisent le profil d'un utilisateur dans un système d'information. Dans cette section, nous analyserons les différents standards pour voir s'ils permettent de représenter les caractéristiques que nous avons identifiées dans la section 2.4.3 et si ces modèles respectent les critères que nous avons identifiés dans le tableau 2.1.

2.4.5.1 IEEE PAPI-Learner

PAPI-Learner [IEEE LTSC, 2014] *(Public and Private Information Learner specification)* est un standard proposé par le groupe *Learner Model Working Group* de l'IEEE (P1484.2). Il spécifie la syntaxe et la sémantique d'un modèle de l'apprenant qui peuvent être utilisées pour le caractériser. Il poursuit plusieurs buts dont celui de fournir un modèle de l'apprenant défini selon un standard et permettant de le conserver durant toute la formation. Ainsi, il permet également à l'apprenant de la conserver durant sa vie professionnelle. Il offre la possibilité aux enseignants de développer des contenus pédagogiques adaptés aux modèles des apprenants définis selon cette spécification.

IEEE-PAPI définit six (06) catégories de données du profil :

1. identification : elle contient les informations personnelles sur l'apprenant (nom, adresse, numéro de téléphone, *etc.*) ;
2. relation : elle contient les informations qui lient l'apprenant aux autres utilisateurs du système (camarade de classe, coéquipier, enseignant, *etc.*) ;
3. sécurité : elle contient les informations d'authentification et de gestion des droits (Clés publiques, clés privées, droits, *etc.*) ;
4. préférences : elle contient les caractéristiques de prédilection de l'apprenant (préférences cognitives, style d'apprentissage, style technologique, *etc.*) ;
5. performance : elle spécifie les compétences de l'apprenant (diplômes, bulletin scolaire, *etc.*) ;
6. information du portfolio : elle contient les informations sur les productions réalisées et les travaux de l'apprenant.

IEEE-PAPI est l'une des premières normes qui fournit un cadre d'organisation des données de l'apprenant.

Les auteurs dans [Paramythis and Loidl-Reisinger, 2004] montrent qu'il existe plusieurs informations sur l'apprenant dont cette norme ne tient pas compte et qui peuvent être échangées entre les différents systèmes de formation en ligne. C'est ce qui explique son extension par L'IMS *Global Learning Consortium* dans sa nouvelle norme IMS-LIP [Oubahssi and Grandbastien, 2006].

IEEE-PAPI a été initialement développé pour les applications d'apprentissage, mais peut facilement être étendu à d'autres types de systèmes d'information liés à l'humain. Il peut être utilisé dans les applications médicales, financières, de gestion de connaissances et de gestion de ressources numériques.

2.4.5.2 IMS-LIP [IMS GLC, 2001]

Le CEN/ISSS [Ehlers and Pawlowski, 2006] a choisi l'IMS-LIP en 2004 pour en faire la base d'un standard Européen de transfert de données sur l'apprenant. La spécification IMS-LIP est dérivée des spécifications du IEEE-PAPI. Ce standard facilite l'échange d'informations sur les apprenants entre les systèmes éducatifs (carte d'identité scolaire de l'apprenant, ses diplômes, *etc.*), les systèmes de ressources humaines, les systèmes de gestion de connaissances, *etc.* Mais un profil fondé sur ce standard pourrait aussi être utilisé comme une base pour fournir une personnalisation de l'apprentissage, mais ce n'est pas sa vocation première.

IMS-LIP décrit les informations sur l'apprenant qui sont nécessaires aux différents usages, notamment l'enregistrement et la gestion de l'historique d'apprentissage de l'apprenant. Il décrit ses buts, ses réalisations afin de maintenir son engagement dans les expériences d'apprentissage et d'identifier ses opportunités d'apprentissage.

La spécification IMS-LIP ne traite pas les demandes d'information sur l'apprenant (api) ou de mécanismes de transaction d'échange. IMS-LIP *version 1.0* définit un modèle de données de l'utilisateur comme un ensemble de onze (11) catégories à importer ou exporter entre les systèmes. Ces catégories sont les suivantes :

1. **identification :** les informations permettant d'identifier un individu, comme nom, adresse, données biographiques et démographiques en lien avec l'apprentissage ;
2. **accessibilité :** ce segment contient les informations sur les langues de l'apprenant, ses éventuels handicaps et ses préférences d'apprentissage. Il incluent ses préférences cognitives, ses préférences d'ordre physique et ses préférences technologiques (par exemple : une préférence pour une plate-forme particulière) ;

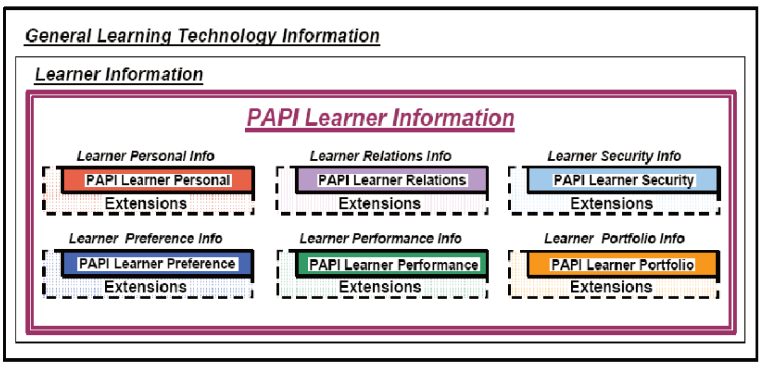


Figure 2.7 – IEEE-PAPI Learner Information [LTSC, 2002]

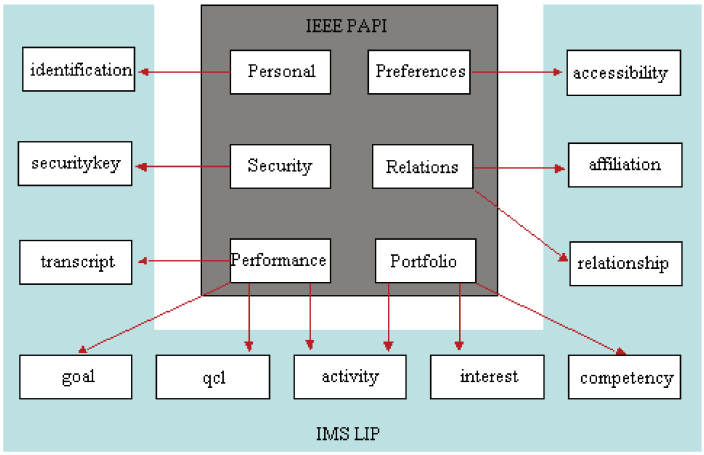


Figure 2.8 – Relation entre IEEE PAPI et IMS LIP [GLOBAL, 2001]

3. **QCL :** (Qualifications, Certifications and Licences) : les diplômes et certifications de l'apprenant, délivrés par les autorités officielles ;
4. **activité :** cette catégorie contient des informations sur les activités réalisées, qu'elles soient finies ou non. Les activités peuvent être rapportées par l'apprenant lui-même. On peut y trouver par exemple l'enregistrement de l'activité, ou une représentation numérique de l'activité réelle (comme une représentation numérique d'une réalisation artistique ou un échantillon de code). Les activités rapportées ici peuvent être issues de la formation suivie, mais aussi d'apprentissage informel, d'expérience professionnelle, du service militaire ou de coopération.
5. **but :** cette catégorie contient les buts personnels de l'apprenant, ses aspirations, ses souhaits de carrière, *etc.*
6. **compétences :** cette catégorie contient les compétences et connaissances que l'élève a acquises, qu'elles soient d'ordre cognitifs, affectifs ou psychomotrices. ces compétences peuvent être associées à un travail ou une production. Elles peuvent aussi être mises en relation aux autres informations contenues dans la catégorie *Activity* ou QCL, i.e. aux diplômes et certifications obtenus ;
7. **intérêts :** cette catégorie contient les informations concernant les loisirs de l'apprenant et ses intérêts. Ces informations peuvent être mises en relation aux données du segment QCL et peuvent aussi être associées à des productions sous forme numérique ;
8. **transcription :** cette catégorie a pour finalité de fournir un résumé des diplômes académiques pour une correspondance avec d'autres pays. Il permet la description des données des diplômes et des certifications de l'apprenant ;
9. **affiliation :** cette catégorie contient des informations sur les institutions ou organisations professionnelles dont dépend l'apprenant. Cela peut inclure son institution de rattachement, ses équipes, *etc.* ;
10. **sécurité-clé :** elle contient les informations de l'apprenant telles que ses mots de passe ou ses clés de sécurité ;
11. **relations :** cette catégorie contient les liens qui peuvent exister entre les différentes informations des catégories. Elle est importante pour la mise à jour ou la suppression d'informations.

Notons que l'IMS-LIP fournit de précieuses extensions par rapport au modèle IEEE-PAPI, mais il répond moins à tous les besoins des systèmes en matière de modélisation de l'interaction de l'utilisateur. Les concepteurs d'application préfèrent utiliser des profils d'application du IMS-LIP pour leurs besoins.

2.4.5.3 SERPOLET [Oubahssi and Grandbastien, 2006]

Le modèle SERPOLET est une extension du modèle IMS-LIP dont l'objectif est de répondre à la question sur l'interopérabilité des données échangées entre les systèmes de e-learning. L'innovation apportée par SERPOLET [Oubahssi and Grandbastien, 2007] se trouve principalement dans les quatre (04) catégories suivantes :

- **profil :** cette catégorie est un ensemble d'informations rassemblées en sortie d'une activité d'apprentissage. Elle contient principalement les champs : identifiant du profil, description du profil, cours référent du profil ;
- **parcours pédagogique :** elle définit les parcours pédagogiques de l'apprenant comme l'ensemble des étapes, des activités et des choix qui caractérisent son apprentissage ;
- **métadonnée :** elle contient les données qui permettent de décrire les données de l'apprenant ;
- **commentaire :** ce champ est utilisé pour ajouter une information ou une remarque sur les éléments des catégories.

2.4.5.4 Extensions spécifiques du IMS-LIP

1. **IMS-RDCEO**(*IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective (IMS RDCEO)*) : la spécification IMS RDCEO [GLOBAL, 2015] permet à des acteurs d'avoir une compréhension commune sur certaines compétences, indépendamment des contextes

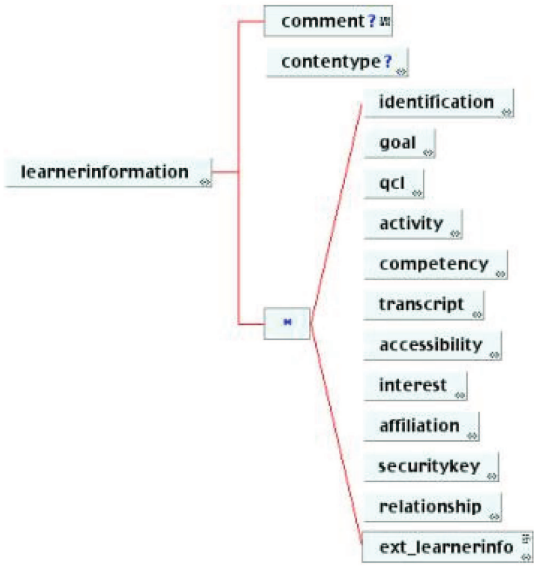


Figure 2.9 – Schéma de représentation XML du IMS LIP [GLOBAL, 2015]

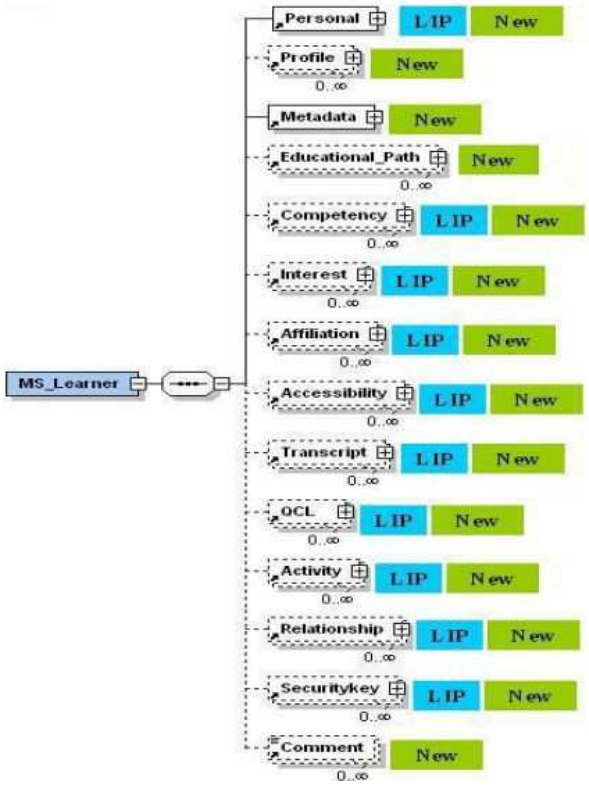


Figure 2.10 – Modèle de donnée de SERPOLET [Oubahssi and Grandbastien, 2006]

d'utilisation. Ces compétences peuvent être celles d'un plan de carrière, d'un plan d'apprentissage, de représenter des prérequis ou d'exprimer les acquis suite à un apprentissage. Cette spécification propose un modèle d'informations qui peut être utilisé pour décrire ou échanger des définitions de compétences entre plusieurs systèmes d'apprentissage. Elle concerne aussi les systèmes de gestion de ressources humaines, les systèmes de gestion de contenu pédagogique ou des catalogues de compétences et les systèmes de gestion de connaissances.

La spécification compte neuf (09) éléments, où « identifié » et « titre » sont obligatoires :

— identifié : c'est un label unique qui identifie la compétence ou l'objectif d'enseignement. L'identifiant est suffisant pour référencer la compétence dans n'importe quel système. Il est définitif ;
— titre : c'est le libellé de la compétence ou de l'objectif. C'est le nom court de la compétence, lisible et compréhensible par un humain. Contrairement à *« identifier »*, il est lisible, mais n'est pas définitif. Le titre peut être répété dans différentes langues ;
— description : c'est une présentation de la compétence de façon lisible et compréhensible par un humain. C'est une zone de texte libre optionnelle, interprétable uniquement par un humain. La description peut être répétée dans différentes langues ;
— définition : c'est une description structurée et optionnelle qui fournit une explication plus complète de la compétence ou de l'objectif d'enseignements. Il existe des modèles précisant la manière dont les compétences et les objectifs d'enseignement devraient être structurés ou définis ;
— modèle source : la source du modèle utilisé ;
— statement : l'état ;
— état ID : un identifiant local ;

— état du nom : le nom de l'élément de description ;
— métadonnée : un ensemble de métadonnées optionnelles. Dans la spécification RDCEO, il est recommandé que si cet ensemble existe, il devrait être conforme à la IEEE-LOM.

2. **La spécification IMS ePortfolio**
La spécification IMS ePortfolio [Consortium et al., 2005] a été créée pour rendre les ePortfolios interopérables. Il permet à des systèmes d'échanger des e-portfolios entre les différents systèmes et institutions. Selon ses auteurs, elle permet le passage en douceur pour les portfolios entre l'école et le travail. Elle permet aux enseignants et aux institutions de mieux suivre les compétences de leurs apprenants. Elle améliore l'expérience d'apprentissage et le développement de l'employé en formation continue.
3. **Modèle Ontologique de Modélisation de l'Utilisateur (OntobUMf)** : OntobUMf *(Ontology based User Modeling Framework)* [Razmerita et al., 2003]est un modèle de données d'un utilisateur fondé sur le standard IMS-LIP. Il permet de modéliser un utilisateur dans un système de gestion de connaissances. Le modèle ajoute une nouvelle catégorie appelée *« comportement »* avec principalement quatre champs : *niveau d'activité, type d'activité, nombre de contributions, niveau de partage.*

Les techniques et standards de représentation des données sur un utilisateur sont dominés par la présence du IMS-LIP. Il est considéré par ses utilisateurs comme le plus abouti et celui qui permet à l'état actuel de représenter un maximum de données sur l'utilisateur. Les autres propositions se fondent sur ce standard en l'adaptant à leurs besoins.

Hormis ces standards, d'autres systèmes proposent leur propre modèle de représentation des données de l'utilisateur. Dans [Kobsa, 2007] et [Carmagnola et al., 2011], les auteurs décrivent certaines de ces applications. Certaines applications sont reprises dans le tableau 2.12 qui présente une synthèse de leurs caractéristiques en fonction des critères identifiés dans le tableau 2.1.

2.4.6 Synthèse et discussion

Dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques, il est important d'estimer les besoins d'information des utilisateurs. Il est essentiel de les assister dans l'organisation de leurs ressources numériques, la sélection des ressources numériques pertinentes et dans le déroulement de leurs activités. Aussi d'adapter les ressources sélectionnées à ses besoins, de gérer ses interactions avec ses ressources numériques pour optimiser les modalités d'utilisation de chaque ressource dans son environnement.

Ces caractéristiques sont également utiles pour les environnements personnels (PLE, RBLE, *etc.*) [Ognjanovic et al., 2014]. Par conséquent, modéliser l'utilisateur dans ces systèmes est indispensable. Il permet surtout de satisfaire les besoins de l'utilisateur et d'adapter le système à ses caractéristiques [Kiy et al., 2014].

Dans un environnement de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques, les utilisateurs interagissent avec les outils de l'environnement mais principalement avec les ressources numériques disponibles. Ils utilisent ces ressources numériques dans le but de réaliser leurs objectifs dans les activités. Mais l'état actuel de la littérature montre que la modélisation des interactions des utilisateurs n'est pas encore bien établie. Pourtant ces interactions constituent une partie importante des caractéristiques des utilisateurs dans ces environnements. Ils passent beaucoup de temps à interagir avec les ressources numériques. Pour cela, il est nécessaire pour

Projet	C1	C2	C3	C4	C5	C6
PAPI	☺	☺	☺	☺	☹	☹
IMS-LIP	☺	☺	☺	☺	☹	☹
SERPOLET	☺	☺	☺	☺	☹	☹
PersonisAD	☺	☹	☹	☺	☹	☹
CUMULATE	☺	☺	☺	☺	☹	☹
STyLE-OLM et AIMS	☺	☹	☺	☺	☹	☹
OntobUMf	☺	☺	☺	☺	☹	☹

C1 : préférences et intérêts ;
C2 : compétence et connaissance ;
C3 : buts et objectifs ;
C4 : activités ;
C5 : interaction ;
C6 : mise à jour automatique du profil.
☺ : satisfaisant ; 😐 : moyen ; ☹ : insatisfait

Tableau 2.11 – Évaluation des critères pour la modélisation du profil des utilisateurs

le système de connaître les caractéristiques du profil d'interaction de chaque utilisateur. Cela afin de mieux l'assister dans la sélection et l'utilisation de ses ressources numériques.

Pour permettre au système d'assurer cette fonctionnalité d'assistance, il faut estimer et interpréter le modèle d'interactions de chaque utilisateur dans chaque situation. Ainsi, la question principale à laquelle l'état de l'art ne permet pas d'apporter une réponse est la suivante : **Comment modéliser les interactions de chaque utilisateur dans un environnement de gestion de ressources numériques ?**

En plus des interactions, le système a besoin des préférences, des objectifs, des compétences et des connaissances de chaque utilisateur. Ces éléments sont nécessaires pour assister les assister dans environnement et adapter leurs interactions dans les situations ou d'adapter les ressources numériques en fonction de leurs caractéristiques.

Le tableau 2.12 présente une synthèse des approches et modèles existants pour la modélisation du profil des utilisateurs. Le tableau 2.11 quant à lui montre l'évaluation des critères définis par rapport aux solutions existantes. D'après ces deux tableaux, la modélisation des interactions et la mise à jour automatique des données du profil font partie des critères qui n'ont pas encore été bien établis dans la littérature. Par ailleurs, dans [Razmerita et al., 2003], les auteurs proposent une modélisation de l'utilisateur fondée sur une ontologie pour les systèmes de gestion de connaissances en utilisant le standard IMS-LIP. Ils ont proposé une nouvelle catégorie permettant de modéliser le comportement *(behaviour)* de chaque l'utilisateur dans ce type de système. Ce travail ne permet pas de déterminer le profil d'interaction de l'utilisateur. Mais il permet de voir si l'utilisateur est actif dans l'environnement en terme de partage.

Grâce à l'analyse de l'état de l'art et aux travaux de [Frias-Martinez et al., 2006b], [Frias-Martinez et al., 2006a], [Frias-Martinez et al., 2009] [Carmagnola et al., 2011] [Viviani et al., 2010] [Baldiris et al., 2009], il ressort que les éléments manquants concernent la modélisation des interactions et la mise à jour automatique du profil de chaque utilisateur.

Ce sont les éléments les plus importants pour atteindre les critères sur la modélisation de l'utilisateur.

Pour cela, notre proposition consistera à étendre le standard IMS-LIP en intégrant un composant de gestion des données du profil de chaque utilisateur et de représentation des caractéristiques d'interaction. Ce composant sera chargé dans la mise à jour automatique des données du profil des utilisateurs. Nous avons choisi le standard IMS-LIP parce qu'il est un standard d'interopérabilité conseillé par le CEN/ISSS [iii] [Ehlers and Pawlowski, 2006] (Normalisée). Il définit un modèle de données de l'utilisateur comme un ensemble de onze catégories à importer ou exporter entre les systèmes et facile à mettre en œuvre (Interopérable). Il est également soutenu par la plupart des applications de modélisation de l'utilisateur (Réutilisable). Ce standard, bien qu'il ait été initialement proposé pour la modélisation d'un apprenant dans un système d'apprentissage, est aussi utilisable pour d'autres types de systèmes d'information. Il est adapté pour les systèmes de gestion de ressources humaines, les systèmes de gestion de contenu pédagogique ou des catalogues de compétences et les systèmes de gestion de connaissances. Nous proposons alors de l'utiliser pour un système de gestion de ressources numériques.

iii. European Committee for Standardisation / Information Society Standardisation System

Projets	Caractéristiques	Services d'adaptation/personnalisation
PersonisAD [iv]	**Technologie de Modélisation de l'utilisateur (TMU)** : Modèle serveur (centralisée) ; **Collection Explicite (CE)** : - ; **Collection Implicite (CI)** : capteur et inférence ; **Format de Données (FD)** : JSON ; **Communication** : RPC *(remote procedure call)* avec http ; **Interopérabilité** : Modèle générique de l'utilisateur ; **Confidentialité** : oui ;	**Service :** fournit un moyen puissant et cohérente pour répondre à des changements significatifs dans les modèles des personnes, des capteurs, des appareils et des lieux ; **Critères respectés :** C1, C4 **Critères non respectés :** C2, C3, C5, C6 **Points forts :** combinaison du modèle des personnes avec les capteurs , les appareils et les lieux pour adapter les préférences **Points faibles :** données de profil limitées aux préférences et absence de mise à jour automatiquement.

iv. PersonisAD[Assad et al., 2007]

CUMULATE and QuizPack [v]	**TMU** : modèle serveur (centralisé) ; **CE** : - ; **CI** : modèle d'inférence avec des agents ; **FD** : événement ; **Communication** : http-based event-reporting protocol ; **Interopérabilité** : modèle générique de l'utilisateur ; **Confidentialité** : oui ;	**Service :** QuizGuide est un système adaptatif qui aide les élèves à sélectionner des questionnaires d'auto-évaluation les plus pertinents. **Critères respectés :** C1, C2, C3, C4 **Critères non respectés :** C5, C6 **Points forts :** modélisation du domaine de connaissances **Points faibles :** absence du modèle d'interaction et de mise à jour automatique des données du profil de l'utilisateur
STyLE-OLM and AIMS [vi]	**TMU** : modèle ontologique ; **CE** : paramètre ; **CI** : *datamining* ; **FD** : - ; **Communication** : interface Java qui communique avec un moteur Prolog ; **Interopérabilité** : modèle ontologique (décentralisé) ; **Confidentialité** : - ;	**Service :** il offre un soutien contextuel adaptatif (à travers son outils de recherche et de navigation) qui permet aux utilisateurs d'identifier les informations nécessaires pour effectuer une tâche d'apprentissage particulier. **Critères respectés :** C1, C3, C4 **Critères non respectés :** C2, C5, C6 **Points forts :** diagnostiquer les capacités cognitives des apprenants **Points faibles :** absence du modèle d'interaction et de mise à jour automatique des données du profil

v. CUMULATE and QuizPack[Brusilovsky et al., 2005]
vi. STyLE-OLM and AIMS[Denaux et al., 2004]

OntobUMf[vii]	**TMU** : modèle ontologique ; **CE** : formulaire web et recherche d'information ; **CI** : fichiers de logs (Datamining) ; **FD** : XML ; **Communication** : requête HTTP en XML et réponse en XML ; **Interopérabilité** : standard IMS-LIP ; **Confidentialité** : oui ;	**Service :** motiver les utilisateur à créer des connaissances et envoyer de nouveaux objet de connaissances dans le système ; stimuler la collaboration et le partage de connaissances entre les travailleurs, indépendamment de leur emplacement ; atténuer la surcharge d'information ; simplifier les processus métier et les tâches de travail. **Critères respectés :** C1, C2, C3, C4 **Critères non respectés :** C5, C6 **Points forts :** modélisation du comportement des utilisateurs dans un système de gestion de connaissance par ontologies **Points faibles :** absence du modèle d'interaction et de mise à jour automatique des données du profil

Tableau 2.12 – Comparaison des systèmes de modélisation de l'utilisateur avec services d'adaptation

vii. OntobUMf[Razmerita, 2008]

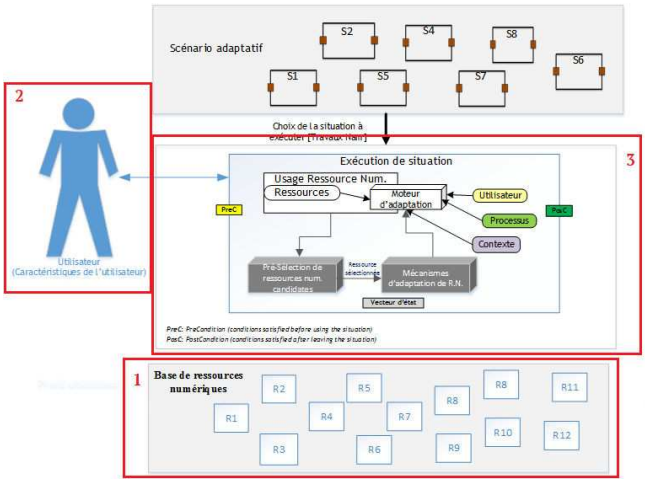


Figure 2.11 – Composants pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

2.5 Etat de l'art : pré-sélection de ressources numériques

La modélisation des ressources numériques et la représentation des caractéristiques des utilisateurs sont importantes pour la conception d'une application de gestion adaptative et consolidée des ressources numériques. Cette application doit leur permettre de sélectionner les meilleures ressources numériques dans une situation.

Dans cette section, nous analysons les mécanismes permettant à un utilisateur de sélectionner les meilleures ressources numériques disponibles et dont l'utilisation conduira à réaliser ses objectifs. Cette section concerne principalement la gestion consolidée des ressources numériques. Nous rappelons que **la gestion consolidée de ressources numériques** est définie comme l'organisation cohérente de ressources numériques permettant à son propriétaire une sélection pertinente et une utilisation adaptée lors de la réalisation d'une activité. Ainsi, pour une gestion consolidée des ressources numériques, le système doit disposer des caractéristiques des utilisateurs impliqués dans la situation, des ressources numériques disponibles, ainsi que leurs mécanismes d'utilisation.

Si nous reprenons le schéma de la figure 2.11, cette section concerne **l'encadré 3**.

2.5.1 Contexte et concepts

Le plus important dans un système adaptatif de gestion consolidée de ressources numériques, c'est la qualité du système. Construire un système de qualité consiste à proposer des processus de qualité dans l'utilisation du système. Dans cette section, nous voulons identifier les différentes méthodes et approches existantes à la construction d'un processus de pre-sélection des ressources numériques pertinentes pour la situation de l'utilisateur.

Les recherches récentes ont montré que la croissance rapide de la production de données numériques donne lieu à de nouveaux problèmes concernant leur gestion [Gantz and Reinsel, 2012] [Gao, 2013]. Les utilisateurs de systèmes d'information sont confrontés à plusieurs défis majeurs dans l'organisation et l'analyse de la qualité des informations extraites de plusieurs sources de

données. Parmi ces défis, la question essentielle qui ressort est : **de quelle manière un système peut-il aider un utilisateur à sélectionner une ressource numérique appropriée pour la réalisation de son activité ?**

Les auteurs dans [Cechinel et al., 2011] ont montré que *« Dans tous les cas, la croissance continue de ressources éducatives sur internet a rendu impossible la possibilité de se fonder uniquement sur l'effort humain pour classer les matériaux d'apprentissage de qualité, et ont soulevé la préoccupation concernant le développement de nouvelles techniques et des outils automatisés qui pourraient être utilisés pour compléter les approches existantes afin de soulager le travail manuel. »*

À titre d'exemple, les concepteurs et les utilisateurs de ressources numériques utilisent un processus de sélection généralement fondé sur l'analyse des caractéristiques
des ressources [Nesbit et al., 2003a]. Ce qui rend le processus fastidieux, coûteux en temps et en argent. Afin de réduire ce coût, notre travail consistera à proposer une nouvelle approche ; et cela dans le but de caractériser automatiquement en temps réel, la pertinence des ressources numériques pour un utilisateur spécifique dans un scénario à base de situations.

Nous avons montré précédemment que le profil de l'utilisateur est un élément essentiel pour un système adaptatif. Il permet d'adapter les méthodes de sélections aux besoins d'information et aux caractéristiques de chaque utilisateur. Notre proposition consistera à associer le profil de l'utilisateur et les caractéristiques de la situation aux processus de pré-sélection des meilleures ressources qui permettront de satisfaire les objectifs de l'utilisateur.

Dans [Duval, 2006], Duval montre que *« la qualité n'est pas la caractéristique de la ressource numérique, mais plutôt une caractéristique de comment cette ressource est utilisée dans un contexte particulier »*. A cette affirmation, nous incluons l'utilisateur dans la boucle parce qu'il est un acteur essentiel du système. Pour nous, la qualité n'est pas la seule caractéristique de la ressource numérique, mais plutôt une caractéristique indiquant la façon dont cette ressource est utilisée par un utilisateur spécifique et dans un contexte particulier. Le tableau 2.13 présente les critères pour la mise en œuvre du processus de sélection de ressources numériques pertinentes de qualité.

L'intérêt de ce travail est d'assister les utilisateurs dans une situation en leur offrant une nouvelle approche dans le but de les conduire à sélectionner les meilleures ressources numériques pour atteindre leurs objectifs. Nous analyserons les techniques et solutions existantes dans ce contexte en fonction des critères définis dans le tableau 2.13.

Composant d'assistance à l'utilisateur	**Critères pour agir sur ce composant**
Processus de pré-sélection de ressources pertinentes	Le moteur de sélection doit tenir compte : 1. de la qualité intrinsèque de la ressource numérique ; 2. du besoin d'information de l'utilisateur et ses préférences ; 3. des caractéristiques de la situation ; 4. de l'évaluation de la communauté des utilisateurs.

Tableau 2.13 – Critères d'assistance à la sélection pertinente de ressources numériques

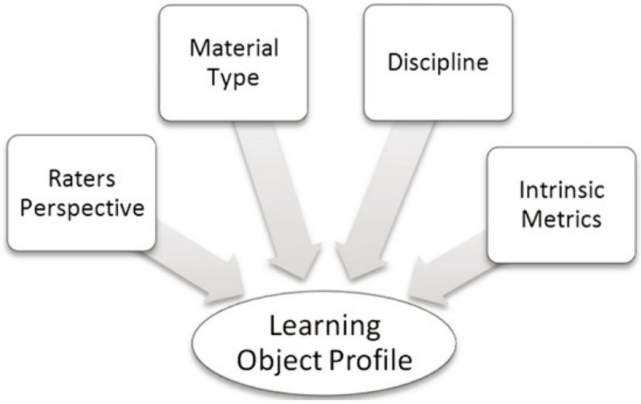


Figure 2.12 – Aspects impliqués dans la recherche de profil d'évaluation des objets d'apprentissage (tirée de [Cechinel et al., 2011])

2.5.2 Approches et techniques

Tout d'abord, les auteurs dans [Bethard et al., 2009, Wetzler et al., 2013] présentent une approche très intéressante pour caractériser la qualité des ressources numériques dans une bibliothèque de ressources numériques. Ensuite dans [Cechinel et al., 2011], les auteurs résument toutes les propositions existantes dans le domaine de l'évaluation de la qualité des ressources numériques. Les auteurs ont identifié quatre critères importants d'évaluation des objets d'apprentissage :

1. les perspectives des évaluateurs (Méthode utilisée dans MERLOT) : il s'agit pour des évaluateurs (des experts, des pairs ou des utilisateurs) de noter la qualité des ressources ;
2. le type d'équipement : la qualité dépend du type de matériel ;
3. la discipline : la qualité dépend de la discipline ;
4. les métriques intrinsèques : il s'agit d'évaluer la qualité des ressources en fonction de différents types de mesures, tels que ceux utilisés dans [Bethard et al., 2009].

La figure 2.12 présente ces quatre (04) aspects impliqués dans la recherche de profils d'évaluations des objets d'apprentissage.

Dans ces travaux, les besoins de l'utilisateur et le contexte d'usage ne sont pas pris en compte. Pourtant, les mêmes auteurs conviennent que *chaque utilisateur apprend différemment en fonction de comment ils obtiennent l'information.* Ils ont ensuite proposés une expérimentation en créant des groupes d'utilisateurs différents. Ils ont déterminé les relations entre ces différents groupes et ont appliqué les critères proposés en fonction des groupes. Même dans les catégories d'utilisateurs similaires, leurs besoins peuvent être différents en fonction du contexte de chaque utilisateur.

À notre connaissance, il n'y a pas d'approche, qui prend en compte les besoins individuels de chaque utilisateur et les caractéristiques de la situation pour évaluer la qualité des ressources sélectionnées.

Duval [Duval, 2006] soutient que *« si le contenu est roi, alors le contexte est reine »*. Il montre que *« Le plus intéressant, dans le domaine de l'apprentissage, est que nous pouvons aller beaucoup plus loin que les moteurs de recherche web, parce que nous pouvons exploiter la richesse des métadonnées sur l'utilisateur, son contexte et de l'objet d'apprentissage »*. Il invite, les

chercheurs à plus *« d'attention sur le développement de bonnes mesures d'évaluation, plutôt que sur des indicateurs de pertinence indirects et partiels de qualité pour l'apprentissage »*.

2.5.3 Pré-sélection pertinente de ressources numériques : applications

Plusieurs travaux de recherche ont tenté d'apporter une solution au problème de sélection pertinente de ressources numériques. Les différentes propositions que nous avons examinées concernent les ressources dans le domaine de l'éducation, mais cela est applicable à d'autres types de ressources numériques.

1. **MERLOT** *The Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching* (MERLOT) est très connu et reconnu comme une initiative internationale qui permet aux utilisateurs de cataloguer des ressources éducatives visant à faciliter l'utilisation et le partage de ces ressources [Cafolla and Cafolla, 2006].

   Dans MERLOT, les ressources sont classées en 14 types de matériaux (simulation, animation, tutoriel, exercices et la pratique, Quiz/essai, lecture/présentation, étude de cas, la collecte, du document de référence, référentiel d'objets d'apprentissage, cours en ligne, matériel d'atelier de formation, objet d'apprentissage 3D et manuels libres) et sont organisées dans différentes catégories de disciplines à savoir les arts, les affaires, l'éducation, les sciences humaines, les mathématiques et statistiques, les sciences et technologies et les sciences sociales. Ces disciplines quant à elles sont subdivisées en plusieurs sous-catégories.

   Les matériaux catalogués sont évalués par les pairs et par différents experts dans le domaine de la discipline selon des critères d'évaluation formelle et prédéfinis. Ces critères abordent trois (03) aspects différents :

   a) la qualité du contenu ;

   b) l'efficacité du contenu comme outil d'enseignement ;

   c) la facilité d'utilisation.

   Après les évaluations des pairs, les examinateurs présentent leurs évaluations au rédacteur en chef qui compose un seul rapport et publie dans la ressource dans le référentiel avec l'autorisation des auteurs. En plus des évaluations par les pairs-examinateurs, MERLOT permet également à la communauté des utilisateurs de fournir des commentaires et des notes pour les ressources. Il poursuit sa stratégie d'évaluations avec une alternative et un mécanisme plus informel. Les notes des deux (les utilisateurs et les pairs-examinateurs) vont de 1 à 5.

   En outre, MERLOT permet également aux utilisateurs de mettre en favoris des ressources dans leurs collections personnelles. Il leur fournit un moyen d'organiser leurs matières préférées en fonction de leurs intérêts individuels [Sicilia et al., 2009].

   Le système MERLOT ne propose pas de mécanismes pour associer le contexte d'usage à la recherche d'objet d'apprentissage. Il fonctionne depuis plus d'une dizaine d'années, mais les recherches se font encore par mots-clés et donc les ressources pédagogiques retournées par les systèmes restent très dépendantes du vocabulaire utilisé pour les requêtes. *« Il est illusoire de vouloir contraindre l'ensemble des acteurs de la planète à utiliser un système d'indexation unique. Ce serait par ailleurs désastreux pour la diversité culturelle »* [Grandbastien and Monceaux, 2008].

2. **LORNET(Learning Object Repository Network) :** le réseau de recherche LORNET est un grand projet pan-canadien de dépôts d'objets d'apprentissage. Le réseau a pris en charge la technologie développée précédemment dans Edusource [McGreal et al., 2004] et des projets canadiens précédents (étang, careo, CLOE, SavoirNet, CanLOM). Il regroupe plus d'une centaine de chercheurs, professionnels et étudiants des cycles supérieurs, répartis dans six universités canadiennes, cinq centres de recherches et quatre(04) chaires de recherches. LORNET mène des recherches sur les référentiels d'objets d'apprentissage en réseau. c'est un élément clé dans les grandes tendances internationales actuelles en matière d'apprentissage à distance et de gestion des connaissances. L'objectif est de rendre les documents, outils et services Web disponibles pour l'apprentissage et la gestion des connaissances au sein des institutions et des organisations.

   LORNET représente le Canada au sein du consortium GLOBE [GLOBE, 2015], fédérant des dépôts canadiens avec d'autres partenaires du monde entier grâce à son logiciel PALOMA [Paquette et al., 2004]. Ce logiciel fournit un ensemble d'outils de description IEEE-LOM des ressources, d'organisation des fiches IEEE-LOM, de gestion sophistiquée des droits pour les ressources IEEE-LOM. Il fournit aussi trois méthodes de recherche et des API de communications qui offrent un service de SQI *(Simple Query Interface)* [Simon et al., 2005].

   Le SQI permet d'interroger plusieurs bases de données à l'aide d'une seule requête. Il permet également aux utilisateurs du projet GLOBE d'interroger avec une seule requête toutes les bases de ressources numériques de ses partenaires. La méthode de sélection de ressource de PALOMA applique les contraintes définies par l'utilisateur sur les propriétés de métadonnées des ressources disponibles afin de trouver et d'afficher un ensemble de fiches de métadonnées correspondantes.

   L'utilisateur peut sélectionner et visualiser les métadonnées ainsi que les ressources. PALOMA fournit un outil d'annotation collaborative permettant aux utilisateurs d'évaluer les ressources disponibles. Ces évaluations sont visibles par les autres membres du système.

3. **LUISA :** LUISA [viii] [Grandbastien and Monceaux, 2008, Sánchez and Lobo, 2009] est un consortium européen qui développe une solution logicielle. Il fait un usage intensif des technologies du Web Sémantique pour la recherche et la sélection de ressources de formation, ainsi que leur annotation préalable.

   La mission de LUISA est d'exploiter les avantages de l'architecture en service du web sémantique pour rendre plus riches et plus flexibles les processus de recherches et de spécification des besoins d'apprentissage. Elle concerne les systèmes de gestion d' apprentissages et de dépôt d'objets d'apprentissage. LUISA associe et met en œuvre plusieurs technologies au sein d'une application. Des web services permettent d'accéder à divers entrepôts de métadonnées distribués (LOMR) décrivant chacun des collections de ressources de diverses institutions.

   L'approche par web services sémantiques permet la découverte, la composition et l'invocation des web services disponibles, lesquels sont ainsi partagés et réutilisés par plusieurs applications. L'approche repose sur l'utilisation d'un *« broker »* capable de sélectionner les web services adaptés pour un but proposé, à partir de descriptions sémantiques des fonctionnalités de ces services.

   Le prototype LUISA utilise IRS-III (*Internet Reasoning Service*) comme un *broker* qui fournit les buts à l'invocation de services. IRS-III utilise WSMO (*Web Service Modeling*

viii. Learning Content Management System Using Innovative Semantic Web Service Architecture, projet européen cofinancé sous le contrat FP6-027149 LUISA.

Ontology) et le langage OCML (*Operational Conceptual Modeling Language*) pour les descriptions de Web Services et de domaines de connaissances. Différentes ontologies d'applications sont nécessaires et utilisées par plusieurs composants de l'architecture. D'un point de vue technique, toutes les ontologies du projet sont codées en WSML à l'aide de WSMO studio de façon à permettre leur utilisation directe dans IRS-III.

Les technologies du web sémantique sont capables de fournir des processus sémantiques d'automatisation des tâches liées aux objets d'apprentissage comme la sélection ou la composition. Cette technique implique la description de la solution en matière de technologie de web service sémantique, d'ontologies, d'équipements et de composants. Elle est requise pour étendre et améliorer les systèmes d'apprentissage avec des fonctionnalités avancées, fournies par la sémantique computationnelle.

Le cadre de la recherche de ressources, lorsqu'un utilisateur exprime une requête en termes de compétences à acquérir, le résolveur de requête effectue certains *« raisonnements »* :
— le calcul des dépendances entre compétences et ressources ;
— la décomposition d'une compétence en ses sous-compétences ;
— la recherche sur les contenus à partir de la requête sur les compétences.
Par exemple pour la compétence *« utiliser un traitement de textes »*, si aucun document ne porte sur cette compétence globale, le système tentera de proposer plusieurs documents portant chacun sur une ou plusieurs des compétences plus fines afin de couvrir globalement la requête. Plusieurs stratégies peuvent être implantées pour faire ces décompositions.
Le processus de résolution de requête comprend plusieurs étapes à savoir :
— la recherche de ressources candidates et leur classement à l'aide des niveaux ;
— la vérification des prérequis dans le profil utilisateur ;
— l'utilisation éventuelle de la relation de pré-requis ou de similarité entre les compétences ;
— la décomposition d'une compétence en éléments de connaissance ou habiletés à raffiner la recherche ;
— la prise en compte des domaines dans les métadonnées ;
— l'éventuelle relaxation de certaines contraintes.
Pour compléter la description dans l'environnement, les auteurs dans le projet LUISA ont ajouté un thésaurus des disciplines et des spécialités que les responsables de formation ont l'habitude d'utiliser. Ils ont intégré cette classification dans le *champ 9 dédié à la classification dans LOM*. Les liens établis entre ce thésaurus et l'arbre des professions peuvent ainsi être exploités dans la résolution des requêtes.

LUISA vise à favoriser la promotion de l'apprentissage avec une augmentation de la capacité de localiser, de rechercher et de négocier des ressources d'apprentissage avec des outils sémantiques participant à la médiation. L'un des avantages de LUISA est d'associer le profil utilisateur dans la recherche, mais ne prend pas en compte les caractéristiques de l'activité. Ce projet associera les évaluations des utilisateurs comme un autre critère de choix.

4. **FUN(UNT) :** FUN [ix] [FUN, 2015] est une bibliothèque de plus de 31 000 ressources accessibles gratuitement pour les étudiants, enseignants, chercheurs, professionnels ou juste passionnés par une des thématiques. Il fournit un nouvel outil sur le portail France Université numérique : le moteur des ressources pédagogiques numériques.
   Ce moteur permet d'accéder à un ensemble de plus de 31 000 ressources pédagogiques numériques (cours, exercices, listes de références, études de cas, démonstrations, guides,

ix. France Université Numérique

tutoriels, leçons interactives, conférences, *etc.*), sous forme de textes, vidéos, web documentaires, logiciels ou sites internet. Ces ressources – qui s'enrichiront au fil du temps –, sont mises à disposition, notamment, par les établissements d'enseignement supérieur et les organismes de recherches français et diffusées par les universités numériques thématiques (U.N.T.) et Canal-U.

Le nouveau moteur des ressources pédagogiques numériques a été développé pour répondre à quatre (04) exigences :

a) référencer les ressources existantes et créer un point d'accès unique ;

b) faciliter l'accès de tous aux ressources pédagogiques en ligne, simplement et gratuitement grâce à des outils de recherche performants ;

c) faire remonter des résultats de recherche pertinents ;

d) permettre aux établissements d'enseignement supérieur, aux organismes de recherche et aux U.N.T. de valoriser et de partager leurs travaux.

Le moteur est fondé sur le projet ORI-OAI. Les ressources sont décrites grâce au schéma SupLOMFR. Le moteur est développé en collaboration avec l'université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis. La recherche se fait toujours par mots-clés.

5. **eLera :** eLera [x] [Leacock et al., 2004] est une communauté distribuée d'enseignants, d'étudiants, de professeurs d'université, de chercheurs, de concepteurs et de pédagogues qui partagent un intérêt pour l'utilisation et l'évaluation des objets d'apprentissage. Les membres d'eLera utilisent l'outil LORI [Nesbit et al., 2003b] pour évaluer les objets d'apprentissage.

   La figure 2.13 présente les différents critères d'évaluation. Ces critères concernent la qualité du contenu de formation, l'alignement avec les objectifs d'apprentissage, l'adaptation du contenu ou le retour à l'utilisateur, la capacité à motiver les apprenants, la présentation de l'information, la facilité d'utilisabilité, l'accessibilité, la reutilisabilité et la compatibilité avec les standards internationaux. Ils permettent de caractériser la qualité d'une ressource par un expert ou par un système.

   L'avantage principal d'eLera est qu'il fournit un outil robuste assez simple pour l'évaluation d'objets d'apprentissage [Nesbit et al., 2002]. Il offre une place où des communautés peuvent se développer [Wiley and Edwards, 2002]. Les membres indiquent leurs domaines d'intérêts dans leur profil, et d'autres membres peuvent rechercher à partir de cette information. Par exemple, un professeur de sciences de l'école secondaire peut chercher d'autres examinateurs qui sont également intéressés par la biologie. Il peut ensuite recevoir les avis de ses membres.

   Au fil du temps, les membres se connaissent et se font confiance. Ce qui réduit la nécessité pour chaque utilisateur d'évaluer chaque objet. *Un professeur de biologie pourrait simplement cliquer la catégorie 10 pour trouver des objets d'apprentissage sur la photosynthèse. Il sélectionne les objets les plus pertinents sur la base des avis de ses collègues. Ce qui conduit à dépenser moins de temps pour les enseignants indépendants et de réduire la duplication des efforts qui seraient requis si chaque enseignant devait travailler indépendamment sans profiter des avis des autres.*

   eLera présente des critères d'évaluation de la qualité d'un objet d'apprentissage avant son utilisation effective. Cette proposition permet de déterminer la qualité intrinsèque d'une ressource numérique. eLera ne tient pas compte du profil de l'utilisateur ni du contexte réel de son activité. Elle ne propose pas de mécanismes d'utilisation des critères définis

x. www.elera.net

pour assister les utilisateurs dans la sélection des ressources pertinentes.

6. **PCMAT (Mathematics Collaborative Learning Platform)**
PCMAT [Martins et al., 2013] est une plate-forme collaborative adaptative d'apprentissage fondé sur une approche constructiviste d'évaluation de la connaissance de l'utilisateur, de présentation de contenus et d'activités adaptées aux caractéristiques et au style d'apprentissage de l'utilisateur. C'est une plate-forme dédiée à l'enseignement des mathématiques dans les écoles primaires.

   PCMAT offre un moteur de recherche par mots-clés sur les ressources disponibles associées son profil de chaque utilisateur. Sa fonction principale est d'adapter le parcours de l'apprenant en fonction du profil et d'offrir des ressources adaptées à son style d'apprentissage. PCMAT propose une modélisation de l'apprenant en mettant l'accent sur le style d'apprentissage de ses apprenants.

   Elle utilise une modélisation des objets d'apprentissage avec les métadonnées du IEEE-LOM. Les mécanismes de sélection dans PCMAT tiennent compte des préférences, des connaissances et des styles d'apprentissage des utilisateurs. Par contre, PCMAT ne tient

Content Quality: Veracity, accuracy, balanced presentation of ideas, & appropriate level of detail
Learning Goal Alignment: Alignment among learning goals, activities, assessments, & learner characteristics
Feedback and Adaptation: Adaptive content or feedback driven by differential learner input/modeling
Motivation: Ability to motivate and interest an identified population of learners
Presentation Design: Design of visual and auditory information for enhanced learning and efficient mental processing
Interaction Usability: Ease of navigation, predictability of the user interface, & quality of interface help features
Accessibility: Design of controls and presentation formats to accommodate disabled and mobile learners
Reusability: Ability to use in varying learning contexts and with learners from differing backgrounds
Standards Compliance: Adherence to international standards and specifications

Figure 2.13 – Dimensions de la qualité des objets d'apprentissage dans LORI 1.5 (tirée de [Leacock et al., 2004])

pas compte des caractéristiques de l'activité. Le choix d'une ressource pertinente doit tenir compte des contraintes réelles de l'utilisateur et de l'évaluation des préférences de l'utilisateur.

2.5.4 Synthèse et discussion

La qualité d'une ressource numérique est dépendante de sa nature intrinsèque, de son contexte d'usage et du profil de son utilisateur. Dans l'état actuel de la littérature la qualité d'une ressource est limitée spécialement à sa nature intrinsèque en relation avec la requête de l'utilisateur et souvent avec l'évaluation de la communauté.

Le tableau 2.15 donne une synthèse des approches et des techniques existantes dans la littérature. Le tableau 2.14 quant à lui, présente une évaluation de ces propositions par rapport aux critères définis plus haut dans la section 2.1.2. Il ressort de cette analyse que les systèmes examinés prennent moins en compte le profil de l'utilisateur, les données sociales et les caractéristiques d'activité de l'utilisateur dans leurs mécanismes de pré-sélection de ressources numériques.

De plus, la plupart des systèmes proposent une représentation en liste des résultats de pré-sélection. Nous estimons qu'une représentation adaptative des résultats permet d'assister l'utilisateur dans son processus de sélection. Limiter les mécanismes de pré-sélection des ressources numériques à la seule requête de l'utilisateur est une limite à la performance du système et pose des problèmes sur la pertinence des résultats. Par exemple, si un utilisateur n'arrive pas à exprimer correctement son besoin à travers une requête ou lorsque le format des ressources proposées dans les résultats ne sont pas utilisables dans son contexte, il est évident que le système ne sera pas pertinent pour lui.

Nous proposons une nouvelle méthode et approche permettant à chaque utilisateur, dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques, de choisir les ressources numériques pertinentes en fonction des caractéristiques de sa situation, de son profil et des données de la communauté.

Projet	C1	C2	C3	C4	C5
MERLOT	☹	☺	☺	☹	☹
LORNET	☹	☺	☹	☹	☹
LUISA	☹	☺	☹	☹	☹
FUN	☹	☺	☹	☹	☹
eLera	☹	☺	☹	☹	☹
PCMAT	☺	☺	☹	☺	☹

C1 : profil de l'utilisateur ; C2 : qualité intrinsèque ; C3 : qualité sociale ;
C4 : caractéristiques de la situation ;
C5 : représentation adaptative des résultats.
☺ : satisfait ; 😐 : moyen ; ☹ : insatisfait

Tableau 2.14 – Évaluation des critères pour la pré-sélection de ressources numériques

Application / Projet	**Approche et technique**	**Type d'assistance**	Mécanisme de pré-sélection
LORNET	Approche : recherche à base de champ de textuel Technique : -	Moteur de recherche textuel	**Profil :** non **Qualité Intrinsèque :** non **Qualité sociale :** non **Contexte :** non **Représentation :** liste **Points forts :** une requête unique vers plusieurs bases **Points faibles :** absence du profil réel, des données sociales et des caractéristiques de l'activité
LUISA	Approche : recherche sémantique ; Technique :	Sélection de ressources numériques avec un moteur de recherche sémantique	**Profil :** oui **Qualité Intrinsèque :** non **Qualité sociale :** non **Contexte :** non **Représentation :** liste **Points forts :** une recherche sémantique **Points faibles :** l'absence des données sociales et des caractéristiques de l'activité

MERLOT	Approche : recherche à base de champ de textuel ; Technique : -	Sélection de ressources numériques dans une base de ressources numériques grâce à des mots-clés	**Profil :** non **Qualité Intrinsèque :** oui **Qualité sociale :** oui **Contexte :** non **Représentation :** liste **Points forts :** une communauté d'expert pour évaluer la qualité de RP **Points faibles :** l'absence du profil réel, des données sociales et des caractéristiques de l'activité
FUN(UNT)	Approche : Text-based Search ; Technique : -	Sélection de ressources numériques dans une base de ressources numériques grâce à des mots-clés	**Profil :** non **Qualité Intrinsèque :** non **Qualité sociale :** non **Contexte :** non **Représentation :** liste **Points forts :** - **Points faibles :** l'absence du profil réel, des données sociales et des caractéristiques de l'activité

eLera	Approche : des outils d'évaluation des RP ; Technique : des métriques pour évaluer de la qualité d'une RP	Outils d'évaluation de la qualité des ressources pédagogiques par une communauté d'utilisateurs	**Profil :** non **Qualité Intrinsèque :** oui **Qualité sociale :** oui **Contexte :** non **Représentation :** non **Points forts :** des métriques pour l'évaluation **Points faibles :** l'absence du profil réel et des caractéristiques de l'activité
PCMAT	Domaine : éducation ; Approche : adaptabilité ; Technique : il définit des mécanismes d'adaptation fondés sur des données du profil de l'utilisateur	Sélection de ressources numériques dans une base de ressources numériques grâce à des mots-clés ; Personnalisation et navigation	**Profil :** oui **Qualité Intrinsèque :** oui **Qualité sociale :** non **Contexte :** Non **Représentation :** liste **Points forts :** - **Points faibles :** l'absence des données sociales et des caractéristiques de l'activité

Tableau 2.15 – Synthèse des systèmes de sélection pertinente de ressources numériques

2.6 État de l'art : environnements numériques de gestion

La section précédente s'est focalisée sur les approches et les méthodologies développées par la littérature scientifique. Elle montre que le contexte actuel nécessite une attention particulière dans la conception des systèmes de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques afin d'optimiser leurs utilisations par les utilisateurs.

Dans cette présente section, nous examinons les applications concrètes existantes dans le l'intégration de mécanismes de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. L'objectif est d'analyser pour vérifier dans quelle mesure leurs modèles de gestion des ressources numériques respectent notre cahier des charges.

2.6.1 Contexte et objectifs

Nous souhaitons proposer un environnement numérique qui permet à ses utilisateurs d'organiser, de sélectionner et d'utiliser de manière adaptative des ressources numériques. Pour cela notre cahier des charges consiste à proposer une architecture logicielle et des mécanismes qui permettent de :

- représenter les caractéristiques de l'utilisateur : l'application doit intégrer un modèle du profil de l'utilisateur qui permet d'adapter ou de personnaliser les mécanismes en fonction de ce profil. Ce modèle devrait pouvoir représenter les interactions de chaque utilisateur ;
- modéliser les ressources numériques : l'application doit proposer un modèle permettant d'assurer une gestion adaptative des ressources numériques. Il doit contenir des opérateurs d'utilisation et des mécanismes d'adaptation des ressources numériques ;
- disposer de mécanismes de gestion adaptative (pré-sélection et adaptation) : l'application doit offrir à l'utilisateur des mécanismes de sélection pertinente et d'utilisation adaptative de ses ressources numériques.

Les applications examinées ont été classées en quatre (04) catégories :

1. **Environnement numérique de travail et LMS** : un Environnement Numérique de Travail (ENT) est un système qui met à la disposition de ses utilisateurs un système de gestion des apprentissages. Il contient un système de gestion de contenu (CMS), un système de gestion de calendrier (Agenda), un système de communication (Mail, Forum, Newsletter, Tchat), *etc.* Dans cette catégorie d'application, nous nous sommes intéressés plus spécialement aux applications de gestion des apprentissages (LMS) dont les plus connus sont : MOODLE, Claroline Connect et SAKAI.

   La synthèse de notre analyse est consignée dans la première partie du tableau 2.16. Dans ce tableau, les résultats montrent que ces environnements numériques ne permettent pas de représenter les caractéristiques d'interaction des utilisateurs. Ils ne proposent pas un modèle de ressources numériques. Et ils ne fournissent pas de mécanismes de pré-sélection ou d'adaptation des ressources numériques en fonction des caractéristiques de l'utilisateur.
2. **MOOC** : l'année 2012 a vu la naissance d'un nouveau système de formation en ligne nommée MOOC (*Massive Open Online Courses*). L'objectif poursuivi par les MOOC est de proposer une plate-forme permettant à un large public d'utilisateurs de suivre des formations en ligne à travers plusieurs séquences de vidéos, de QCM, et de travaux à rendre.

La première plate-forme de ce type a été lancée dans les années 2008 [Siemens, 2013], mais le concept n'est devenu populaire qu'à partir des années 2012. Ce qui a permis au *New York Times* de déclarer l'année 2012 comme *« l'année des MOOC »* [Pappano, 2012].

Le *commonweath of Learning* [Van Acker et al., 2013] a indiqué que les MOOCs facilitent la création, la distribution et l'utilisation de connaissances et d'informations pour l'apprentissage. Il offre l'avantage de disposer de ressources gratuites en ligne comme les OER, que les utilisateurs peuvent utiliser dans un réseau social ou dans d'autres formes de collaborations.

Les MOOCs sont classés en trois types : xMOOCs, cMOOC et quasi-MOOC. Dans cette catégorie, nous nous sommes intéressés à **EDX, COURSERA et UDACITY**. Notre analyse est synthétisée dans la deuxième partie du tableau 2.16. Dans ce tableau, les résultats montrent que les MOOCs ne permettent pas de représenter les caractéristiques d'interaction des utilisateurs. Ils ne proposent pas un modèle de ressources numériques. Et ils ne fournissent pas de mécanismes de pré-sélection ou d'adaptation des ressources numériques en fonction des caractéristiques de l'utilisateur.

3. **Environnement numérique personnalisé de gestion de bibliographie lié à la recherche scientifique (ENGRR)** : les ENGRR sont des applications dédiées au domaine de la recherche scientifique. Ils offrent à ses utilisateurs des fonctions pour organiser et partager des publications. Le choix de ces outils est motivé par l'étude de cas que nous avons choisie dans cette thèse. Nous nous sommes intéressés à **Mendeley, Zotero et aux cahiers de laboratoire (CLE)**. La synthèse de notre analyse est consignée dans la troisième partie partie du tableau 2.16. Dans ce tableau, les résultats montrent que ces systèmes ne permettent pas de représenter les caractéristiques d'interaction de l'utilisateur. Ils ne proposent pas un modèle de ressources numériques particulière. Et ils ne fournissent pas de mécanismes de pré-sélection ou d'adaptation des ressources numériques en fonction des caractéristiques de l'utilisateur.
4. **Les Environnements Numériques de Gestion de Ressources Pédagogiques (ENGRP)** : Les ENGRP sont des environnements de stockages de ressources pédagogiques avec des fonctions de recherche et de sélection de ces ressources. Nous nous sommes intéressés à trois d'entre eux : **MERLOT II, UNT(FUN) et LORNET(GLOBE)**. La dernière partie du tableau 2.16 présente la synthèse de notre analyse. Dans ce tableau, l'analyse montre que les ENGRP ne permettent pas de représenter les caractéristiques d'interaction de l'utilisateur. Ils ne proposent pas un modèle de ressources numériques particulière. MERLOT II fournit des mécanismes de pré-sélection des ressources pédagogiques en fonction du profil de l'utilisateur (langue de préférence). Mais MERLOT II ne prend pas en compte les caractéristiques de l'activité de ce dernier. Les ENGRP ne propose pas de mécanismes d'adaptation des ressources numériques en fonction des caractéristiques de l'utilisateur.

Application	Modélisation Utilisateur	Modélisation RN	Gestion adaptative	Synthèse
SGA* ou LMS*				
MOODLE [xi]	Identification : nom, prénom e-mail, ville, pays, photo, numéro Préférence : langue préférée, intérêts Activité : message du forum, blog, notes	Moodle supporte plusieurs types de ressources numériques : livre, fichier(image, pdf, tableur, multimédia, *etc.*), page web, SCORM.	Moodle permet à ses utilisateurs d'organiser et de réaliser plusieurs activités (Évaluation, Chat, QCM, Sondage, Forum, Glossaire, Cours, Quiz, Activité SCORM, Wiki, Workshop)	Modèle de l'utilisateur : Basique Modèle de ressources numériques : Non Gestion adaptative des ressources numériques : Manuelle
Claroline Connect [xii]	Le profil contient les informations de type : Identification : nom, prénom, nom d'utilisateur, code administratif, e-mail, photo,téléphone, langue, description Activité : cours suivis, message du forum, blog, Notes portfolio : compétence, expérience, badges, objectifs d'apprentissage	Claroline Connect supporte plusieurs formats de ressources numériques : fichier, répertoire, texte, raccourcis, activité, cours, page wiki, annonces, forum, Scorm 1.2 - Scorm(2004), sondage, exercice, parcours, *etc.*	Les processus adaptatif de Claroline sont paramétrés dans les activités. Cette tache est laissée au concepteur qui doit tout définir à l'avance et le système ne permet pas de calculer de manière dynamique l'adaptation des ressources en fonction du profil de son utilisateur.	Modèle de l'utilisateur : Basique Modèle de ressources numériques : Non Gestion adaptative des ressources numériques : Manuelle

xi. Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) est connu comme un CMS(Course Management System) et comme une LMS(Learning Management System) ou VLE(Virtual Learning Environment) permettant aux enseignement ou formateurs de mettre en ligne leurs contenus pédagogiques. Il est utilisé dans plus de 237 pays. Moodle est une plate-forme open-source orientée e-learning [Kumar et al., 2011].

xii. Claroline connect est une application permettant de déployer facilement une plateforme dédiée à l'apprentissage et au travail collaboratif en ligne. Elle fait partie de la catégorie des LMS sous licence open-source. Il est déployé dans 84 pays au moins et traduit en 35 langues.

Sakai [xiii]	Sakai intègre un profil d'utilisateur et ce profil contient des informations basiques : — identification : nom, prénom, nom d'utilisateur, e-mail, photo,téléphone, langue, description, information de réseau social, — préférences : préférences des notifications, — activité : cours suivis, message Forum, Blog, Notes	Sakai ne définit pas un format de ressources numériques particulier. Mais elle supporte les types de ressources numériques tels que : fichier texte, tableur, présentation, multimédia, page html, citation, lien web, SCORM.	Sakai ne définit pas de processus adaptatifs dans son environnement. Elle est orientée gestion des espaces de travail (Workspace) avec des outils (ressource, chat, agenda, wiki *etc.*) permettant de travailler dans chaque espace créé.	Modèle de l'utilisateur : basique Modèle de ressources numériques : non Gestion adaptative des ressources numériques : aucune
MOOC**				
EDX [xiv]	EDx utilise principalement un profil de l'utilisateur pour gérer les authentifications à la plateforme. Les information sont : nom, langue, location, genre, mail, année de naissance, niveau d'éducation, objectifs, pays, ville, bio. Edx récolte aussi d'autres informations sur l'historique de l'utilisateur (les cours suivis, les préférence, *etc.*).	Edx définit quatre formats de ressources : discussion, HTML, problème, vidéo Dans les LMS ce type de ressources est assimilé à des activités.	Edx ne propose pas de processus adaptatifs. Le seul modèle d'adaptation possible est celui réalisé par le concepteur lors de la conception du scénario de formation. Il n'y pas de possibilité de faire des parcours personnalisés pour chaque apprenant.	Modèle de l'utilisateur : oui Modèle de ressources numériques : non Gestion adaptative des ressources numériques : manuelle

xiii. Sakai est une plate-forme logicielle d'apprentissage. À l'origine, elle a été développée comme un système de collaboration et environnement d'apprentissage (CLE). Mais très tôt dans le cadre du projet, elle s'est transformée en un véritable LMS, permettant ainsi à certaines institutions d'enseignement (Université Pierre-et-Marie-Curie, Université de Poitiers, Université de l'Indiana *etc.*) de pouvoir les l'adopter.

xiv. Edx est une plateforme d'apprentissage en ligne, fondée par le Massachusetts Institute of Technology (MIT) et par l'université Harvard (41 établissements) depuis mai 2012.

COURSERA [xv]	Coursera est une plate-forme propriétaire de MOOC. Elle propose un profil basique de l'utilisateur. Les informations du profil sont : nom, location, genre, date de naissance, biographie, site web, identifiant réseau sociaux (linkedin, facebook, twitter, git, google), mes cours.	Les formats de ressources numériques supportés par Coursera sont catégorisés en composants : syllabus/programme, forum visualisation/participation, évaluation des demande de grades, lecture/ information de sous-titrage, progression étudiant, activité, quiz,	Coursera ne propose pas de processus adaptatifs. Mais la structure en activités des scénarios laisse la possibilité au concepteur d'envisager les processus d'adaptations.	Modèle de l'utilisateur : oui Modèle de ressources numériques : non Gestion adaptative des ressources numériques : manuelle
UDACITY [xvi]	Udacity intègre un profil d'utilisateur très basique. les informations du profil sont : nom complet, surnom, e-mail, mes cours, mes certificats,	Les ressources numériques dans Udacity sont incluses dans des activités, des quiz et des exercices interférés par de petites vidéos.	Udacity ne définit pas de processus adaptatifs. Le seul moyen d'ajouter des mécanismes d'adaptation consiste à paramétrer manuellement les activités.	Modèle de l'utilisateur : basique Modèle de ressources numériques : non Gestion adaptative des ressources numériques : manuelle

xv. COURSERA est une entreprise numérique proposant des formations en ligne ouvertes à tous et fondée par l'Université Stanford, Californie (111 établissements) depuis avril 2012.

xvi. Udacity est une plateforme de MOOC créée en février 2012 à l'Université de Stanford, grâce à une expérimentation dans laquelle Sebastian Thrun et Peter Norvig voulait offrir leur cours sur « *Introduction to Artificial Intelligence* » en ligne à toute personne et gratuitement. Dans cette expérimentation plus 160 000 apprenants venu 190 pays au moins ont pris part.

FUN [xvii]	Idem avec EDX *(FUN présente alors les mêmes caractéristiques qu'EDX au niveau du profil, des ressources numériques et des processus adaptatifs.)*	Idem avec EDX	Idem avec EDX	Modèle de l'utilisateur : basique Modèle de ressources numériques : non Gestion adaptative des ressources numériques : manuelle
ENGC* **				
Mendeley [xviii]	Mendeley propose un modèle de profil utilisateur. Les informations du profil sont : nom, position, location, discipline, intérêt, bio, publication,	Mendeley supporte uniquement des fichiers PDF.	Mendeley ne propose aucun mécanisme d'adaptation dans la gestion des références. Il propose des fonctionnalités de recherches dans les bases de données d'ELSEVIR. Il propose des fonctions de partage de références.	Modèle de l'utilisateur : oui Modèle de ressources numériques : non Gestion adaptative des ressources numériques : non

xvii. FUN est une plate-forme de MOOC mise à la disposition des établissements de l'enseignement supérieur français et de leurs partenaires académiques dans le monde entier. Lancée par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche en octobre 2013, cette initiative vise à fédérer les projets des universités et écoles françaises pour leur donner une visibilité internationale. Elle permet à tous les publics d'accéder à des cours variés et de qualité où qu'ils soient dans le monde. Tous les cours présents sur FUN sont conçus par des professeurs d'universités et écoles françaises et leurs partenaires académiques internationaux. Les étudiants et les internautes peuvent suivre ces cours de manière interactive et collaborative, à leur rythme. La plate-forme FUN est conçue grâce au modèle open-source de la plate-forme Edx.

xviii. Mendeley est un logiciel de gestion bibliographique et permet de partager des références avec ses collaborateurs.

Zotero [xix]	Zotero propose un profil d'utilisateur avec des informations très basiques. Les informations du profil sont : Nom, poste, localisation, affiliation, site web, groupes	Zotero ne supporte aucun format de fichier. Il supporte seulement des formats de références bibliographiques.	Zotero ne propose aucun mécanisme d'adaptation dans son système. Il permet à l'utilisateur de trier, de classer ses références et de les partager. Une plus value de Zotero est qu'il permet de *parser* des pages web contenant des références bibliographiques. Il propose à l'utilisateur de les importer dans sa bibliothèque.	Modèle de l'utilisateur : basique Modèle de ressources numériques : non Gestion adaptative des ressources numériques : non
CLE [xx]	Les informations du profil sont : nom, discipline, institution, département, mail, téléphone, rue, code postale, ville, pays.	un CLE supporte les types de fichiers génériques (pdf, tableur, texte, *etc.*).	Les différents CLE consultés (LabFolder [xxi], Protocols.io [xxii] et Hivebench [xxiii]) n'offrent aucun mécanisme d'adaptation à l'utilisateur.	Modèle de l'utilisateur : basique Modèle de ressources numériques : non Gestion adaptative des ressources numériques : non
SGRN**				

xix. Zotero est classé dans la même catégorie que Mendeley. C'est un logiciel de gestion de références bibliographiques.

xx. Le cahier de laboratoire est un outil clef du travail dans l'entreprise et le laboratoire. Il permet le suivi des expériences et leur pérennité ; il est aussi un outil juridique essentiel. Depuis quelques années, sa version électronique est devenue de plus en plus performante, amenant de nouvelles fonctionnalités, un accès plus rapide aux données et une aide à la prise de décision. Mais il pose aussi de nouvelles questions quant à sa facilité de mise en œuvre ou encore ses limitations éventuelles [Amiard et al., 2011].

xxi. https ://www.labfolder.com

xxii. https ://www.protocols.io

xxiii. https ://www.hivebench.com/

FUN (UNT)	Pas de profil utilisateur	Les UNT supportent tout sorte de documents numériques associés à une fiche de description respectant la norme LOMfr [xxiv].	Les UNT ne proposent pas de mécanismes d'adaptation des ressources pédagogiques numériques à ces utilisateurs.	Modèle de l'utilisateur : non Modèle de ressources numériques : non Gestion adaptative des ressources numériques : non
MERLOT II	Merlot II intègre un modèle de profil utilisateur. Les informations du profil sont : nom, discipline, type de membre, date d'inscription , date de dernière connexion, affiliation, contact, langues, éducation, compétences et intérêts, publication, position, prix, expériences d'enseignement, *etc.*	MERLOT II supporte plusieurs formats de ressources numériques : activeX, fichier audio et/ou vidéo, html/texte, SCORM, VRML, Wiki, PDF, Podcast, Javascript, Java applet, image, Flash, CD-ROM,	MERLOT II permet à ses utilisateurs de faire des recherches dans sa base de ressources pédagogiques. Ces ressources pédagogiques sont évaluées par des experts ainsi que par les utilisateurs. MERLOT permet de faire une recherche avancée dans sa base de ressources pédagogiques. Il limite les résultats de recherches en fonction de la langue de préférence de l'utilisateur (déclarée dans son profil).	Modèle de l'utilisateur : oui Modèle de ressources numériques : non Gestion adaptative des ressources numériques : sélection des ressources en fonction du profil

xxiv. http ://www.lom-fr.fr/

LORNET	LORNET dont l'interface d'utilisation est aujourd'hui représenté par GLOBE ne propose pas de profil utilisateur.	LORNET est un répertoire d'objet d'apprentissage, il supporte tout les formats de fichiers. Il ne propose pas de format spécifique de ressources numériques, mais il propose à travers le consortium GLOBE, un profil d'application du LOM pour les ressources pédagogiques [Bergeron et al., 2011].	L'objectif de LORNET est la diffusion d'objet d'apprentissage. Il propose aujourd'hui un moteur de recherche sémantique pour son répertoire d'objet pédagogique. Il ne propose pas de processus adaptatifs.	Modèle de l'utilisateur : non Modèle de ressources numériques : non Gestion adaptative des ressources numériques : non

Tableau 2.16 – Comparaison d'environnements dédiés aux chercheurs

2.6.2 Analyse et synthèse

Les applications examinées montrent que les critères permettant une gestion adaptative et consolidée de ressources numériques sont insatisfaisantes.

1. La modélisation du profil dans ces systèmes a pour but de représenter les compétences, les connaissances, les préférences de l'utilisateur. Bien que ces composants soient essentiels à la gestion et à la sélection des ressources numériques pour un utilisateur, il est aussi primordial de modéliser les interactions de l'utilisateur.

   Le modèle d'interaction est nécessaire pour offrir une ressource numérique conforme au modèle d'interaction de chaque utilisateur. Cet élément manquant dans la littérature a connu un début de traitement dans les travaux de Razmerite [Razmerita et al., 2003].

   Pour assister l'utilisateur dans la gestion de ses ressources numériques, nous avons besoin de déterminer ses caractéristiques, surtout son modèle d'interaction. Ainsi, les auteurs dans [Razmerita et al., 2003] ont proposé une modélisation de l'utilisateur basée sur une ontologie pour les systèmes de gestion de connaissances en utilisant IMS-LIP. Ils ont proposé une extension du standard IMS-LIP à travers une nouvelle catégorie permettant de modéliser le comportement de l'utilisateur (*behaviour*).

   Bien que ce travail soit très intéressant, il répond en partie aux éléments manquants dans la modélisation de l'utilisateur dans les systèmes de gestion de ressources numériques. Par contre, il répond moins à notre besoin parce qu'il ne permet pas de représenter l'interactivité de l'utilisateur. Le modèle de comportement proposé ne tient pas compte des interactions avec les ressources numériques. Il permet d'adapter difficilement les ressources numériques aux caractéristiques de l'utilisateur ;

2. La modélisation des ressources numériques dans les environnements numériques examinés est orientée vers des concepts qui ne prennent pas en compte l'adaptabilité. Le modèle du SCORM inclut dans sa proposition, un modèle de séquençage et de navigation centré sur le score des objectifs. Mais il ne prend pas en compte le profil de l'utilisateur (préférences) ni les données disponibles du réseau sociale ou des traces. Il ne tient pas compte de l'évolution dynamique des caractéristiques de l'utilisateur. Ainsi, nous proposons un modèle de ressources numériques permettant une forte interactivité avec son utilisateur. Un modèle qui réalise une *« vraie adaptabilité »* de la ressource numérique ;

3. Nous avons identifié que la sélection (le choix de la ressource adaptée à l'utilisateur) et l'usage (l'expérience d'utilisation) des ressources numériques sont très importants dans les environnements numériques.Parmi les mécanismes d'adaptation supportés, la pré-sélection de ressources numériques représente une partie importante. Ces mécanismes, quand ils existent, n'utilisent que le profil de l'utilisateur, les caractéristiques des activités sont ignorées. Ce qui représente dans notre contexte un élément important.

Le tableau 2.16 montre que les applications analysées ne prennent pas en compte les caractéristiques de l'activité des utilisateurs. Ils ne proposent pas de mécanismes d'adaptation automatique dans l'utilisation des ressources numériques.

Les objectifs poursuivis dans ce travail, consistent à proposer des mécanismes de pré-sélection pertinente de ressources numériques en tenant compte des caractéristiques de la situation et de l'utilisateur. Lorsque l'utilisateur sélectionne la ressource, le système devrait être capable

d'adapter l'utilisation de cette ressource numérique aux caractéristiques de la situation et à ses caractéristiques.

2.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons analysé l'état actuel de la littérature scientifique selon les trois composants de l'application que nous proposons. Il s'agit de la modélisation des ressources numériques, de la modélisation des utilisateurs dans un système de gestion de ressources numériques et de la pré-sélection pertinente de ressources numériques dans une situation.

L'analyse de la littérature a montré qu'il manque des éléments nécessaires à la réalisation d'un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques a niveau de :

- **la modélisation de ressources numériques adaptatives et mécanismes d'adaptation :** le premier problème concernait la conception et l'utilisation adaptative des ressources numériques. L'analyse de la littérature a montré qu'il manque pour ce composant un modèle d'une structure adaptative et des mécanismes qui permettent à une ressource de s'auto-adapter. Cette auto-adaptation devrait se faire en fonction des caractéristiques de son utilisateur (profil de l'utilisateur) et des caractéristiques de la situation. De ce fait, le verrou identifié concerne **la modélisation d'une ressource numérique adaptative avec des mécanismes permettant son adaptation** dans une situation par le système ;

- **modélisation de l'utilisateur :** le deuxième problème concernait la représentation des caractéristiques d'un utilisateur dans un système de gestion de ressources numériques. L'analyse de la littérature a montré qu'il manque des approches et techniques de représentation des données d'interactions des utilisateurs. Les interactions représentent un élément essentiel des caractéristiques des utilisateurs dans un système de gestion de ressources numériques. Ainsi, le verrou concerne **la modélisation des interactions, le peuplement et la mise à jour des données du profil** de chaque utilisateur ;

- **pré-sélection pertinente de ressources numériques :** le troisième problème concerne la pré-sélection pertinente de ressources numériques candidates pour une situation. L'analyse de la littérature a montré qu'il manque des mécanismes permettant d'intégrer le profil de l'utilisateur (évaluation des préférences, objectifs, intérêts) et les caractéristiques de la situation aux méthodes de recherches d'informations. Le verrou que nous avons identifié consiste à proposer des **algorithmes et des mécanismes de pré-sélection automatique des ressources numériques disponibles en fonction du profil de l'utilisateur, des caractéristiques de la situation et des données sociales de l'environnement**.

Ces éléments manquants feront l'objet de nos travaux dans les chapitres suivants.

Dans le but de répondre à notre cahier des charges sur la proposition d'une architecture d'une application de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques, nous mettons en place des stratégies pour apporter des contributions permettant de lever les verrous identifiés.

Dans la partie suivante (partie contribution), nous présenterons les travaux qui ont permis de lever les verrous identifiés. La première contribution portera sur la modélisation de l'utilisateur dans une système de gestion de ressources numérique. Dans cette contribution, nous proposons

une extension du standard IMS-LIP à travers une modélisation des interactions de chaque utilisateur et des mécanismes de peuplement et de mise à jour automatique du profil de chaque utilisateur dans un système de gestion de ressources numériques.

La deuxième contribution propose des algorithmes et des mécanismes pour offrir à chaque utilisateur la possibilité de choisir des ressources numériques pertinentes. Ce choix respectera les caractéristiques de sa situation, les caractéristiques de l'utilisateur et utilisera les données de la communauté (expériences passées des utilisateurs) dans l'environnement de gestion.

La troisième contribution propose un nouveau modèle de ressources numériques adaptatives avec des mécanismes qui permettent au système d'adapter chaque ressource aux caractéristiques et au contexte de son utilisateur. Ce nouveau modèle de ressources numériques est capable de communiquer avec d'autres services (internes ou externes) et d'autres ressources numériques tout en modifiant sa configuration en fonction de l'utilisateur et de la situation.

Ces contributions doivent permettre de lever les verrous identifiés dans la proposition d'une application de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Elles conduiront à la proposition d'une étude de cas et à la conception d'un prototype pour leurs validations.

Partie III

Contributions à la conception d'une application de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

3

Modélisation des interactions de l'utilisateur

Ce chapitre concerne la ***modélisation de l'utilisateur dans une application de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques****. Nous proposons un modèle de l'utilisateur qui est une extension du standard IMS-LIP pour un système de gestion de ressources numériques avec une nouvelle catégorie nommée « interaction » et une méthodologie pour la collecte et la mise à jour des données du profil.*

Sommaire

3.1 Introduction 92
3.2 Concepts et définitions 93
3.3 Approches et techniques 95
3.4 Contribution : IMS-LIP++ et système à base de traces 97
3.4.1 Modélisation de l'utilisateur : modèle d'interaction 97
3.4.2 Peuplement du profil : formulaire et système à base de traces 99
3.4.3 Mécanismes d'adaptation : profil de l'utilisateur 103
3.4.4 Architecture et implémentation 105
3.5 Expérimentations et résultats 106
3.6 Discussion et synthèse 108

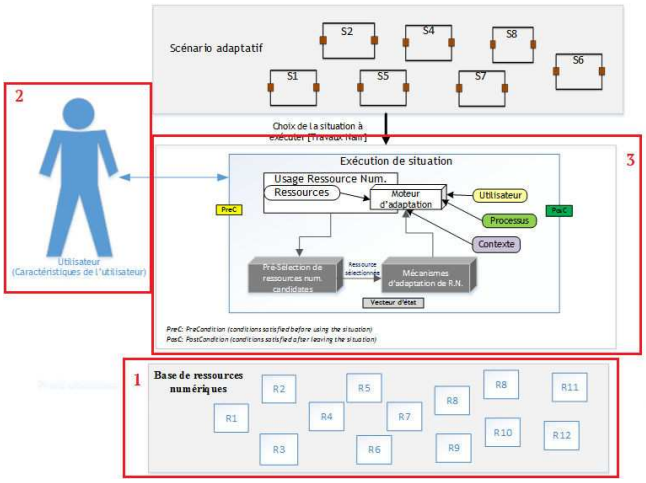


Figure 3.1 – Composants pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

3.1 Introduction

L'analyse de l'état de l'art a montré que la modélisation des interactions d'un utilisateur, le peuplement et la mise à jour automatique des informations du profil des utilisateurs est un élément manquant. Ce qui empêche la capture des caractéristiques essentielles des utilisateurs dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Dans ce chapitre, notre contribution porte sur le verrou que nous avons identifié concernant la modélisation des interactions et la gestion automatique du profil de l'utilisateur. Si nous reprenons le schéma de la figure 3.1, cette contribution concerne **l'encadré 2** : La modélisation des caractéristiques des utilisateurs pour un système de gestion de ressources numériques.

L'évolution croissante dans la conception des systèmes d'information a engendré de nouvelles questions au regard de leurs utilisabilités. Le modèle de l'utilisateur est un élément essentiel dans un système interactif et adaptatif [Brusilovsky and Millán, 2007]. Il permet de caractériser chaque utilisateur dans le système à travers un profil *(un profil utilisateur est une instance du modèle de l'utilisateur à un instant t)*.

Ces caractéristiques sont nécessaires dans un système adaptatif puisqu'elles jouent un rôle très important dans tous les environnements numériques [Brusilovsky, , Brusilovsky and Millán, 2007]. L'utilisation des profils est un des moyens qui permet aux systèmes de s'adapter aux spécificités de ses utilisateurs dans les environnements numériques.

L'objectif général de ce travail est d'offrir une application de gestion adaptative et consolidée (cohérente et pertinente) de ressources numériques. Chaque utilisateur dans ce type de système à un comportement et un profil différent. Le système doit nécessairement en tenir compte afin d'offrir à chaque utilisateur des mécanismes qui lui permettent de mieux gérer ses ressources numériques. Dans ce type d'application, les interactions de l'utilisateur avec le système et les ressources numériques représentent une part importante de son modèle de fonctionnement. Mais l'analyse de la littérature montre, que dans ce contexte, la modélisation de l'interaction de l'utilisateur n'est pas encore bien établie.

Nous considérons que c'est une caractéristique principale qui permet de satisfaire les capacités d'adaptation et d'assistance du système à ses utilisateurs dans les systèmes de gestion de

ressources numériques et au sein des Environnements Personnels d'Apprentissage (PLE) ou des Environnements d'Apprentissage fondé sur les Ressources (RBLE).

Pour satisfaire les besoins de notre application et pour compléter les travaux de la littérature, nous proposons une modélisation de l'utilisateur pour ce type de systèmes. Dans ce type de système, la prise en compte des interactions, des intérêts, des préférences, des connaissances et des compétences de l'utilisateur est importante pour adapter les mécanismes de gestion à chaque utilisateur.

Le modèle proposé s'appuie sur le standard IMS-LIP, l'IMS-LIP est la norme d'interopérabilité choisie par le CEN/ISSS *(European Commission of Standardisation/Information Society Standardisation System)* [Ehlers and Pawlowski, 2006]. Ensuite, l'IMS-LIP définit déjà un modèle de données de l'utilisateur comme un ensemble de onze catégories à réutiliser dans les environnements numériques. Enfin, l'IMS-LIP est soutenu par la plupart des applications de modélisation de l'utilisateur.

La proposition de modélisation est réalisée dans le contexte d'une étude de cas du domaine de la recherche scientifique et dont l'objectif est de permettre aux chercheurs d'organiser, de sélectionner et d'utiliser efficacement leurs ressources numériques. Dans ce domaine, le profil du chercheur représente un élément majeur dans son activité. La recherche de documents, la recommandation de pairs, la pertinence des résultats de recherche et la recommandation de relecture sont réalisés grâce à ce profil.

L'information des chercheurs est souvent dispersée et représentée de manière syntaxique (non décrit de façon significative) [Oberle and Spyns, 2004] minimisant ainsi l'interopérabilité entre les sources de connaissances et d'information hétérogènes [Adnan et al., 2009].

3.2 Concepts et définitions

Dans ce chapitre, nous utilisons la définition proposée dans [Moustakas et al., 2010] du modèle de l'utilisateur, comme l'ensemble des caractéristiques nécessaires pour décrire un utilisateur. Il représente les données nécessaires au système pour identifier l'utilisateur.

Définition : modèle de l'utilisateur

Un modèle d'utilisateur est un ensemble de caractéristiques de l'utilisateur nécessaires pour décrire l'utilisateur d'un système. Les caractéristiques sont représentées en tant que variables. Le modèle de l'utilisateur est établi par la déclaration de ces variables. Il est formellement décrit dans un format lisible par une machine et par un humain. Une instanciation du modèle d'utilisateur est un profil d'utilisateur [Moustakas et al., 2010].

Un profil utilisateur est une instance de ce modèle. Dans le profil de chaque utilisateur, il existe deux types d'information : les informations statiques et les informations dynamiques.

Dans le contexte de la gestion adaptative et consolidée des ressources numériques, il nous faut disposer des caractéristiques sur les interactions des utilisateurs pour adapter les ressources numériques en fonction des caractéristiques de ces interactions. Elles permettent également de sélectionner les ressources qui respectent le modèle d'interaction de l'utilisateur.

Définition : profil de l'utilisateur

Le profil d'utilisateur se réfère à une instance d'un modèle d'utilisateur représentant un utilisateur spécifique lisible par une machine [Moustakas et al., 2010].

Le modèle d'interaction représente des données montrant le type d'interaction d'un utilisateur en fonction de la situation. La définition proposée dans [Wagner, 1994] permet de caractériser l'interaction comme la ou les caractéristique(s) utilisée(s) par un utilisateur pour influencer les ressources numériques de son environnement. Et les caractéristiques dont disposent les ressources numériques pour influencer l'utilisateur dans une situation.

Définition : interaction

Une interaction est un *« **événement réciproque qui nécessite au moins deux objets et deux actions. Une interaction se produit lorsque ces deux objets et leurs événements s'influencent mutuellement.** »* [Wagner, 1994]

Une interaction possède plusieurs propriétés. Ces propriétés concernent la typologie des interactions et leurs modes d'action. Elles servent à caractériser les mécanismes qui seront exécutés sur chaque objets en interaction.

Propriété : interaction

Il existe plusieurs types d'interactions dans la littérature [Moore, 1989, Nieters, 2012, Friesen and Kuskis, 2013, Wagner, 1994, Anderson, 2003].
Les types d'interactions :

1. Utilisateur - Ressource Numérique ;
2. Ressource Numérique - Ressource Numérique ;
3. Système - Ressource Numérique ;
4. Utilisateur - Utilisateur (Collaboration) ;
5. Système - Système.

Et il existe plusieurs caractéristiques d'une interaction [Holden and Westfall, 2007].
Une interaction peut être :

— synchrone ou asynchrone ;
— symétrique ou asymétrique.

Dans ce travail, trois types d'interactions sont principalement utiles pour un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Il s'agit d'abord de l'**interaction entre l'utilisateur et la ressource numérique**. Elle permet d'adapter les modalités de conception et d'usage d'une ressource à son ou ses utilisateur(s). Ensuite **l'interaction entre ressources numériques**, qui concerne la communication entre les ressources numériques afin de satisfaire l'objectif de l'utilisateur. Elle permet la création de réseaux de ressources numériques ou des ressources numériques liées. Enfin l'interaction entre **le système et les ressources numériques** qui concerne la gestion des ressources numériques par le système (sélection automatique, recommandation, *etc.*).

Une interaction peut être synchrone ou asynchrone en fonction de l'environnement de l'utilisateur. Le mode synchrone est le plus privilégié parce qu'il assure une adaptation en temps réel de la ressource à l'utilisateur dans un contexte bien précis. Par ailleurs, l'interaction entre deux ressources en mode asynchrone peut permettre à une ressource de modifier ses caractéristiques

Composant d'assistance à l'utilisateur	Caractéristiques pour agir sur ce composant
Gestion des utilisateurs et ses collaborations	Caractéristiques pour représenter l'utilisateur et les critères pour construire une communauté de confiance [Nepal et al., 2012], de partage, d'évaluation et de recommandation de ressources.

Tableau 3.1 – Composant d'assistance à la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

pour un autre contexte d'utilisation. Une interaction peut aussi être symétrique, cela signifie que les deux objets s'influencent au même degré, ou asymétrique dans le cas contraire. Par exemple, lorsqu'un utilisateur lit un document, l'interaction est asynchrone parce que le document reste dans un état fixe et seul l'utilisateur manifeste un niveau élevé d'interaction.

3.3 Approches et techniques

Un système de gestion consolidée de ressources numériques nécessite trois principaux composants : un composant de gestion des utilisateurs et des collaborations, un composant de gestion des ressources numériques et un composant de gestion des processus. Le tableau 3.1 présente le premier composant avec ses caractéristiques. Ce chapitre présente nos travaux et contributions sur le premier composant.

Les objectifs définis dans ce composant sont :

— assister l'utilisateur dans le choix de la meilleure ressource en fonction de son profil (caractériser la meilleure ressource à partir du profil de l'utilisateur) ;
— adapter l'usage de la ressource en fonction du profil de l'utilisateur.

Pour agir sur ce composant, il faut modéliser l'utilisateur. Pour le modéliser dans ce système, nous avons comparé les modèles et approches existants en fonction des critères définis dans le tableau 3.2. Ces critères sont importants pour assurer l'adaptation et la gestion consolidée. Grâce à ces besoins l'approche la plus appropriée consiste à **modéliser les caractéristiques de chaque utilisateur** ***(feature-based modeling)*** à travers un **modèle de recouvrement** ***(overlay Model)*** de ***concepts (concept-level approach)***.

Ce choix est motivé par deux raisons principales. Premièrement, le profil de l'utilisateur doit contenir des données qui caractérisent l'utilisateur dans le système et lisible par une machine et par un humain. Deuxièmement, les mécanismes à mettre en œuvre pour assister l'utilisateur dans la sélection et l'adaptation de ses ressources numériques doivent pouvoir exploiter ces données dans le moteur de décisions.

Ces mécanismes doivent déterminer les valeurs de chaque concept associé à l'utilisateur et d'adapter son exécution en fonction de cette valeur. Les concepts sont plus appropriés car ils facilitent l'interopérabilité entre les systèmes n'utilisant pas les mêmes mots-clés ou les mêmes termes. La technique la mieux adaptée pour représenter ces caractéristiques grâce à cette approche consiste à étendre le modèle du standard IMS-LIP *(IMS Learner Information*

Modélisation de l'utilisateur	Critères
Domaine et connaissance	Mot-clés permettant de déterminer si la ressource est pertinente pour l'utilisateur
Compétence et préférence	Mot-clés permettant de déterminer si la ressource est pertinente pour l'utilisateur
Objectifs et activités	Mot-clés permettant de déterminer si la ressource est pertinente pour l'utilisateur
Contexte et Intention	Mot-clés permettant de déterminer si la ressource est pertinente pour l'utilisateur
Interactions	niveau d'interaction de l'utilisateur pour adapter la ressource à son modèle d'interaction

Tableau 3.2 – Critères pour la modélisation de l'utilisateur

Package) [IMS GLC, 2001]. Ce standard permet de représenter dans un ensemble de onze catégories les informations de profil d'un utilisateur.

À l'origine, ce standard a été conçu pour les environnements d'apprentissage. Il permet de modéliser les apprenants dans un système d'information éducatif. Mais ce modèle avait une vocation plus générale et destinée à d'autres types de systèmes. Néanmoins, l'approche et la technique choisies présentent quelques limites quant à l'usage effectif du profil de l'utilisateur.

Tout d'abord, le modèle du IMS-LIP contient onze catégories de données avec au moins trois champs par catégorie. La quantité d'informations que l'utilisateur doit remplir pour compléter son profil est un inconvénient majeur à l'utilisation de ce modèle. Plusieurs expériences ont montré que les utilisateurs ne sont pas favorables à renseigner tous les champs de leur profil pour des raisons relevant souvent du domaine de la vie privée. Parfois, les utilisateurs ne savent pas comment remplir ces champs et ils n'y accordent pas trop d'importance, par conséquent, ils n'y trouvent pas du temps pour cette tâche.

Ensuite, les concepteurs rencontrent des difficultés pour définir les caractéristiques pertinentes du modèle de l'utilisateur en fonction de leurs besoins. Les mécanismes d'adaptation ne savent pas comment identifier les données pertinentes et nécessaires pour assurer l'adaptation ou la personnalisation dans le système.

Enfin, les informations du profil sont très évolutives et dynamiques, cela nécessite, une opération de contextualisation des données et de maintenance continue du modèle et des données du profil. Cette opération de mise à jour permanente pose des problèmes. Les propositions apportées dans ce travail permettent de modéliser un utilisateur dans un système de gestion consolidée de ressources numériques.

Notre méthode consiste à proposer une extension du modèle IMS-LIP avec des informations pertinentes pour les mécanismes de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques et à fournir un système à base de traces qui permet de compléter automatiquement les données du profil de l'utilisateur et gérer leurs mises à jour grâce aux traces laissées par l'utilisateur.

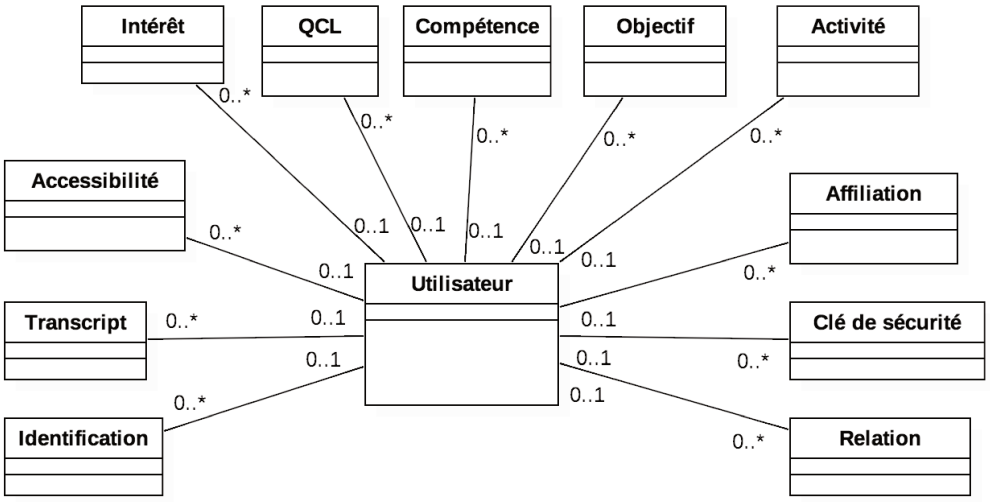


Figure 3.2 – IMS-LIP

3.4 Contribution : IMS-LIP++ et système à base de traces

Les profils d'utilisateurs permettent de fournir au système des informations pertinentes pour assister l'usager dans la gestion de ses ressources numériques, dans ses processus de traitements, et dans ses collaborations. Nous définissons le modèle de l'utilisateur pour un système de gestion consolidée de ressources numériques et nous proposons une méthode permettant de compléter et de maintenir les données de l'utilisateur à jour.

3.4.1 Modélisation de l'utilisateur : modèle d'interaction

Dans le contexte de la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques ou des PLE et RBLE, le profil de l'utilisateur permet au système de satisfaire un engagement à long terme dans l'application [Bouvier et al., 2014]. Il apporter une meilleure expérience et une satisfaction dans l'usage du système [Croxton, 2014]. Il favorise la sélection des meilleures ressources numériques appropriées pour le bon utilisateur [Ognjanovic et al., 2014]. Ces fonctionnalités dépendent du modèle d'interaction de l'utilisateur et des préférences de chaque utilisateur.

Pour cela, nous proposons une nouvelle catégorie dans le modèle IMS-LIP pour capturer ce modèle d'interaction. La figure 3.2 présente la version originale du IMS-LIP et la figure 3.3 décrit l'extension proposé pour les applications de gestions adaptative et consolidée de ressources numériques.

Dans cette extension, nous proposons une nouvelle catégorie « interaction » avec les concepts permettant de capturer le profil d'interaction de chaque utilisateur. Dans la figure 3.3, la nouvelle catégorie est encadrée avec une ligne plus épaisse et les nouveaux concepts adaptés du modèle sont mentionnés. À titre illustratif, les activités dans IMS-LIP ont été transformées en situations

dans l'extension. Les situations permettent de mieux définir les activités de l'utilisateur dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques.

Le tableau 3.3 présente les nouveaux éléments ajoutés au modèle du standard. Pour déterminer les valeurs du modèle d'interaction, nous nous sommes inspirés des travaux des experts du domaine [Carter and Lange, 2005, Anderson, 2003, Wagner, 1994, Friesen and Kuskis, 2013, Nieters, 2012]. D'autres nouveaux champs sont plus spécifiques à un modèle du chercheur et liés à l'étude de cas que nous avons choisie, notamment les informations de préférences et d'objectifs. Comme mentionné régulièrement, dans un système de gestion consolidée de ressources numériques, il est très important de caractériser le type d'interaction et de le niveau d'interaction de chaque utilisateur afin d'adapter le processus d'usage de chaque ressource numérique.

Il ne suffit pas de caractériser le modèle de l'utilisateur pour en faire usage. Il faut aussi fournir des mécanismes pour permettre à l'utilisateur de compléter ce modèle afin de fournir toutes les informations nécessaires au système adaptatif et gérer les mises à jour de ces informations. Comme présentées dans le tableau 3.5, certaines caractéristiques sont dynamiques et d'autres statiques.

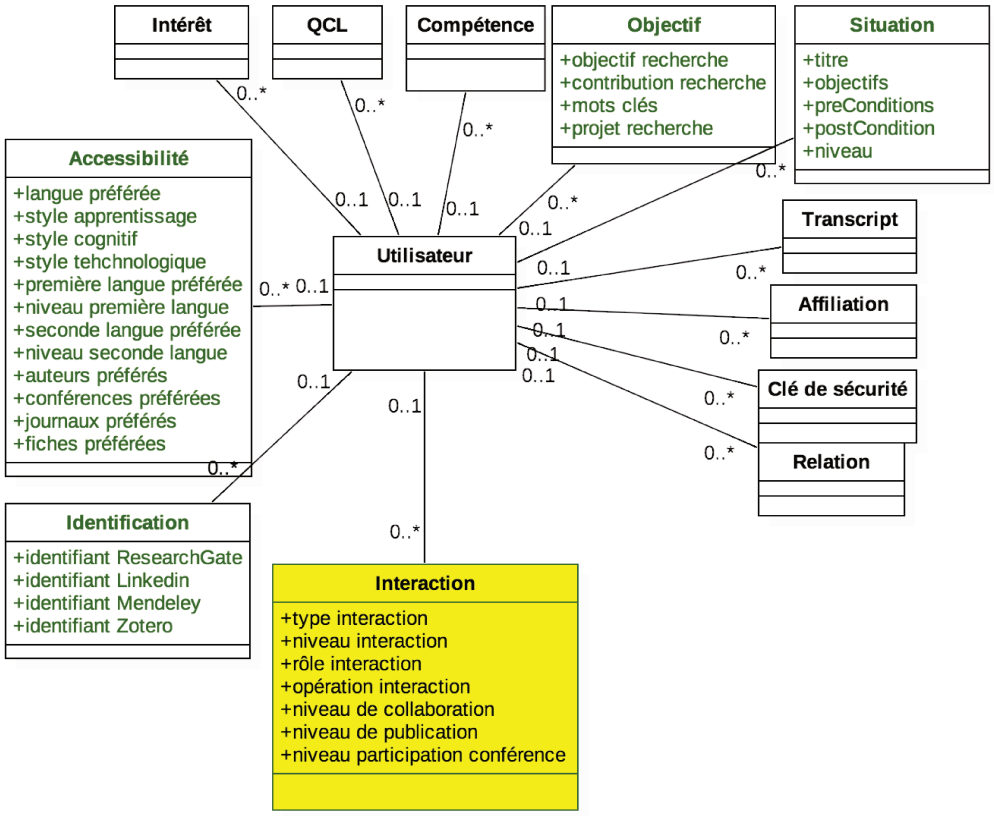


Figure 3.3 – IMS-LIP++ : extension du IMS-LIP

IMS-LIP avec extension	**Nouveau champs**
Identification ; Transcription	Aucun
Compétence	aucun
Activité	Situation
Intérêts	Intérêts de recherche
Objectifs	Problématiques de recherche, Contribution à la recherche, Projets de recherche, Mots-clés de recherche, Objectifs de la recherche, Objectifs dans les situations
Qualification-Certificat-Licence ; Affiliation	aucun
Accessibilité	Format de la ressource numérique préféré, Auteurs préférés, Conférences préférées, Revues préférées, Brevets préférés
Clé de sécurité ; Relations ;	aucun
Interaction	— Type interaction : := « active » | « expositive » | « mixed » ; — Rôle interaction : := « Createur » | « Lecteur » | « contributeur » | « reviewer » | « éditeur » ; — Niveau interaction : := « passive » | « limited » | « moderate/complex » | « real-time/simulation » ; — Opération interaction : := « filtrage » | « concatenation » | « modifcation » | « validation » ; — Niveau collaboration : := « très actif » | « actif » | « passif » | « inactif » ; — Niveau publication : := « très actif » | « actif » | « Passif » | « inactif » ; — Niveau participation conférence : := « très actif » | « actif » | « passif » | « inactif » ;

Tableau 3.3 – Modélisation de l'utilisateur pour un système de gestion de ressources numériques

3.4.2 Peuplement du profil : formulaire et système à base de traces

La gestion du profil de l'utilisateur est une problématique à laquelle nous avons été confrontée lors de nos travaux. Pour assister les utilisateurs dans un système de gestion de ressources numériques, nous avons besoins des données qui les caractérisent. Mais ces données doivent être pertinentes et à jour. Comment rendre les données du profil de chaque utilisateur pertinentes et à jour ?

Pour permettre au système d'avoir toutes les informations pour assister l'utilisateur, il existe deux principales méthodes de collectes des données de l'utilisateur [Keenoy et al., 2004, Gauch et al., 2007].

1. **La collecte explicite :** les informations du profil des utilisateurs se complète explicitement. Une demande est faite explicitement à chaque utilisateur pour soumettre les

informations nécessaires manuellement avant tous mécanismes de personnalisation ou d'adaptation. Le processus de collecte de données peut être simple comme cocher des cases afin d'indiquer ses préférences, ou détaillée comme le remplissage de longs formulaires contenant des renseignements personnels, la description d'intérêts, la description des objectifs, des tâches, *etc.*

Cette méthode explicite de collecte d'informations est considérée comme de *« haute qualité »*. Toutefois les utilisateurs ne sont pas disposés à dépenser assez de temps et d'efforts pour soumettre des données à un système, en particulier lorsque les avantages ne sont pas immédiatement évidents. Cela peut rendre la collection explicite de données de profil très difficile [Keenoy et al., 2004].

Ce type de collecte est assuré par les champs du formulaire que nous proposons dans le système au niveau du profil de chaque utilisateur et présenter dans la figure 3.5. Quoique ce type de collecte ne représente pas toujours le format le plus facile pour les utilisateurs. Lors de nos expérimentations, certains utilisateurs ont mentionné que le formulaire était difficile et long à compléter.

Dans notre formulaire, dans le but d'inciter les utilisateurs à compléter certains champs, nous les avons obligatoires (ils s'agissaient des champs de mots-clés et d'intérêts). Une autre solution pour inciter les utilisateurs à compléter le profil, consiste à faire un système de formulaire progressif à remplir lors de la première connexion à la plate-forme et à chaque étape, indiquer le niveau de complétion ;

2. **La collecte implicite :** les données du profil de chaque utilisateur sont déduites de leurs interactions avec le système, des situations réalisées et des ressources utilisées. L'avantage de la collecte de données par cette technique est qu'elle permet de soulager l'utilisateur du fardeau d'avoir à fournir et de tenir à jour les informations nécessaires. Mais les données collectées par cette méthode sont généralement considérées comme de *« basse qualité »* ou *incertaines* que celles qui sont recueillies explicitement [Nichols, 1997].

Nous proposons un système à base de traces d'utilisation recueillie dans le système et plus particulièrement dans l'exécution des situation. Ces traces sont ensuite analysées pour fournir une meilleure complétion de chaque profil des utilisateurs. Le but du système à base de traces est d'identifier les données nécessaires afin de compléter automatiquement le profil de chaque utilisateur. Il maintient la cohérence à long terme des caractéristiques de chaque utilisateur dans l'application. De ce fait, nous avons identifié des mécanismes pour la mise à jour automatique des données de l'utilisateur. Ces mécanismes sont issus du *datamining*. Il s'agit de fouiller les traces laissées par les utilisateurs pour représenter l'évolution de leurs profils. Par exemple, grâce à l'analyse des traces, nous pouvons modéliser l'évolution des mots-clés de chaque utilisateur à travers les ressources numériques qu'il utilise.

Dans la littérature, il existe des propositions pour représenter les données du profil de chaque utilisateur, mais les mécanismes pour la mise à jour de ses données ne sont pas encore bien définis. Ainsi, nous proposons **un modèle de système à base de traces pour assurer la mise à jour des données du profil de l'utilisateur** que nous avons défini. Pour notre système de gestion de traces, nous avons défini trois modèles de traces :

1. les traces liées à l'exécution d'une situation : le modèle que nous avons défini est le suivant.

Modèle de traces : modèle de traces pour les situations

S_i =<V,U,C,R >$_t$
Où

S_i représente la situation exécutée ;

V représente le vecteur d'état de la situation courante. Il contient les informations concernant l'heure de début, la durée, l'heure de fin de l'exécution de la situation ;

U représente les utilisateurs dans la situation. Ces utilisateurs sont identifiés grâce à un identifiant qui renvoie vers leurs profils dans l'application ;

C représente la liste des critères de la situation. les objectifs à atteindre dans une situation sont exprimés en termes de critères mesurables ;

R représente les ressources numériques utilisées dans la situation. Ces ressources numériques sont identifiés grâce à un identifiant qui renvoie vers leurs descriptions dans l'application ;

2. les traces liées aux activités de l'utilisateur dans le réseau social : le modèle que nous avons défini est le suivant.

Modèle de traces : modèle de traces pour le réseau social (RS)

RS =<U1,*action*,R,$U2$ >
Où

$U1$ représente l'utilisateur 1. Cet utilisateur est celui qui réalise l'action. Il est identifié grâce à un identifiant qui renvoie vers son profil ;

action représente l'action réalisée par l'utilisateur 1. Les actions réalisables sont : aimer, commenter, partager, suivre, modifier, copier une ressource numérique d'un autre utilisateur ;

R représente la ressource numérique sur laquelle l'action de l'utilisateur est appliquée. Cette ressource numérique est identifiée grâce à un identifiant qui renvoie vers sa description dans l'application ;

$U2$ représente l'utilisateur 2. Cet utilisateur est celui qui subit l'action de l'utilisateur 1. Il est identifié grâce à un identifiant qui renvoie vers son profil ;

La gestion des traces représente une partie importante d'un système adaptatif de gestion de ressources numériques. Nous avons utilisé des mécanismes de fouille de données dans les traces afin identifier des valeurs pour le peuplement du profil et chaque utilisateur et aussi pour mettre à jour le profil dans l'application. Nous avons détaillé le système à base de traces et ses mécanismes dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques dans l'annexe A.4

Lors des expérimentations, nous avons principalement utilisé les traces liées à l'**exécution des situations**. Ces traces permettent de découvrir les champs d'intérêts de l'utilisateur à travers **les mots-clés émergents**. Elles sont recueillies grâce à un système de gestion de traces qui collecte les interactions de l'utilisateur avec l'environnement. La figure 3.4 présente l'architecture de système à base de traces pour la gestion du profil des utilisateurs.

Dans cette architecture, il existe trois phases :

1. **la collecte :** cette phase permet de collecter toutes les traces produites par l'interaction entre l'utilisateur et l'environnement selon un modèle pré-défini ;

2. **la transformation :** cette phase permet de filtrer et de sélectionner les traces pertinentes en fonction des objectifs d'exploitation ;
3. **l'exploitation :** cette étapes permet d'analyser les traces sélectionnées pour intégrer les informations pertinentes dans le profil de l'utilisateur. Une validation par l'utilisateur a posteriori est importante pour confirmer les informations déduites par le système de traces, cela diminue le degré d'incertitude au niveau du système.

Ces trois étapes importantes se retrouvent dans l'architecture du système de traces et permettent d'assurer de l'adaptabilité dans un système [Moustakas et al., 2010]. Ces étapes sont caractérisées par les trois termes : *afférence* (collecte des données d'observation sur l'utilisateur), *inférence* (la création ou la mise à jour d'un modèle de l'utilisateur sur la base de ces données) et *efférence* (décision sur la manière d'adapter le système).

Notre travail ne vise pas à élaborer de nouveaux concepts autour des SBT (Système à Base de Traces). Il réside dans l'utilisation des concepts généraux des SBT aux systèmes à base de situations développés dans la thèse de HO [Ho, 2015] et pour les systèmes de gestion de ressources numériques.

Cette section rappelle les principes fondamentaux des systèmes à base de traces pour construire un SBT en conformité avec notre contexte. Notre travail sur les traces n'a donc pas donné un apport scientifique particulier dans le domaine de gestion de traces, mais il nous permet de collecter et de stocker dans une base de traces formalisées des données liées à l'exécution des situations. Cette base de traces est exploitée par des mécanismes de mise à jour des profils des utilisateurs et de gestion des ressources numériques dans notre contexte.

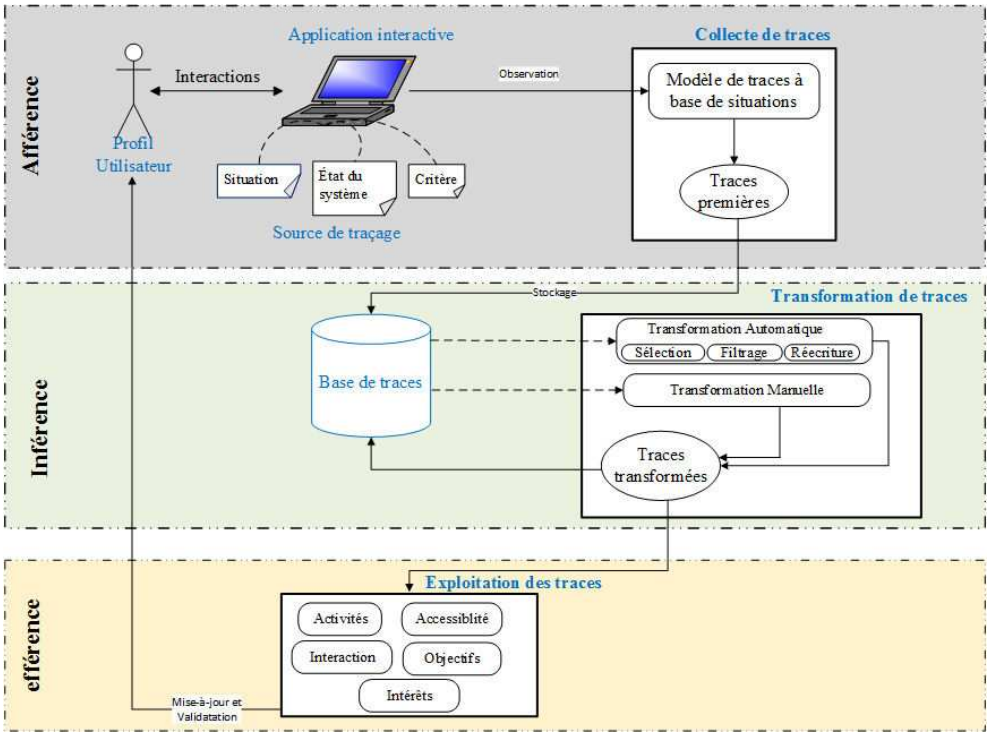


Figure 3.4 – Étapes pour la complétion automatique du profil utilisateur à base de traces (adaptée de [Ho, 2015])

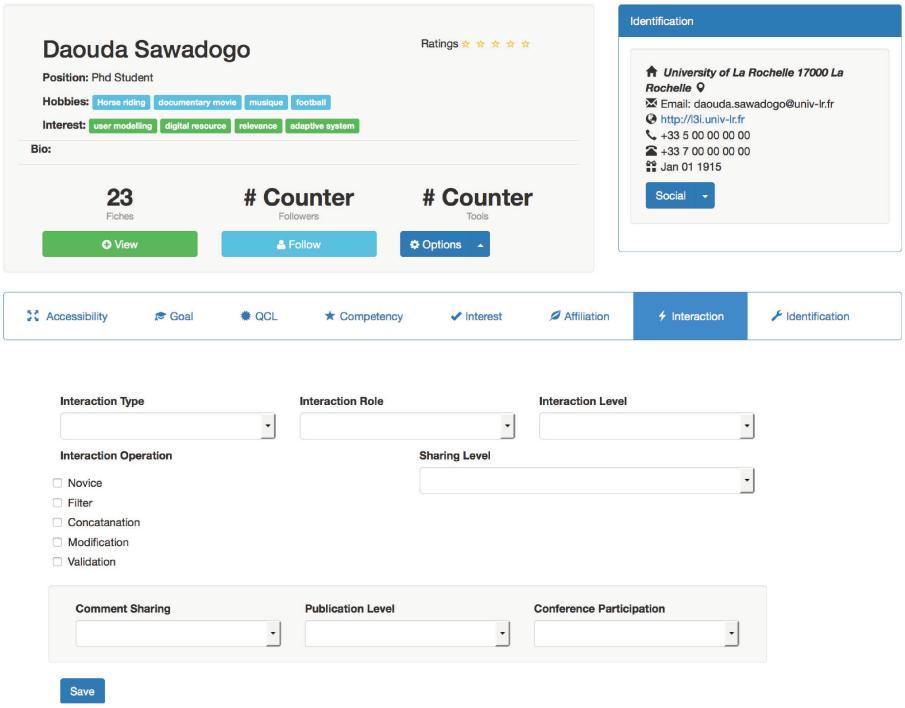


Figure 3.5 – Formulaire IMS-LIP++ dans PRISE

3.4.3 Mécanismes d'adaptation : profil de l'utilisateur

La modélisation du profil de chaque utilisateur, la collecte et la maintenance des données du profil sont utiles pour assurer des mécanismes d'adaptation dans le système de gestion de ressources.

Les mécanismes d'adaptation peuvent être regroupés en trois niveaux d'adaptabilité [Nepom, 2013] :

- **la catégorisation :** les mécanismes dans cette catégorie permet de différencier les parcours des utilisateurs dans l'environnement grâce à des catégories pré-établies. À titre d'exemple, si utilisateur arrive dans le système avec un niveau « haut » d'interaction, le système lui fournit les mêmes ressources numériques et adapte son comportement en fonction des autres utilisateurs existant et ayant le même niveau d'interaction. En clair, cet utilisateur est classé dans la catégorie des utilisateurs de ce type de niveau d'interaction ;
- **la personnalisation :** les mécanismes dans cette catégorie sont définis grâce à un moteur de règles ayant un arbre de décision. Cela permet de déterminer le parcours de cet utilisateur à l'entrée du système. Ainsi, chaque utilisateur, lors de l'accès fournit des informations qui permettent à l'application d'adapter son comportement ;
- **la vraie adaptabilité :** les mécanismes dans cette catégorie sont ceux que nous considérons comme les plus appropriés à notre travail. Ces mécanismes utilisent continuellement les données de l'utilisateur et s'adaptent continuellement en fonction de ces données. Par exemple, un utilisateur à un instant t peut être dans un situation de *lecture d'article* avec un niveau d'interaction *« faible »* parce qu'il préfère ce niveau pour cette situation et à l'instant *t+1* et est dans une autre situation de *rédaction d'article* avec un niveau d'interactivité « très haut ». Le système devrait à chaque instant calculer le profil de

l'utilisateur et s'y adapter.

L'exploitation des informations du profil à des fins d'adaptation demande ainsi au système une classification des données du profil. Les données du profil de chaque utilisateur peuvent être classées en deux types : les données statiques et les données dynamiques. Il est possible d'imaginer un troisième type sur les données semi-statiques (dont la fréquence de changement est un temps assez long comme l'âge par exemple), mais cela nécessite une considération et un choix sur le temps à définir. Ce troisième type peut être traité comme statique ou dynamique selon la logique du concepteur et du modèle de l'application. Le deux types de données sont :

1. **le type statique :** les mécanismes d'adaptation utilisent directement les informations de l'utilisateur stockées dans le profil pour les données classées statiques. Ce type de donnée nécessite moins d'efforts dans l'analyse sémantique et dans l'interprétation par le système. Ces informations peuvent être : *domaine de recherche, champ de recherche, langue préférée, le style technologique, niveau de qualification, mots-clés, intérêts de recherche, etc.* ;
2. **le type dynamique :** les mécanismes d'adaptation calculent et interprètent les valeurs des informations stockées dans le profil de l'utilisateur en relation avec son contexte dans le système. Ce type de données exige plus d'efforts dans l'analyse sémantique et d'interprétation par le système. Ces informations sont : intention de l'utilisateur [Chen et al., 2014, Djamasbi and Strong, 2008], Objectif de l'utilisateur, niveau d'interaction de l'utilisateur, le type d'interaction, niveau de langue *etc.* Ces informations sont très sensibles au contexte de l'utilisateur et du système. Elles nécessitent également une analyse en temps réel afin d'adapter système aux caractéristiques de l'utilisateur [Gauch et al., 2007].

Ces deux types de données sont importants pour optimiser les mécanismes d'exploitation du profil de l'utilisateur pour la gestion des ressources numériques et l'adaptabilité de l'environnement. Ces deux types de données sont souvent combinés, afin de déterminer la pertinence d'une ressource numérique et le modèle d'adaptation aux besoins d'utilisation.

Dans l'expérimentation, nous avons exploité les mécanismes définis pour la sélection pertinente de ressources numériques (chapitre 4). Avec ces mécanismes, les données contextualisées du profil de chaque utilisateur sont corrélées avec les données de chaque ressource numérique disponible. Ensuite, grâce à une méthode de calcul de similarité, ils déterminent la liste de ressources numériques pertinentes à un utilisateur en fonction de son contexte (des caractéristiques de son activité).

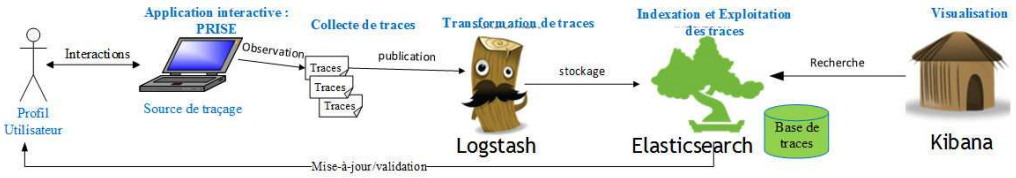


Figure 3.6 – Implémentation technique de la complétion automatique du profil utilisateur à base de traces

3.4.4 Architecture et implémentation

Notre système expérimental met en œuvre un profil d'application du IEEE-LOM [Barker, 2005] pour la recherche. Ce profil d'application est présenté dans l'annexe A.5. Les métadonnées des ressources sont stockées dans une base de données MySQL utilisant l'ORM Doctrine pour la manipulation. Le profil de l'utilisateur est stocké dans une base de données SQL pour les besoins de réutilisation, des services Web (*API-REST*) sont disponibles pour récupérer les informations de profil.

Les caractéristiques de mise en œuvre tiennent compte de l'interopérabilité et de l'échange sémantique des données. Nous utilisons le format *JSON-LD* [JSON-LD, 2014] pour la communication *API-REST* des données dans le système. Ce format de données est utile pour mettre en place une structure de données sémantiques. Il permet de créer facilement des services web de type *REST*, d'assurer interopérabilité entre plusieurs systèmes [Cena and Furnari, 2012] et de concevoir un modèle lisible par un humain et par une machine. Le modèle de données de l'utilisateur est accessible par des requêtes *HTTP*, grâce à des web services disponibles en *GET, PUT, POST* et *DELETE*. C'est un modèle serveur avec des données ayant une structure sémantique.

Parmi les modèles proposés dans la littérature :
modèle serveur de l'utilisateur [Zhang and Ghorbani, 2007] ; modèle ontologique de l'utilisateur [Denaux et al., 2004] ; modèle fondée sur la technologie LDAP [Kobsa and Fink, 2006], notre proposition permet une structuration sémantique de l'information du profil de l'utilisateur et rend facile sa construction et son exploitation à travers plusieurs plates-formes. Le tableau 3.7 présente une comparaison des différents types de modélisation de l'utilisateur. La complétion automatique et la mise à jour des données du profil de chaque utilisateur sont assurées par un système à base de traces. Ce système est mis en œuvre grâce à la technologie ELK *(ElasticSearch Logstash Kibana)* [Elastic, 2015a]. La gestion des traces se fait avec **Logstash**, la visualisation et l'analyse statistique des traces est réalisé avec **Kibana** comme présenté dans la figure 3.6.

Quant à l'analyse des traces, elle est réalisée en trois phases :

- sélection des traces : identification des utilisateurs dont les profils doivent être complétés avec les traces. Cette phase permet aussi d'identifier les traces à réaliser sur les traces ;
- analyse statistique : obtention des indicateurs sur les traces sélectionnées. Cette la phase est réalisée par Kibana qui fournit des données statistiques sur les traces (liste des mots-clés les plus utilisés, les situations les plus fréquentes, liste des ressources les plus utilisées) ;
- analyse et validation : analyse des champs du profil et les indicateurs obtenus afin de proposer une mise-à-jour ou une complétion des champs du profil.

Composants d'assistance à l'utilisateur	**Caractéristiques utilisées dans le profil**
Gestion adaptative et consolidée de ressources numériques	langue préférée ; niveau de langue ; champs de recherche ; mots-clés ; expertise ; intérêts de recherche ; type d'interaction ; niveau d'interaction [Sawadogo et al., 2014a]

Tableau 3.4 – Critères du profil de l'utilisateur pour l'assistance à la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

Dans l'annexe A.4, nous donnons plus de détail sur le système général à base de traces que nous avons mis en place pour l'expérimentation.

3.5 Expérimentations et résultats

Les expérimentations réalisées montrent que le profil de l'utilisateur est nécessaire pour assurer de l'adaptabilité dans le système de gestion de ressources numériques. Tout d'abord, le modèle de métadonnées de description d'une ressource numérique contient deux champs d'informations pour sélectionner la ou les bonne(s) ressource(s). Dans le champ 5.1 de la catégorie 5 du IEEE-LOM, il y a le *type d'interaction* de la ressource et dans le champ 5.3 de la même catégorie, il y a le *niveau d'interaction* de la ressource. Le modèle d'interaction du profil d'utilisateur permet de sélectionner les ressources qui correspondent aux types d'interaction, au niveau d'interaction de l'utilisateur et à ses préférences grâce à une comparaison simple des valeurs de ces champs.

Le chapitre suivant donne une forme plus détaillé sur la pré-sélection pertinente de ressources numériques dans une situation.

Exemple 1 : niveau d'interaction

Supposons une ressource dont le champ 5.3 (niveau d'interactivité) contient la valeur : *« très faible »*. Pour l'utilisateur 1 de l'exemple (figure 3.8), cette ressource ne correspond pas à son niveau d'interaction. Le système devra pour cela adapter le niveau d'interaction de la ressource pour cet utilisateur ou choisir une autre ressource numérique plus appropriée. Pour l'utilisateur 4, il correspond parfaitement donc elle est pertinente pour cet utilisateur.

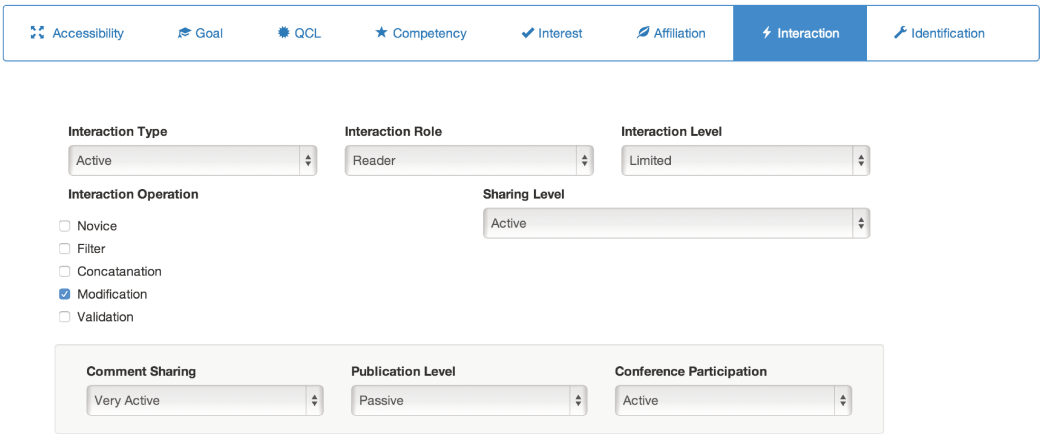


Figure 3.7 – Exemple du profil IMS-LIP++ dans PRISE

Exemple 2 : mots-clés et langue

Supposons que le champ *mots-clés* de la ressource contient la valeur : *« user modelling, adaptation »* et le champ *langue* contient *« anglais »*. Cette ressource convient plus à l'utilisateur 1, mais devrait fournir des outils additionnels pour lui permettre de mieux l'utiliser dans sa langue préférée *(le français)*.

Les expérimentations réalisées montrent que le modèle du profil de l'utilisateur dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques permet d'avoir les données qui caractérisent l'utilisateur. Ces données sont nécessaires pour les mécanismes de pré-sélection et d'adaptation des ressources numériques. Ces mécanismes permettent d'adapter les ressources numériques aux caractéristiques de ses utilisateurs. Les caractéristiques d'interaction des utilisateurs sont très importantes dans la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques.

Quant au système à base de traces, il permet de compléter le profil de l'utilisateur et de le maintenir à jour. Par exemple, en analysant les traces des situations et des ressources numériques créées et utilisées par les utilisateurs, nous pouvons mettre à jour les *mots-clés* de ceux-ci.

Dans l'expérimentation, nous avons gardé des traces sur les situations de l'utilisateur, ces traces permettent d'identifier les auteurs les plus cités par l'utilisateur *(auteurs préférés)*, les journaux le plus populaire *(journaux préférés)* et les thèmes de recherche de l'utilisateur *(intérêts de recherche)*. La gestion des traces constitue de ce fait même, de précieuses informations pour compléter le profil de l'utilisateur et pour le maintenir à jour. Néanmoins, les valeurs automatiques proposées dans le profil de l'utilisateur doivent être validées *a posteriori* par l'utilisateur. Ce qui permet de réduire le degré d'incertitude sur les données du profil.

Le chapitre 7 donne plus de détails sur le protocole expérimental de tout l'environnement et une évaluation des résultats. Nous avons présenté dans ce chapitre la modélisation de l'utilisateur dans un système de gestion consolidée de ressources numériques. L'élément principal concerne les interactions des utilisateurs qui sont nécessaires dans ce type de système.

Figure 3.8 – Exemple d'utilisateur dans PRISE

Notre contribution permet de manière générale à tous les PLE *(Personal Learning Environment)* ou RBLE *(Resource-Based Learning Environment)* de disposer d'un modèle et des mécanismes de gestion des données caractérisant chaque utilisateur. Cette contribution permet d'assurer l'adaptabilité de l'exécution du système à son utilisateur. Les résultats de ce chapitre constituent une base importante que nous exploiterons dans les chapitres suivants pour définir les mécanismes de pré-sélection pertinente des ressources numériques et d'adaptation des ressources numériques.

Résultat obtenu : modélisation des interactions de l'utilisateur et mécanismes de mise à jour automatique du profil

Le résultat obtenu s'exprime sous forme d'une **extension du modèle IMS-LIP** avec des **mécanismes de peuplement et de maintenance** des données du profil des utilisateurs d'un système de gestion de ressources numériques. Dans ce modèle, les caractéristiques pertinentes ont été proposées et les mécanismes d'adaptation pour l'assistance des utilisateurs dans l'usage des ressources numériques ont été identifiés.

3.6 Discussion et synthèse

La modélisation de l'utilisateur et la proposition de mécanismes de gestion des données du modèle de l'utilisateur pour un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

Composant du modéle utilisateur	**IMS-LIP avec extension**	**Type**	**Approche**
Connaissance	Compétence ;	statique et dynamique	vecteur de concepts pondérés
Intérêt	Intérêt ;	dynamique	vecteur de concepts pondérés
Objectifs et Tâches	Objectifs ; Buts ;	dynamique	catalogue de but
Compétence	Qualification-Certificat-Licence ; Affiliation ;	statique	vecteur de concepts pondérés
Traits individuels	Accessibilité	statique	vecteur de concepts pondérés
Contexte	Clé de sécurité ; Relation ;	statique et dynamique	vecteur de concepts pondérés
Interaction	Interaction	dynamique	vecteur de concepts pondérés
Préférence	Accessibilité	statique et dynamique	vecteur de concepts pondérés

Tableau 3.5 – Modélisation de l'utilisateur avec une extension du IMS-LIP

Projet	C1	C2	C3	C4	C5	C6
PAPI	☺	☺	☺	☺	☹	☹
IMS-LIP	☺	☺	☺	☺	☹	☹
SERPOLET	☺	☺	☺	☺	☹	☹
PersonisAD	☺	☹	☹	☺	☹	☹
CUMULATE	☺	☺	☺	☺	☹	☹
STyLE-OLM et AIMS	☺	☹	☺	☺	☹	☹
OntobUMf	☺	☺	☺	☺	☹	☹
PRISE	☺	☺	☺	☺	☺	☺

C1 : préférences et intérêts ; C2 : compétences et connaissances ;
C3 : buts et objectifs ; C4 : activités ; C5 : interaction ;
C6 : mise à jour automatique du profil

Tableau 3.6 – Évaluation des critères pour la modélisation du profil des utilisateurs

sont les principales contributions de ce chapitre. Dans le modèle proposé, la nouveauté concerne le modèle d'interaction de l'utilisateur. Ce modèle permet d'assister l'utilisateur dans l'usage de ses ressources numériques. Il permet d'adapter le modèle d'interaction des ressources numériques au modèle d'interaction des utilisateurs grâce aux mécanismes d'adaptation.

Dans les PLE ou RBLE la modélisation des interactions de l'utilisateur permet de l'assister pour satisfaire ses objectifs dans une situation. En utilisant la ressource numérique pertinente ou en adaptant la ressource numérique au modèle d'interaction de l'utilisateur, le système assure une satisfaction à l'utilisateur. Le modèle de l'utilisateur permet également d'identifier les champs d'intérêts des utilisateurs et de faciliter la collaboration entre eux. Cela répond ainsi au premier composant du tableau 3.1.

Dans [Bethard et al., 2009, Wetzler et al., 2013, Adnan et al., 2009], les auteurs proposent des méthodes permettant de caractériser automatiquement la qualité d'une ressource pédagogique grâce aux techniques de *machine learning*. Notre proposition permet d'associer la pertinence d'une ressource numérique aux informations du profil de l'utilisateur et de proposer des mécanismes d'adaptation et de sélection en fonction du profil de l'utilisateur. Par ailleurs, l'étude de cas ayant servi à l'expérimentation de notre contribution a permis de valider la pertinence du modèle que nous avons proposé en terme de description complète des informations pertinentes sur un chercheur.

Ce modèle peut servir de référence pour les réseaux de recherche comme **Mendeley, Academia, ResearchGate, Zotero, *etc.***. Notre modèle utilise un format de données structurées et compréhensibles par l'homme. Ce format de données est adapté pour le partage des données entre plusieurs systèmes d'information.

Les travaux connexes à notre contribution sont dans [Denaux et al., 2004], [Simon et al., 2004, Croxton, 2014, Razmerita et al., 2003]. Ces travaux proposent une modélisation du comportement des utilisateurs dans un système de gestion de connaissances. Ce modèle est très intéressant et utile pour les systèmes d'organisation et de partage des connaissances. Par contre, il ne tient pas compte de la dimension usage des ressources permettant d'acquérir des connaissances et de l'assistance à la sélection pertinente des ressources numériques.

Notre recherche complète et étend ces travaux avec une dimension orientée vers l'adaptabilité dans la sélection et l'usage des ressources numériques contenues dans un système d'information.

Le tableau 3.6 donne l'évaluation des critères par rapport à notre contribution et le tableau 3.7 présente un comparatif des travaux existants en lien avec cette contribution. Dans ce dernier tableau, le modèle que nous proposons est le seul qui, à notre connaissance, est adapté à la conception d'applications de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Il permet de sélectionner des ressources pertinentes pour un utilisateur et d'adapter chaque ressource numérique aux caractéristiques de cet utilisateur.

Le modèle proposé est orienté serveur de type décentralisé. Chaque application peut avoir son propre modèle et gérer ses propres données. Nous proposons des web services (API-REST) pour l'extraction et la mise à jour des données du profil de chaque utilisateur, ce qui permet à des applications tierces de modifier le profil de l'utilisateur.

La méthode de collecte explicite est réalisée grâce à un formulaire que l'utilisateur peut compléter à tout moment et la collecte implicite est réalisée par un système à base de traces, ce qui représente une nouveauté dans le domaine de la gestion des profils utilisateurs. Le format d'échange de données est le *JSON-LD* dont les caractéristiques permettent de préparer les données à une utilisation sémantique et partagée avec d'autres applications.

Il faut préciser que le profil de l'utilisateur permet de capturer les données qui caractérisent chaque utilisateur du système. Il ne permet pas de modéliser ou de déterminer le comportement de l'utilisateur, mais plutôt d'identifier ses caractéristiques statiques ou dynamiques en fonction de la situation qui serviront au moteur d'adaptation.

Il est important de préciser que pour la complétion automatique du profil d'un utilisateur, nous n'avons pas proposé un nouveau modèle ou un nouveau système de gestion des traces. Mais, nous nous sommes appuyés sur les travaux existants dans le domaine et sur l'expérience de notre équipe notamment sur les travaux de la thèse de HO [Ho, 2015]. Ainsi grâce aux traces, nous avons identifié des mécanismes pour la complétion automatique de certains champs du profil d'un utilisateur. Cependant, certains champs comme les compétences, les connaissances, les objectifs, le niveau d'interaction sont plus difficiles à compléter grâce aux traces. Ils nécessitent une analyse plus avancée des traces et des tests d'évaluation de l'utilisateur. Certaines traces utilisées dans l'expérimentation sont des traces simulées, les mécanismes de complétion ont été réalisés par des outils tiers, d'où la nécessité de mener une expérimentation plus approfondie et à grande échelle avec un système à base de traces plus performant et intégré à l'application.

Les données sur l'utilisateur sont faciles à analyser et à interpréter contrairement au comportement qui demande plus de sémantique et beaucoup plus de contextualisation. Ce qui pourrait justifier une des limites de notre modèle qui n'apporte pas une sémantique au système. Les données de l'utilisateur sont également confidentielles et privées dans le contexte de l'application. Elles servent à assister son propriétaire dans la gestion adaptative et consolidée de ses ressources numériques.

Projet	Caractéristiques	Services d'adaptation/personnalisation
PersonisAD [Assad et al., 2007]	**TMU (Technologie de Modélisation de l'utilisateur) :** modèle serveur (centralisée) ; **CE (Collection Explicite) :** - ; **CI (Collection Implicite)** : capteur et inférence ; **Format données (FD)** : JSON ; **Communication** : RPC *(remote procedure call)* avec http ; **Interopérabilité :** modèle générique de l'utilisateur ; **Confidentialité :** oui ;	**Service :** fournit un moyen puissant et cohérent pour répondre à des changements significatifs dans les modèles des personnes, des capteurs, des appareils et des lieux ; **Critères respectés :** C1, C4 **Critères non respectés :** C2, C3, C5, C6 **Points forts :** la combinaison du modèle des personnes avec les capteurs , les appareils et les lieux pour adapter les préférences **Points faibles :** les données du profil sont limitées aux préférences et absence de mise à jour automatiquement.
CUMULATE and QuizPack [Brusilovsky et al., 2005]	**TMU :** modèle serveur (centralisée) ; **CE :** - ; **CI :** modèle d'inférence avec des agents ; **FD :** événement ; **Communication :** http-based event-reporting protocol ; **Interopérabilité :** Modèle générique de l'utilisateur ; **Confidentialité :** oui ;	**Service :** QuizGuide est un système adaptatif qui aide les élèves à sélectionner des questionnaires d'auto-évaluation les plus pertinents. **Critères respectés :** C1, C2, C3, C4 **Critères non respectés :** C5, C6 **Points forts :** modélisation du domaine de connaissances **Points faibles :** absence du modèle d'interaction et de mise à jour automatique des données du profil

STyLE-OLM and AIMS [Denaux et al., 2004]	**TMU** : modèle ontologique ; **CE** : paramètre ; **CI** : *datamining* ; **FD** : - ; **Communication** : interface Java qui communique avec un moteur Prolog ; **Interopérabilité** : modèle ontologique (décentralisé) ; **Confidentialité** : - ;	**Service :** il offre un soutien contextualisé et adaptatif (à travers son outil de recherche et de navigation) qui permet aux utilisateurs d'identifier les informations nécessaires à la réalisation d'une tâche d'apprentissage. **Critères respectés :** C1, C3, C4 ; **Critères non respectés :** C2, C5, C6 ; **Points forts :** diagnostiquer les capacités cognitives des apprenants ; **Points faibles :** absence du modèle d'interaction et de mise à jour automatique des données du profil

OntobUMf [Razmerita, 2008]	**TMU :** modèle ontologique ; **CE :** formulaire web et recherche d'information ; **CI :** fichiers de logs (Datamining) ; **FD :** XML ; **Communication :** requête HTTP en XML et réponse en XML ; **Interopérabilité :** standard IMS-LIP ; **Confidentialité :** oui.	**Service :** motiver les utilisateurs à la création des connaissances et pour l'envoie de nouveaux objets de connaissances dans le système ; stimuler la collaboration et le partage de connaissances entre les travailleurs, indépendamment de leur emplacement ; atténuer la surcharge d'informations ; simplifier les processus métier et les tâches de travail. **Critères respectés :** C1, C2, C3, C4 **Critères non respectés :** C5, C6 **Points forts :** modélisation du comportement des utilisateurs dans un système de gestion de connaissances par ontologies **Points faibles :** absence du modèle d'interaction et de mise à jour automatique des données du profil

PRISE [Sawadogo et al., 201 (Notre proposition)	**TMU :** modèle serveur (décentralisé) ; **CE :** formulaire web et recherche d'information ; **CI :** système à base de traces (Datamining) ; **FD :** JSON-LD ; **Communication :** web service API-Resful ; **Interopérabilité :** standard IMS-LIP ; **Confidentialité :** oui.	Adaptation de l'usage de ressources numériques au profil de l'utilisateur ; Sélection des ressources numériques pertinentes pour l'utilisateur ; visualisation adaptative de résultat de recherche de ressources numériques. **Critères respectés :** C1, C2, C3, C4, C5, C6 **Critères non respectés :** - **Points forts :** modélisation des interactions et mise à jour automatique du profil **Points faibles :** absence de modèle sémantique du profil de l'utilisateur

Tableau 3.7 – Comparaison des systèmes de modélisation de l'utilisateur avec services d'adaptation

4

Pré-sélection pertinente de ressources numériques

Ce chapitre s'intéresse aux mécanismes pour choisir les ressources numériques candidates dans une situation. L'utilisateur fait face à une ***masse de ressources numériques hétérogènes, qui le contraint à un important travail de filtrage et de paramétrage des critères de recherche****. Nous proposons une* ***nouvelle approche et des algorithmes permettant à un système de pré-sélectionner la ou les ressource(s) numérique(s) pertinente(s) pour un utilisateur lors de la réalisation d'une activité.*** *La méthode proposée permet une caractérisation adaptative de la pertinence des ressources numériques. Elle est fondée sur l'algorithme de scoring TF-IDF, le profil de l'utilisateur, les caractéristiques de la situation et les données du réseau social de l'utilisateur. Ensuite, nous proposons une nouvelle approche de représentation visuelle et adaptative des résultats de pré-sélection des ressources numériques. Cette représentation adaptative des résultats permet à l'utilisateur de mieux interpréter les résultats afin de mieux orienter ses choix. La décision finale de sélection et d'usage revient à l'utilisateur.*

Sommaire

4.1 Introduction 116
4.2 Contributions : approches et méthodologies 117
4.2.1 Approche de pré-sélection de ressources numériques 117
4.2.2 Méthodologie de pré-sélection 120
4.2.3 Techniques : calcul de pertinence 124
4.2.4 Techniques : évaluation multicritère 126
4.2.5 Représentation adaptative des ressources numériques candidates 127
4.3 Expérimentations et résultats 129
4.4 Discussion et synthèse 131

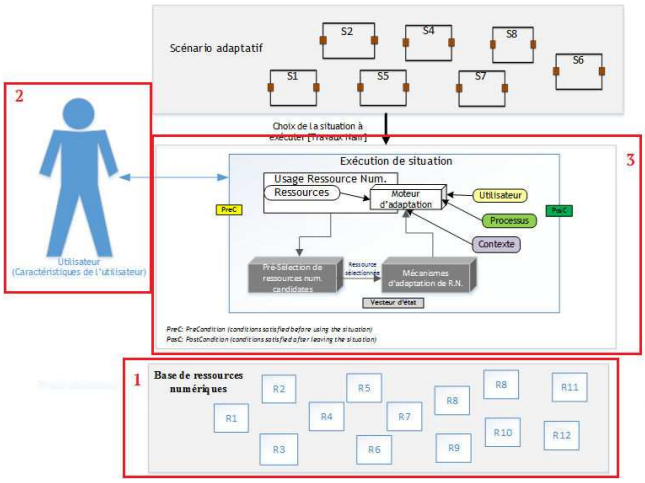


Figure 4.1 – Composants pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

4.1 Introduction

L'analyse de la littérature a montré que pré-sélectionner des ressources numériques pertinentes en fonction du profil de l'utilisateur, des caractéristiques de la situation et des données du réseau social est un élément manquant. Dans ce chapitre, notre contribution porte sur la proposition d'algorithmes et des mécanismes de représentation des résultats qui permettent de pré-sélectionner des ressources numériques pertinentes. Ces algorithmes et mécanismes utilisent les caractéristiques du profil de l'utilisateur, des caractéristiques de la situation et des données du réseau social.
Ces techniques de pré-sélection doivent permettre une collaboration cohérente entre les ressources et les caractéristiques de la situation, c'est ce que nous nommons la **gestion consolidée**. Si nous reprenons le schéma de la figure 4.1, cette contribution concerne **l'encadré 3** : la pré-sélection de ressources numériques dans l'exécution d'une situation.

La production de contenus numériques et de ressources numériques atteint aujourd'hui un niveau inédit. Fruit d'efforts individuels ou collectifs, académiques ou d'initiatives privées, leur nombre rend de plus en plus complexe leur découverte et leur usage pour les utilisateurs [Dubreuil, 2012]. Par ailleurs, elles sont de qualité extrêmement variable, reflétant souvent les divers niveaux d'investissement engagés pour leur mise au point.

Dans l'enseignement supérieur, le coût de production de ressources numériques de qualité, dans le cadre des MOOCS en particulier a ainsi pu être largement sous-estimé, au regard de leur exploitation effective [Compagnon, 2014].

La profusion et l'hétérogénéité des ressources numériques rendent ainsi nécessaire une réflexion sur les outils favorisant leur découverte et leur exploitation pertinente dans les environnements numériques. Les systèmes d'indexation et les moteurs de recherche nous permettent aujourd'hui de personnaliser finement les méthodes et algorithmes de recherche en tenant compte des mots-clés ou des concepts exprimés par l'utilisateur.

En effet, les systèmes doivent aider les utilisateurs à trouver les ressources pertinentes pour atteindre les objectifs de leurs activités. Les auteurs dans [Cechinel et al., 2011] montrent que, *« dans tous les cas, la croissance continue des ressources éducatives sur l'Internet rend impossible le classement des ressources de qualité à l'unique effort humain et soulève le problème concernant*

le développement de nouvelles techniques et outils automatisés pour compléter les approches existantes afin de soulager le travail manuel. »

Dans ce chapitre, nous proposons une approche permettant à un utilisateur de disposer de nouveaux moyens de sélection de ressources numériques pertinentes. Nous mettons aussi à la disposition de ces utilisateurs de nouveaux moyens d'interprétation des résultats de recherche des ressources numériques.

Nous proposons une méthode de caractérisation adaptative de la pertinence de ressources fondée sur l'algorithme de *scoring TF-IDF*, le profil de l'utilisateur et les caractéristiques de la situation. Notre contribution permet également de proposer une représentation visuelle et adaptative de ces résultats en fonction du contexte d'usage et du profil utilisateur. Cette approche, fondée sur le calcul de *scoring* et sur une représentation visuelle adaptative, permet une sélection pertinente des ressources numériques.

L'intérêt de notre travail est d'assister les utilisateurs dans une situation en leur donnant la possibilité de sélectionner les meilleures ressources qui pourraient les aider à atteindre leurs objectifs dans un scénario à base de situation.

4.2 Contributions : approches et méthodologies

Dans cette section, les approches et mécanismes proposés permettent à un système de pré-sélectionner des ressources numériques candidates dans une situation.

Composant d'assistance à l'utilisateur	**Caractéristiques pour agir sur ce composant**
Pré-sélection de ressources numériques	Caractériser une ressource numérique pour une meilleure sélection et adaptation en fonction du profil de l'utilisateur et des caractéristiques de la situation dans le système

Tableau 4.1 – Composant d'assistance à la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

4.2.1 Approche de pré-sélection de ressources numériques

L'objectif consiste à proposer une approche pour assister les utilisateurs dans la sélection pertinente de ressources numériques dans leurs environnements numériques. Pour atteindre les objectifs d'une situation, il faut que chaque utilisateur dispose de ressources numériques de qualité et qu'il puisse utiliser efficacement ces ressources numériques.

Nous avons défini dans le tableau 4.1 trois composants d'assistance aux utilisateurs pour un système de gestion adaptatif et consolidée de ressources numériques. Parmi ces composants, nous avons traité le premier composant dans le chapitre précédent (chapitre 3). Dans ce chapitre, nous traitons le deuxième composant. Ce composant permet de caractériser et de définir des

mécanismes permettant à l'utilisateur de sélectionner la ou les ressource(s) pertinente(s) lui permettant d'atteindre les objectifs définis dans une situation. Pour cela, il convient de répondre aux questions suivantes : qu'est-ce qu'une ressource pertinente ? Comment sélectionner la ressource pertinente pour le bon utilisateur et pour la bonne situation ? Comment adapter l'usage de la ressource en fonction de l'utilisateur et de la situation ?

Pour y répondre , notre approche consistera à mettre en relation le profil de l'utilisateur que nous avons modélisé, l'ensemble des ressources numériques disponibles et les caractéristiques de la situation. Grâce à l'intersection entre ces trois composants, il est possible d'avoir des ressources numériques qui correspondent aux besoins de l'utilisateur et dont l'usage qualitatif lui permet d'atteindre ses objectifs dans une situation.

La figure 4.2 présente un exemple de ces trois composants. La figure 4.2 (a) représente un modèle du profil de l'utilisateur, la figure 4.2 (b) désigne un modèle de ressources numériques et la figure 4.2 (c) illustre un modèle d'une situation.

Ces modèles sont représentés en se confrontant aux travaux de plusieurs auteurs, sur la qualité des ressources numériques. Les auteurs dans [Nesbit et al., 2003a], [Duval, 2006] et [Nesbit and Leacock, 2006] proposent une approche pour caractériser la pertinence d'une ressource grâce à des métriques (critères) définies par des experts. Cette approche constitue un premier niveau de mesure de la qualité.

Duval [Duval, 2006] montre qu'il est important pour l'évaluation de la qualité d'une ressource, de prendre en compte le contexte de l'activité. C'est le deuxième niveau de mesure de qualité. La ressource et le contexte d'utilisation de cette ressource sont insuffisants pour caractériser la pertinence d'une ressource numérique, puisque, d'un utilisateur à un autre, le contexte peut être interprété différemment.

Notre approche consiste à ajouter trois composants essentiels à l'évaluation de la qualité d'une ressource numérique. Il s'agit du profil de l'utilisateur, de l'expérience passée de l'utilisateur (système à base de traces) et l'évaluation de la satisfaction des utilisateurs appartenant au réseau social. Elle permet de proposer une nouvelle technique automatisée pour réaliser un meilleur processus de pré-sélection en temps réel de ressources numériques pour un utilisateur spécifique et dans un contexte particulier.

Comme mentionnée plus haut, la qualité d'une ressource peut être évaluée différemment. Notre approche associe une évaluation des critères choisis par l'utilisateur.

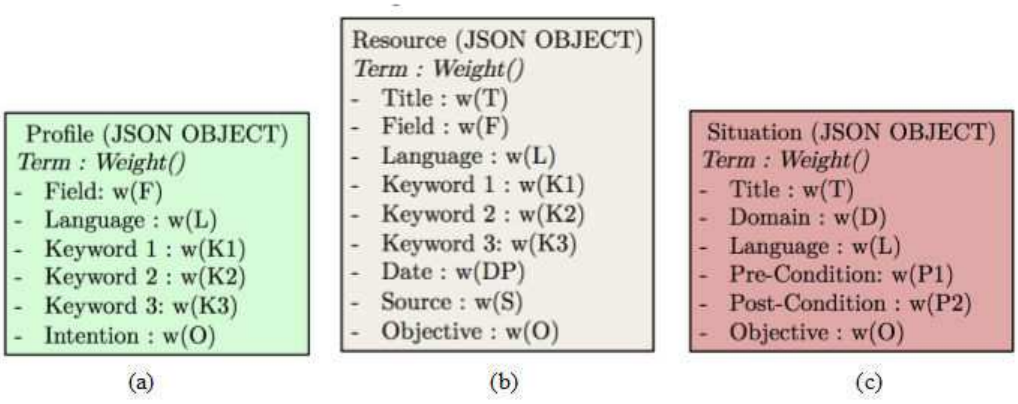


Figure 4.2 – Modèle du profil de l'utilisateur (a), modèle du profil de ressource (b), modèle du profil de situation (c)

Il s'agit pour l'utilisateur de donner un poids à chaque critère afin de personnaliser l'opération de recherche [Adomavicius et al., 2011] comme illustré dans la figure 4.2. Dans cette figure, chaque critère est pondéré par l'utilisateur de l'application. Cette technique de pondération des critères est inspirée des travaux de [Adomavicius et al., 2011]. Elle est nommée *MRPE (Multi-criteria Rating-based Preference Elicitation)* et permet d'évaluer chaque variable importante des informations du profil de l'utilisateur, du profil des ressources numériques et du profil (caractéristiques) de la situation.

Pour calculer la pertinence des ressources numériques avec cette approche, nous utilisons la méthodologie suivante, décrite en trois (03) phases.

Phase 1 : sélectionner les ressources qui sont pertinentes à la situation définie par l'utilisateur ;

Phase 2 : parmi les résultats de première phase, nous appliquons une nouvelle méthode pour sélectionner les ressources qui sont pertinentes en fonction du profil de l'utilisateur ;

Phase 3 : parmi les résultats de la deuxième phase, nous combinons l'expérience passée et les évaluations de la communauté. Cette dernière phase ne permet de conserver que les ressources dont l'expérience d'usage a été les meilleures.

La figure 4.3 illustre cette approche en trois phases. Dans cette figure, l'encadré en pointillés montre les différentes étapes. La dernière est réalisée manuellement par l'utilisateur et n'est pas prise en compte dans le processus automatique qui permet d'assister l'utilisateur dans la pré-sélection des meilleures ressources numériques. La partie au-dessus des différentes phases dans la figure 4.1 montre la structure adaptative proposée par l'application et définit le contexte. Cela signifie qu'il s'agit d'une application structurée à base de situations. L'exécution adaptative de ce type d'application est fondée sur la disponibilité et la pertinence des ressources numériques dans chaque situation. Les mécanismes proposés dans cette partie ne s'exécutent qu'à l'intérieur de chaque situation, ils ne permettent pas de gérer l'enchaînement entre les situations.

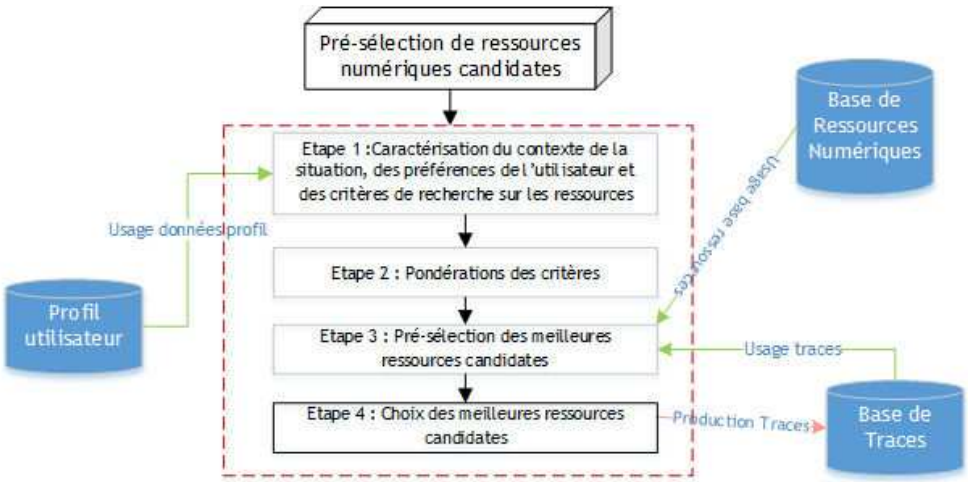


Figure 4.3 – Étapes pour la pré-sélection automatique de ressources numériques pertinentes pour une situation

4.2.2 Méthodologie de pré-sélection des ressources numériques

Les trois phases de notre approche sont définies à travers plusieurs algorithmes. L'association de ces phases permet de sélectionner la ou les ressource(s) pertinente(s) pour un utilisateur dans une situation.

4.2.2.1 Phase 1 : ressources pertinentes pour une situation

Dans le but de sélectionner la liste des ressources numériques pertinentes dans une situation, le concepteur de l'application offre à chaque utilisateur une fonction qui lui permet de créer une situation (exemple de situation : rédaction d'un article scientifique). Le concepteur de la situation spécifie les caractéristiques de cette situation, c'est-à-dire *le titre, les mots-clés associés, les objectifs, les pré-conditions et les post-conditions.*

Ensuite, nous utilisons une technique de mesure de similarité entre la situation définie et les ressources numériques disponibles dans l'environnement de la plate-forme. Cette méthode permet de sélectionner automatiquement les ressources, dans la base de ressources numériques disponibles de l'utilisateur, qui correspondent aux caractéristiques de la situation.

Nous utilisons une version adaptée de l'algorithme de mesure de pertinence appelée fonction de score *TF-IDF* dont le fonctionnement est décrit par l'algorithme 1 et l'explication dans l'encadré ci-dessous. La sélection dans cette phase est faite à l'aide de l'algorithme 2.

Algorithm 1 Fonction de scoring TF-IDF (tiré et adapté de Lucene Pratical Scoring [Elastic, 2014]

Input: q = query AND d = document
Output: userKeywords with score

1: $score(q,d) =$
2: $\quad queryNorm(q)$
3: $\quad coord(q,d)$
4: $\quad \sum($
5: $\quad\quad tf($t in $d) * weight$
6: $\quad\quad idf(t)^2$
7: $\quad\quad t.getBoost()$
8: $\quad\quad norm(t,d)$
9: $\quad)($t in $q)$

Fonction de Scoring : fonction mathématique de scoring TF-IDF Lucene étendue [McCandless et al., 2010]

$\sum_{tinq}(tf(\text{t in } d) \times weight \times idf(t)^2 \times boost(\text{t.field in } d) \times boost(\text{d.field in } q) \times lengthNorm(\text{t.field in } d)) \times coord(q,d) \times queryNorm(q)$

Description de l'algorithme 1 :

ligne 1 score(q,d) : score(q,d) est le score de pertinence du document d pour la requête q ;

ligne 2 queryNorm(q) : valeur de normalisation pour une requête, donne la somme des carrés des poids de chacun des termes de la requête.

ligne 3 coord(q,d) : facteur de coordination, sur la base du nombre de termes de requête que le document contient ;

ligne 5 tf(t in d)*weight : facteur de fréquence du terme (t) dans le document (d). Combien de fois le terme t apparaît dans le document ;

ligne 6 $idf(t)^2$: fréquence inverse du document du terme t : une mesure de l'unicité du terme. Les termes très courants ont une faible idf ; les termes très rares ont une haute idf ;

ligne 7 boost(t.field in d) : stimulateur de champ et document, indiqué lors de l'indexation. Vous pouvez l'utiliser pour stimuler statiquement certains champs et certains documents sur les autres ;

ligne 8 norm(t,d) : valeur de normalisation d'un champ donne le nombre de termes dans le champ. Cette valeur est calculée lors de l'indexation et stockée dans les normes de l'index. les champs plus courts (moins de jetons) obtiennent un plus grand facteur de stimulation.

La complexité (en temps) de l'algorithme de recherche de *Lucene*, est $O(|Q| \times |D| \times |T|) = O(|D| \times |T|)$ où T est l'ensemble des termes d'un document, D l'ensemble des documents et Q l'ensemble des termes recherchés. Le calcul du score de cette API est précis et prend en compte de nombreux paramètres, entre autres le **Term Frequency (TF)**, l'**Inverse Document Frequency (IDF),** le **Query Boost** et le facteur de **distance d'un terme en fonction** d'un document. Sa complexité est peu élevée grâce au système d'indexation. La complexité est linéaire.

Algorithm 2 Choisir des ressources pour une situation

Input: s = Situation metadata AND R = Resources List
Output: Situation not null

```
1: s ⇐ situation
2: R[N] ⇐ ResourceLIST
3: Res ⇐ newLIST
4: for i = 0 to N − 1 do
5:    if score(s, R[i]) > 0 then
6:       Append(Res, R[i])
7:    end if
8: end for
9: return SORT(Res)
```

La complexité (en temps) de l'algorithme 2 est $O(|s| \times |R|)$ où s est l'ensemble des termes d'une situation, R l'ensemble des ressources numériques disponibles. L'ensemble des ressources

numériques disponibles dans l'environnement de l'utilisateur avec les ressources numériques partagées y comprit. Sa complexité est linéaire et l'ordre de grandeur de l'ensemble de ressources numériques disponible peut être élevé en fonction du réseau social de l'utilisateur.

Par exemple, un chercheur ayant cinq ans d'expérience peut posséder environ *350* ressources bibliographiques. S'il possède environ trente collaborateurs actifs, l'ensemble des ressources numériques peut atteindre *10 850* ressources disponibles.

4.2.2.2 Phase 2 : ressources pertinentes pour un utilisateur spécifique

Parmi les ressources numériques qui correspondent au profil de la situation (résultat de première phase), une deuxième étape permet de sélectionner les ressources numériques qui correspondent au profil de l'utilisateur. Cette étape est définie dans l'algorithme 3 :

Algorithm 3 Choisir des ressources numériques pour un utilisateur dans une situation

Input: User Profile AND Resource List (résultat précédent)
Output: userKeywords with score ; M<=N

1: $u \Leftarrow user$
2: $Res[M] \Leftarrow ResourceLIST$
3: $ResProfile \Leftarrow newLIST$
4: **for** $i = 0$ **to** $M - 1$ **do**
5: **if** $score(u, Res[i]) > 0$ **then**
6: $Append(ResProfile, Res[i])$
7: **end if**
8: **end for**
9: **return** SORT($ResProfile$)

La complexité (en temps) de l'algorithme 3 est $O(|U| \times |R|)$ où U est l'ensemble des termes d'un profil, R l'ensemble des ressources numériques disponibles. L'ensemble des ressources numériques disponibles correspond au résultat retourné par l'algorithme 2. Sa complexité est linéaire et l'ordre de grandeur de l'ensemble de ressources numériques disponibles est plus faible que celle de l'algorithme 2.

4.2.2.3 Phase 3 : expérience de l'utilisateur et de la communauté

Dans cette troisième phase, nous choisissons les ressources numériques pertinentes (résultat de la deuxième phase) qui permettront à l'utilisateur d'atteindre ses objectifs dans la situation et qui respectent ses préférences en matière de format, d'expérience d'usage et d'évaluation de la communauté. Dans cette étape, nous associons la base de traces et les évaluations des utilisateurs de la communauté.

Cette dernière phase permet aussi d'activer une technique pour permettre un choix éclairé par l'utilisateur. Il s'agit de la fonction *« explication »*. Elle permet d'expliquer les résultats de la liste à l'utilisateur, de donner une information sur la popularité de la ressource et le nombre de situations similaires dans lesquelles cette ressource a été utilisée.

Elle se déroule en trois (03) étapes :

étape 1 : cette étape est réalisée par l'algorithme 4, elle consiste à caractériser la popularité de chaque ressource numérique en fonction de la similarité de situation ;

étape 2 : cette étape est réalisée par l'algorithme 5, elle consiste à déterminer la popularité de chaque ressource en fonction de la similarité des utilisateurs de la communauté ;

étape 3 : cette étape est réalisée par l'algorithme 6, elle permet de fusionner les résultats des deux précédentes étapes pour proposer le résultat définitif à l'utilisateur dans l'environnement.

Dans cette dernière phase, il ne suffit pas seulement d'avoir une liste des ressources, du profil de l'utilisateur et de la situation. Mais l'outil de gestion de traces et l'évaluation des pairs sont importants.

L'outil de trace permet d'avoir accès à l'historique (traces) du système. Nous proposons à chaque utilisateur une évaluation des ressources à la fin de la situation, cela permet de garder une expérience sur l'utilisateur dans l'environnement et d'améliorer les résultats de recherche.

L'utilisation des traces et de l'évaluation des ressources numériques consiste à définir une fonction d'adaptation des scores en fonction des traces et des évaluations. Ainsi, un facteur d'amélioration des scores est nécessaire pour adapter les résultats à base des traces et des évaluations. La fonction suivante : $nouveauScore$ =ancienScore + log(1+facteur*$valeurTrace$) permet d'utiliser les traces (popularité de la ressource numérique dans les situations similaires ou la note moyenne de l'évaluation de la communauté sur la ressource numérique). Le facteur peut être fixé par le concepteur ou par l'utilisateur. Il permet de pondérer l'importance des traces dans le calcul de la pertinence. Dans ce domaine, plusieurs paramètres peuvent être mis en œuvre et cela nécessiterait un système de traces plus avancée en terme de fonctionnalités et de mécanismes d'analyse que ce nous avons utilisé ce travail.

Algorithm 4 Popularité d'une ressource par rapport à la similarité de situation

Input: s = current Situation Metadata, r= current Resource
Output: K>=0

```
1: S[K] ⇐ SituationLIST
2: SimilarSituation ⇐ newLIST
3: for i = 0 to K − 1 do
4:    if score(s, S[i]) > 0 then
5:       Append(SimilarSituation, S[i])
6:    end if
7: end for
8: while similarSituation do
9:    SituationResourceList ⇐ CurrentSituationResourceList
10:   if Contain(SituationResourceList, r) == TRUE then
11:      similarFrequency = similarFrequency + 1
12:   end if
13: end while
14: return similarFrequency
```

La complexité (en temps) de l'algorithme 4 est $O(|s| \times |S|)$ en pire cas, où s est l'ensemble des termes de la situation courante et S l'ensemble des situations disponibles. La complexité est linéaire.

La complexité (en temps) de l'algorithme 5 est $O(Q)$. Sa complexité est linéaire.

La complexité (en temps) de l'algorithme 6 est $O(L)$ en pire cas. Sa complexité est linéaire.

Algorithm 5 Popularité d'une ressource par rapport à l'évaluation de la communauté

Input: User's community evaluation, Resource
Output: ....

```
ResProfile[Q] ⇐ ResourceLIST
evaluationFrequency ⇐ 0
for i = 0 to Q − 1 do
    if evaluation[i] >=seuil then
        evaluationFrequency = evaluationFrequency + 1
    end if
end for
return evaluationFrequency
```

Algorithm 6 Filtrage collaborative et pré-sélection finale

Input: User's community evaluation, situation list and Resource List (ResProfil result list)
Output: L>=0

```
q ⇐ userKeywords
ResProfile[L] ⇐ ResourceLIST
ResFinal ⇐ newLIST
for i = 0 to L − 1 do
    situationFrequency ← SituationFrequency(ResProfile[i])
    evaluationFrequency ← EvaluationFrequency(ResProfile[i])
    if ResProfileScore[i] ∗ (log(1 + factor ∗ evaluationFrequency) + log(1 + factor ∗
    situationFrequency)) > 0 then
        Append(ResFinal, ResProfile[i])
    end if
end for
return SORT(ResFinal)
```

4.2.3 Techniques : calcul de pertinence

Dans la littérature, il existe plusieurs méthodes en recherche d'informations qui proposent des mécanismes pour mesurer la pertinence d'une ressource numérique en fonction d'une requête exprimée par un utilisateur. Elles sont appelées méthodes de **mesure de similarité**. Parmi elles, **Okapi BM25** et **TF-IDF** se démarquent du lot par leurs performances.

Pour sélectionner la ressource numérique pertinente pour un utilisateur dans une situation, nous avons choisi d'adapter la fonction adaptative de scoring *TF-IDF*. Pour associer la pondération multicritère des utilisateurs du système. La fonction de score implémentée dans le moteur de recherche ElasticSearch [Elastic, 2014] et qui provient de LUCENE [McCandless et al., 2010].

Pour les requêtes multi-termes, la fonction de *LUCENE* combine le *modèle booléen*, *TF/IDF*, et le *modèle d'espace vectoriel* en un seul package efficace qui permet de retrouver les ressources et les scores correspondant à chaque ressource. Le concurrent à la méthode *TF/IDF* et au modèle d'espace vectoriel est *Okapi BM25* [Lv and Zhai, 2011] qui est considéré comme une fonction de classement.

BM25 provient du modèle probabiliste de pertinence, plutôt que du modèle vectoriel, mais l'algorithme a beaucoup d'élément en commun avec la fonction de LUCENE. Ils utilisent tous la fréquence de terme *(tf)*, la fréquence inverse de document *(idf)*, la normalisation de la longueur des champs. Mais la définition de chacun de ces facteurs est un peu différente [Elastic, 2015b].

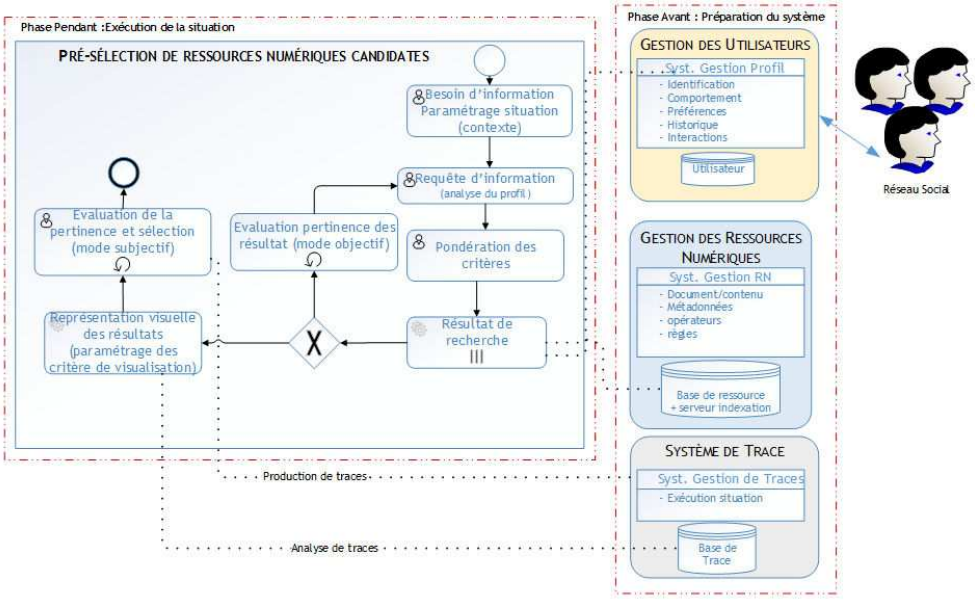


Figure 4.4 – Méthode de pré-sélection de ressources numériques

La fonction de score de LUCENE fonction ajoute des fonctionnalités plus modernes comme un *facteur la coordination*, *normalisation de la longueur des champs*, et des *options d'accélération des requêtes et des termes*. Ce qui permet une adaptation en fonction des utilisateurs et des contextes. Par exemple, nous utilisons la méthode *t.getBoost()* pour améliorer le score sur certains champs et certaines ressources. Nous avons associé l'évaluation multicritère à l'algorithme de score de LUCENE.

Ce nouvel algorithme est représenté par l'algorithme 1. Cette association permet de mettre en œuvre des requêtes *« multi-match »* en fonction de notre approche d'évaluation multicritère [Adomavicius et al., 2011].

Il est important que chaque utilisateur puisse évaluer chaque critère afin d'améliorer les résultats de recherche dans le système et d'adapter les méthodes de recherche en fonction des utilisateurs. Supposons deux utilisateurs avec des profils différents : un enseignant et un étudiant. Les deux utilisent une plate-forme pour rechercher des ressources numériques pour un cours de programmation orientée-objet. L'enseignant recherche des supports pour la réalisation de son cours et l'étudiant recherche des supports pour l'aider à mieux comprendre son cours. Supposons les ressources numériques suivantes appartenant à la base de données de la plate-forme :

— R1 est un livre sur la programmation orientée-objet ;
— R2 est un tutoriel sur la programmation orientée-objet ;
— R3 est un exemple de projet sur la programmation orientée-objet ;
— R4 est un ensemble d'exercices avec corrigés sur la programmation orientée-objet ;
— R5 est ensemble de diapositives de présentation sur la programmation orientée-objet.

Une ressource numérique est un composant qui contient des documents, des métadonnées de description, des opérateurs d'utilisation, des fonctions d'adaptation et éventuellement des suppléments. Dans un système de recherche classique, si les deux utilisateurs entre les mêmes mots-clés tels que : *cours programmation orientée-objet*, ils recevront la même liste de ressources, dans le même ordre. Dans un système de recherche adaptative, les résultats se présenteront différemment pour chaque utilisateur. Par exemple, si chaque utilisateur pondère ses mots-clés, on aurait les résultats consignés dans le tableau 4.2 pour chaque utilisateur. Ce tableau montre

Fonction	T1	E1
Algo classique	R5 = 0,1816 R4 = 0,1702 R3 = 0,1489 R2 = 0,1195 R1 = 0,0915	R5 = 0,1816 R4 = 0,1702 R3 = 0,1489 R2 = 0,1195 R1 = 0,0915
Algo adaptative	R2 = 0,3918 R1 = 0,3894 R5 = 0,3316 R3 = 0,3216 R4 = 0,2785	R5 = 0,2749 R4 = 0,2736 R5 = 0,2326 R1 = 0,2310 R2 = 0,1954

Algorithme classique : $\sum_{tinq}(tf(\text{t in } d) \times idf(t)^2 \times boost(\text{t.field in } d) \times lengthNorm(\text{t.field in } d)) \times coord(q,d) \times queryNorm(q)$
Algorithme adaptative : $\sum_{tinq}(tf(\text{t in } d) \times weight \times idf(t)^2 \times boost(\text{t.field in } d) \times boost(r.fieldinq) \times lengthNorm(\text{t.field in } d)) \times coord(q,d) \times queryNorm(q)$

Tableau 4.2 – Exemple comparatif de résultats de pertinence de ressources numériques

que les résultats pour l'enseignant et pour l'étudiant sont différents. Les résultats montrent que la liste des ressources proposées selon le score sont celles adaptées pour chaque utilisateur.

4.2.4 Techniques : évaluation multicritère

Le modèle d'évaluation multicritère se fonde sur les travaux de **Adomavicius et al.** [Adomavicius et al., 2011] dans lesquels un état de l'art a été réalisé dans [Duthil, 2012]. Ils identifient trois modèles pour la recommandation multicritère qui ont pour objectif commun de déterminer au mieux, le système de préférences de l'utilisateur pour lui proposer un ensemble d'items correspondant parfaitement à ses attentes :

1. **Modèle multicritère de préférences de contenu (MMPC)** : ce modèle s'appuie sur une description multicritère des items : le système fournit les valeurs (numériques ou symboliques) de n caractéristiques des items (exemple : « type de ressource : article »). Les utilisateurs fournissent uniquement une évaluation globale des items. Pour la recommandation, le système de recommandation va alors chercher des items ayant des caractéristiques voisines des items que l'utilisateur a appréciés par le passé. Le système de préférences de l'utilisateur est déduit de manière simpliste en considérant pour chaque critère l'ensemble des valeurs associées aux items qu'il a appréciés dans le passé sans tenir compte de ce que l'utilisateur avait réellement trouvé pertinent lorsqu'il avait émis son avis ;
2. **Modèle de recherche de contenu multicritère et de filtrage (MMRC)** : ce modèle permet à un utilisateur de spécifier directement ses préférences sur chacun des critères relatifs aux items au travers de sa méthode de recherche et de filtrage. Cela revient à ne pas accorder la même importance à chacun des critères de l'évaluation. Cette information, renseignée par l'utilisateur dans le système permet d'établir une distance entre les items qui tiennent compte des préférences de l'utilisateur contrairement aux MMPC. C'est une façon d'intégrer la subjectivité et les préférences de l'utilisateur dans le système de recommandation. L'idée reste la même que pour les systèmes de type MMPC. Le modèle de préférence de l'utilisateur est ainsi, moins rudimentaire que dans les MMPC. Cependant,

il demeure encore incomplet en particulier, du fait que la distance entre les items est une distance sur la valeur des attributs et non pas sur l'évaluation de ceux-ci en terme de degré de satisfaction ou d'utilité élémentaire ;

3. **Modèle Multicritère basé sur la découverte des préférences à partir d'évaluations (MMPE)** : ces systèmes permettent à un utilisateur de spécifier ses préférences à travers des notes sur un espace de n critères. Les systèmes du type MMPE proposent des recommandations plus pertinentes aux utilisateurs parce qu'ils intègrent explicitement un modèle plus précis du système de préférences des utilisateurs. Leur principal défaut est qu'ils requièrent un comportement collaboratif plus contraignant pour les utilisateurs. Ces utilisateurs doivent se plier à l'évaluation des items selon une base de critères pour compléter l'analyse dans le système.

Nous remarquons que les différents modèles proviennent des systèmes de recommandations, mais ces modèles peuvent être appliqués pour les mécanismes de sélection dans la recherche de ressources numériques pertinentes. Sauf que dans le contexte de la recherche l'analyse est faite en tenant compte du contexte actuel de l'utilisateur et l'opération est réalisée en temps réel. Une autre différence principale entre les différents modèles réside dans la considération des critères. Ces critères peuvent correspondre aux caractéristiques d'une ressource (le format, son type, sa date par exemple). Plus le système intègre d'informations qui permettent de construire un modèle précis des préférences de l'utilisateur, plus la sélection est pertinente, néanmoins cela demande plus d'expertise.

D'après [Adomavicius and Kwon, 2007] et notre interprétation, le modèle MMPE est objectivement le plus performant. Nous choisissons ce modèle comme technique d'évaluation multicritère préférences des utilisateurs. Cependant, plus le système de sélection s'appuie sur un modèle précis du système de préférences de l'utilisateur, plus les informations subjectives (dont l'acquisition automatique est difficile), sont nombreuses et plus, l'utilisateur est sollicité [Denguir, 2007, Plantié et al., 2008].

Les systèmes qui utilisent un **Modèle Multicritère basé sur la découverte des Préférences à partir d'Évaluations (MMPE)** permettent d'obtenir les résultats de recherche les plus pertinents vis-à-vis des préférences de l'utilisateur. Cependant, la mise en place d'un tel modèle nécessite une base de connaissances dans laquelle les ressources sont évaluées par rapport à un ensemble de critères. Cette contrainte est imposée par le modèle. Elle est très lourde pour l'utilisateur qui doit évaluer chacun des critères. Notre approche consiste à utiliser les traces pour évaluer automatiquement les critères en fonction des objectifs de la situation. L'évaluation automatique des critères fait partie des perspectives de ce chapitre.

4.2.5 Représentation adaptative des ressources numériques candidates

Lors de la réalisation de ce travail sur la pré-sélection des ressources numériques pertinentes, nous avons remarqué que la représentation des ressources candidates en liste présente quelques limites. Ces limites empêchent l'utilisateur d'avoir un choix éclairé. Par exemple, lorsque la liste est longue (plus de 5 pages de 10 items par page), l'utilisateur n'a pas le temps de parcourir tous les éléments. Ensuite, l'utilisateur n'a pas une vue générale sur l'ensemble des résultats et les corrélations qui existent avec sa recherche.

De plus, ce type de représentation est souvent nuisible à l'exploitation et à la bonne interprétation des ressources numériques. Ainsi, dans [Ahn and Brusilovsky, 2009, Ahn and Brusilovsky, 2010]

Projet	C1	C2	C3	C4	C5
SFViz [Gou et al., 2011]	☹	☺	☺	☹	☺
TasteWeights [Bostandjiev et al., 2012]	☹	☺	☹	☹	☺
TalkExplorer [Verbert et al., 2013]	☹	☺	☺	☹	☺
SetFusion [Parra et al., 2014]	☹	☺	☹	☹	☺

C1 : contexte d'usage
C2 : historique d'usage
C3 : satisfaction des utilisateurs
C4 : accessibilité
C5 : pertinence

Tableau 4.3 – Critères pour la représentation adaptative de ressources numériques candidates

et [Parra et al., 2014] les auteurs proposent un autre moyen de représentation des résultats, qui permet à l'utilisateur d'avoir un contrôle sur la visualisation des résultats. Ces approches exploitent les métadonnées des documents pour la visualisation. Pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques, le contexte d'usage, l'historique d'usage et le profil de l'utilisateur sont nécessaires pour réaliser cette représentation. Cela est réalisé dans le but qu'elle puisse s'adapter aux caractéristiques de chaque utilisateur.

À notre connaissance, il n'existe pas d'étude prenant en compte le contexte d'usage de l'utilisateur et l'historique de la ressource. Le tableau 4.3 présente les critères et le tableau 4.4 présente une étude comparative des travaux de la littérature avec notre proposition. La différence majeure avec les autres travaux réside dans les leviers actionnés pour mettre en œuvre les mécanismes d'adaptations.

Les travaux, cités plus haut, adaptent les résultats en fonction de préférences et critères explicitement sélectionnés par les utilisateurs. Notre système exploite leur profil et surtout les métadonnées contextuelles issues de l'historique d'usage des ressources elles-mêmes. C'est dans le but de favoriser l'exploitation contextualisée des ressources numériques et permettre une meilleure appréhension du contexte d'utilisation de chaque ressource, que nous avons proposé des modèles de représentation adaptative de ressources candidates. Celle-ci permet à l'utilisateur d'interpréter des données indirectement liées aux ressources, mais qui peuvent être porteuses de sens.

Notre approche offre plusieurs modèles de représentations visuelles des résultats. Pour adapter ces représentations, le système se fonde sur les données contextuelles de la ressource et celles de l'utilisateur. Il analyse d'abord les contextes définis (par le producteur de la ressource) et réels (issue de l'analyse des traces d'usage). Ensuite, ces résultats sont mis en relation avec le contexte d'usage, calculé en fonction du profil utilisateur.

En plus d'adapter les résultats et les ressources, cette approche a l'avantage d'adapter leurs représentations visuelles (liste, diagramme, schéma, *etc.*). Cependant, elle suppose une traçabilité complète du système, en particulier lors de l'exécution de chaque situation.

Notre système à base de traces assure cette traçabilité en trois (03) phases :

phase 1 : avant l'exécution d'une situation, on analyse les profils de l'utilisateur et de la ressource ;

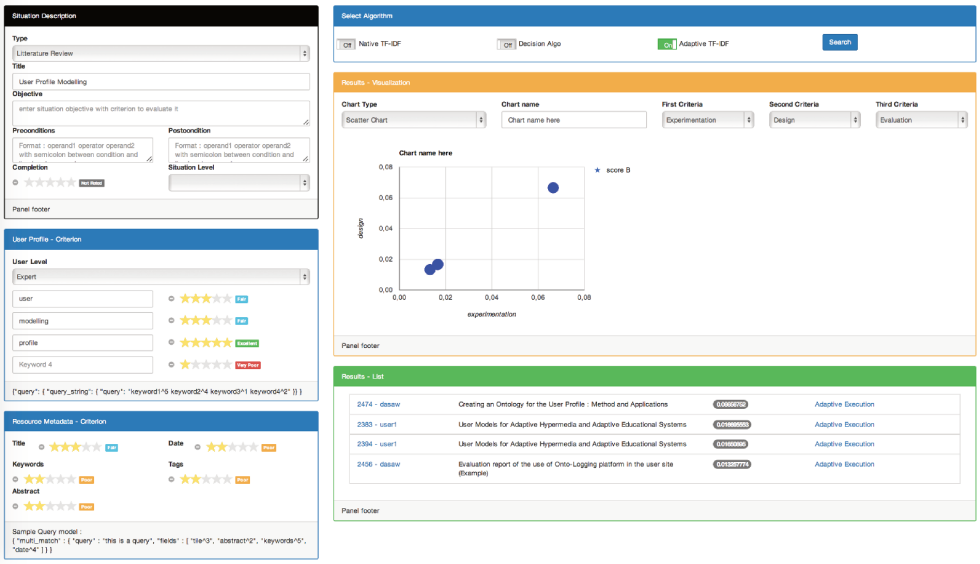


Figure 4.5 – Interface de pré-sélection de ressources numériques dans PRISE

phase 2 : pendant l'exécution, l'état du système est tracé pour suivre les différents usages de la ressource ;

phase 3 : après l'exécution, le système évalue la pertinence de la ressource au regard des objectifs de la situation.

Ces traces permettent de tenir compte de l'expérience de l'utilisateur pour améliorer la performance du système, la pertinence des résultats et la qualité de l'adaptation.

4.3 Expérimentations et résultats

Dans notre expérimentation, pour chaque ressource numérique disponible dans le système, nous recherchons ceux qui correspondent aux caractéristiques de situation en cours. Ensuite, nous recherchons dans cette nouvelle liste celles qui correspondent au profil de l'utilisateur courant. Parmi ces résultats, nous utilisons notre système à base de traces pour filtrer et classer ceux qui ont obtenu une meilleure évaluation de la communauté ou une bonne évaluation d'expérience d'usage. Cela consiste à vérifier dans le système à base de traces si la ressource a déjà été utilisée dans le même contexte et si elle a satisfait les objectifs de l'utilisateur précédent. Nous utilisons, une fonction de calcul de score mise en œuvre dans le moteur de recherche ElasticSearch [Elastic, 2014].

Nous avons réalisé une expérience avec une base de 611 ressources numériques, 5 utilisateurs et 9 situations sachant qu'une situation peut être exécutée plusieurs fois en changeant ses paramètres.

La figure 4.5 présente un exemple de sélection de ressources numériques dans une situation. Dans le système, les données des ressources sont stockées dans le format *JSON-LD* (figure 4.6). Elles sont ensuite indexées dans le serveur *ElasticSearch*. Les profils de chaque situation et son exécution sont tracés et stockés en utilisant le format *JSON-LD* dans la base de données. Les traces sont indexées dans *ElasticSearch* et gérées avec *Logstash*.

Resource (R1) Data	Situation (S1) Data	User (U1) Data
@context:"http://prise.univ-lr.fr/resource.jsonld" *@id:"http://prise.univ-lr.fr/resources/R1"* *@type : "Resource"* *title: "R1",* *Field "Computer science"* *interactivityType:"active",* *resourceType:"Proceedings",* *educationalUse:"reading",* *language: "English",* *keyWords:"adaptation, user modeling, personalization"* *Date: 13/10/2012* *Intention: "research results publication"*	*@context:"http://prise.univ-lr.fr/situation.jsonld"* *@id:"http://prise.univ-lr.fr/situations/S1"* *@type : "Writting"* *title :"state of the art"* *objective :"write state of the art of connected resource"* *language : "French"* *domain : "computer science"* *pre-Conditions :problem-definition = true* *post-Conditions :ArtStateReport >= 1*	*@context:"http://prise.univ-lr.fr/profile.jsonld"* *@id:"http://prise.univ-lr.fr/users/user1"* *@type : "User"* *name:"User1",* *interactivityType:"active",* *interactivityLevel:"high",* *language:"French",* *keyWords:["user modelling","resource management","process management","adaptation"],* *expertise:"advanced"*

Figure 4.6 – Exemple de données dans PRISE

Au cours de l'expérimentation, nous avons identifié trois modèles de profil de recherche des utilisateurs : le profil *veille documentaire* (il associe un poids important à la *« date »*, aux *« mots-clés »* et au champ *« résumé »*), le profil *expert* (il associe un poids important au *« mots-clés »* et au champ *« résumé »*), et le profil par *défaut* (il associe un poids important les mêmes poids pour les tous les champs).

Nous avons également identifié trois profils d'usage des ressources numériques. Le premier profil d'usage est : **état de l'art**. Dans ce cas, la ressource est utilisée pour identifier les travaux existant dans la littérature. Le deuxième est l' **expérimentation**, la ressource est utilisée pour réaliser une expérimentation. Le troisième profil est **approche ou méthodologie**. Ces profils sont automatiquement déterminés en fonction de l'historique d'usage (nombre d'utilisateurs ayant utilisé la ressource avec ce besoin), contexte d'usage (objectif du concepteur et de l'utilisateur), satisfaction (niveau de satisfaction de l'utilisateur après l'usage de la ressource), accessibilité (public ou privé).

La figure 4.5 est un exemple d'une représentation adaptée de résultats de recherche. Ces résultats sont affichés sous forme de liste et représentés dans un espace à deux dimensions en fonction des profils d'usage. Les caractéristiques de chaque résultat (ici, les points) indiquent la pertinence de la ressource sur les critères associés. L'utilisateur peut paramétrer le système pour choisir d'autres types de graphiques *(scatter chart, pie chart, line chart, graph chart)* et les critères d'affichage.

Nos expérimentations prouvent que la prise en compte du contexte et la méthode de score adaptative permettent d'obtenir des résultats de recherche pertinents. Ce qui permet aux utilisateurs d'atteindre les objectifs de la situation.

Dans les expérimentations réalisées, nous avons proposé deux algorithmes pour la sélection des ressources numériques. Le premier algorithme nommé *« Native TF-IDF »* et le deuxième nommé *« Adaptive TF-IDF »* dans la figure 4.5 représente l'algorithme natif de mesure de pertinence qui ne tient pas compte des préférences de l'utilisateur ni des caractéristiques de la situation. Le deuxième algorithme que nous avons proposé, tient compte des préférences de l'utilisateur, des caractéristiques de la situation et des évaluations de la communauté. Le graphique de la figure 4.7 présente une évaluation de la satisfaction des utilisateurs avec ces deux algorithmes. L'expérimentation a été réalisée dans l'environnement PRISE avec une base de ressources numériques contenant 215 éléments et 20 situations créées par trois utilisateurs. L'évaluation consistait à définir sur une échelle de 0 à 5, l'algorithme qui permettait d'obtenir

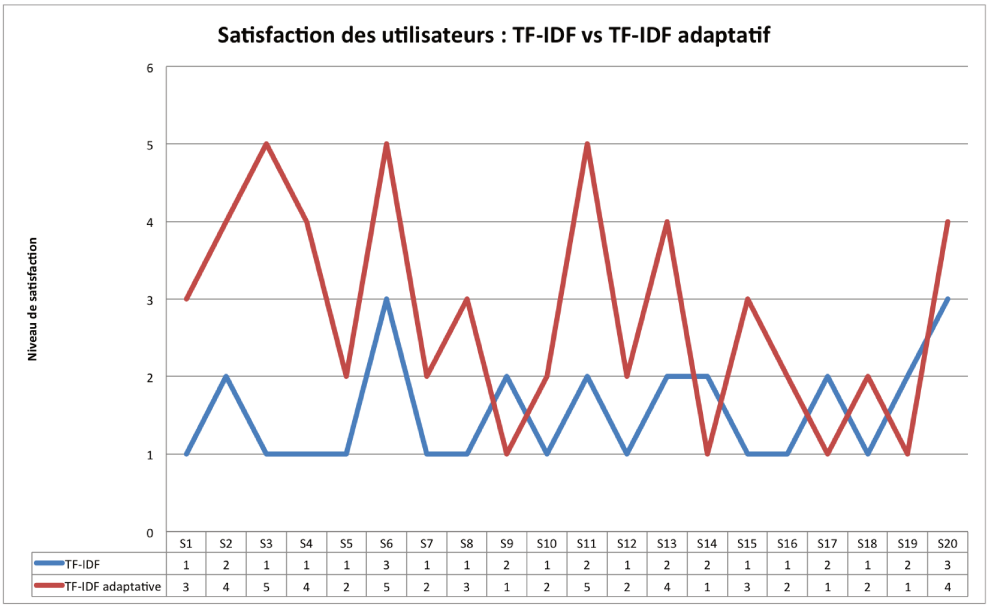


Figure 4.7 – Comparaison TF-IDF et TF-IDF adaptatif

une liste de résultats satisfaisants en fonction de la requête de l'utilisateur. Les résultats du graphique montre que la courbe de l'algorithme de sélection adaptative est largement satisfaisant par rapport à l'algorithme natif du *TF-IDF*.

4.4 Discussion et synthèse

Les contributions apportées, sur les mécanismes et algorithmes de calcul de pertinence adaptative, la représentation adaptative des résultats de pré-sélection et les expérimentations réalisées montrent que l'adaptation automatique des résultats est satisfaisante. En effet, il est possible que des ressources numériques pertinentes lors de l'exécution d'une situation soient pré-sélectionnées automatiquement. Pour cela, il faut une fonction de mesure de pertinence adaptative (adaptée avec les critères de préférences des utilisateurs), un système de pondération des critères des préférences de l'utilisateur et il est nécessaire d'associer les caractéristiques de la situation de l'utilisateur et son expérience pour améliorer la pertinence des résultats de pré-sélection.

Cette contribution permet d'intégrer dans les systèmes adaptatifs un mécanisme d'assistance des utilisateurs à la sélection des ressources numériques pertinentes dans leurs environnements de gestion comme les PLE ou RBLE. Cependant, la proposition réalisée prend comme hypothèse, que le système de gestion de traces utilisé permet de collecter, d'analyser et de produire une interprétation correcte des traces. Le système à base de traces permet de terminer dans la base des situations exécutées, les situations similaires et les ressources numériques utilisées. La description des ressources numériques (les méta-données) est nécessaire pour le bon fonctionnement des algorithmes pour la sélection adaptative des ressources numériques. Un facteur d'amélioration des scores est souhaitable pour adapter les résultats à base des traces et des évaluations.

Dans cette proposition, nous nous sommes limités aux préférences des utilisateurs en termes de mots-clés, le modèle d'interaction des utilisateurs et les traces concernant la popularité

des ressources numériques utilisées et des évaluations. Les caractéristiques importantes des utilisateurs de ressources numériques, non prises en compte dans nos mécanismes de pré-sélection pourraient concerner le style cognitif, les connaissances ou de l'évolution dans l'environnement.

Les travaux connexes à cette contribution sont résumés dans le tableau 4.7. Ils montrent que notre contribution permet d'associer les trois critères importants dans la sélection de ressources numériques. Le tableau 4.6 montre tous les critères par rapport à notre solution. Bien que notre proposition ne prenne pas en compte la sémantique qui est l'un des points forts du projet LUISA, elle permet de proposer la ressource pertinente en tenant compte des préférences des utilisateurs et de leurs contextes.

La plupart des travaux connexes ont proposé des techniques pour caractériser la qualité des ressources numériques dans une bibliothèque de ressources pédagogiques. Dans ces travaux, les besoins réels des utilisateurs et le contexte spécifique de l'utilisateur ne sont pas considérés. Dans [Cechinel et al., 2011], les auteurs résument toutes les propositions existantes dans le domaine de l'évaluation de la qualité des ressources numériques.

Les auteurs ont identifié quatre critères importants pour évaluer des objets d'apprentissage : les notes d'évaluateurs (tels que le système utilisé dans MERLOT, l'évaluation par les paires), le type d'équipement, la discipline et les différents types de mesures telles que celles utilisées dans [Bethard et al., 2009]. Mais les auteurs conviennent que **chaque utilisateur apprend différemment en fonction de la manière dont ils obtiennent l'information**. Mais à notre connaissance, il n'existe pas de travaux qui associent les besoins individuels avec les préférences de chaque utilisateur ainsi que son contexte pour évaluer la qualité de la ressource. C'est pourquoi dans [Cechinel et al., 2011], l'auteur montre que la qualité n'est pas une caractéristique de l'objet, mais plutôt une caractéristique de la façon dont cet objet d'apprentissage est utilisé dans un contexte particulier [Duval, 2006].

Duval [Duval, 2006] soutient que si *« le contenu est important, alors le contexte l'est aussi »*. Il montre que *« le plus intéressant, dans le domaine de l'apprentissage, est que nous pouvons aller beaucoup plus loin que les moteurs de recherche web, parce que nous pouvons exploiter la richesse des métadonnées sur l'utilisateur, son contexte et sur l'objet d'apprentissage. »* Par ailleurs, **Duval** invite les chercheurs à plus *« d'attention sur le développement de bonnes mesures d'évaluation, plutôt que sur des indicateurs de pertinence indirects et partiels de qualité pour l'apprentissage. »* Notre contribution permet d'établir ainsi le processus de sélection des ressources numériques pertinentes dans une situation pour un utilisateur spécifique et dans un contexte spécifique.

En résumé, il existe plusieurs phases de qualification des ressources numériques dans un environnement numérique. Ces différentes phases sont synthétisées dans le tableau 4.5. Notre proposition s'inscrit principalement dans la phase « pendant » pour la pré-sélection en temps-réel des ressources numériques, une évaluation dans la phase « avant » et « après » par l'utilisateur et son réseau social.

Projets	Caractéristique	Personnalisation / Adaptation
SFViz	Approche et technique (AT) : recommandation hybride et *Radial Space-Filling (RSF)* ; Représentation visuelle (RV) : SunBrust Contrôlabilité et transparence (CT) : non	SFViz (Social Friends Visualization) visualise : les liens sociaux entre les utilisateurs et les intérêts des utilisateurs ; aider les personnes du système à retrouver des amis potentiels ayant des intérêts similaires.
TasteWeights	AT : Recommandation hybride ; RV : Graph CT : Oui	TasteWeights : permet aux utilisateurs de contrôler l'importance des amis et de leurs pairs dans les systèmes sociaux afin d'obtenir des recommandations
TalkExplorer	AT : recommandation hybride et pertinence à base de règles RV : Clustermaps CT : oui	TalkExplorer : outil de visualisation interactive qui permet aux utilisateurs d'explorer et de mettre en favoris des papiers de recherche
SetFusion	AT : recommandation hybride et pertinence à base de règles ; RV : Venn diagramm ; CT : oui *(sliders widget)*.	SetFusion : permet aux utilisateurs de fusionner manuellement, de contrôler l'importance des stratégies de recommandation et d'inspecter les résultats de fusion en utilisant un diagramme de Venn interactive.
PRISE	AT : score de pertinence, système à base de traces et profil de l'utilisateur RV : GoogleChart API (Scatter, Pie Char, Line chart, Graph chart) CT : oui *(paramètre de recherche et choix des critères et type de visualisation)*	PRISE : permet de visualiser les résultats de recherche de ressources numériques en fonction des besoins d'usage. Il adapte ces résultats en fonction du profil de l'utilisateur, du contexte de l'utilisateur et de son historique.

Tableau 4.4 – Approches et méthodes de représentation visuelle des données

Phases	Caractéristiques
Avant	La pertinence du **contenu de la ressource :** elle est déterminée par des experts du domaine ainsi que par des règles de qualité. Exemple : MERLOT [Schell and Burns, 2002] et eLera [Nesbit and Leacock, 2006].
Pendant	La pertinence en fonction du **profil de l'utilisateur :** elle consiste à déterminer si la ressource numérique correspond aux caractéristiques du profil de l'utilisateur et si elle est adaptée à son besoin d'information. La pertinence par rapport à l'**activité de l'utilisateur :** elle consiste à vérifier si la ressource est pertinente par rapport aux caractéristiques de l'activité de l'utilisateur (est-ce que le format est-il adapté à l'activité ? La ressource permettra-t-elle d'atteindre l'objectif de l'activité ? *etc.*). Ce niveau est une combinaisons des deux précédentes. Il s'agit de vérifier si la ressource correspond au profil de l'utilisateur ET si elle est adaptée à l'activité de l'utilisateur. C'est ce que nous appelons **la pertinence en temps réel**. Exemple : LearnRank [Duval, 2006], PRISE(notre proposition)
Après	La pertinence **post-usage :** elle permet à l'utilisateur d'évaluer son niveau de satisfaction vis-à-vis de la ressource numérique utilisée. Elle permet également au concepteur d'améliorer la qualité de sa ressource numérique et d'améliorer le système grâce aux traces d'évaluation. Exemple : système de recommandation.

Tableau 4.5 – Niveaux de pertinence d'une ressource numérique

Projet	C1	C2	C3	C4	C5
MERLOT	☹	☺	☺	☹	☹
LORNET	☹	☺	☹	☹	☹
LUISA	☹	☺	☹	☹	☹
FUN	☹	☺	☹	☹	☹
eLera	☹	☺	☹	☹	☹
PCMAT	☺	☺	☹	☺	☹
PRISE	☺	☺	☺	☺	☺

C1 : profil de l'utilisateur
C2 : qualité intrinsèque
C3 : qualité sociale
C4 : caractéristiques de la situation
C5 : représentation adaptative des résultats

Tableau 4.6 – Évaluation des critères de pré-sélection de ressources numériques avec notre proposition

Projets	**Approches et techniques**	**Types d'assistance**	Mécanismes de pré-sélection
LORNET [i]	Approche : recherche à base de champ de textuel Technique : il définit un moteur de recherche à partir d'une requête unique sur plusieurs bases distribuées de ressources pédagogiques	Moteur de recherche textuel	**Profil :** non **Qualité intrinsèque :** non **Qualité sociale :** non **Contexte :** non **Réprésentation :** liste **Points forts :** une requête unique vers plusieurs bases **Points faibles :** l'absence du profil réel de l'utilisateur, des données sociales et des caractéristiques de l'activité
LUISA [ii]	Approche : recherche sémantique ; Technique : il définit des mécanismes de recherches sémantiques par ontologie	Sélection de ressources numériques avec un moteur de recherche sémantique	**Profil :** oui **Qualité Intrinsèque :** non **Qualité sociale :** non **Contexte :** non **Réprésentation :** liste **Points forts :** une recherche sémantique **Points faibles :** l'absence des données sociales et des caractéristiques de l'activité

i. LORNET [LORNET, 2015]
ii. LUISA [Grandbastien and Monceaux, 2008]

MERLOT II [iii]	Approche : recherche à base de champ de textuel ; Technique : il définit un moteur de recherche sur une base de ressources locales	Sélection des ressources numériques dans une base de ressources numériques grâce à des mots-clés	**Profil :** non **Qualité Intrinsèque :** oui **Qualité sociale :** oui **Contexte :** non **Réprésentation :** liste **Points forts :** une communauté d'expert pour évaluer la qualité des ressources pédagogiques **Points faibles :** l'absence du profil réel de l'utilisateur, des données sociales et des caractéristiques de l'activité
FUN(UNT) [iv]	Approche : text-based Search ; Technique : -	Sélection des ressources numériques dans une base de ressources numériques grâce à des mots-clés	**Profil :** non **Qualité Intrinsèque :** non **Qualité sociale :** non **Contexte :** non **Réprésentation :** liste **Points forts :** - **Points faibles :** l'absence du profil réel de l'utilisateur, des données sociales et des caractéristiques de l'activité

iii. MERLOT II [Cafolla and Cafolla, 2006]
iv. FUN [FUN, 2015]

eLera [v]	Approche : Adaptabilité ; Technique : il définit des mécanismes d'adaptation fondés sur les données du profil de l'utilisateur	Sélection des ressources numériques dans une base de ressources numériques grâce à des mots-clés et aux évaluations de la communauté	**Profil :** non **Qualité Intrinsèque :** oui **Qualité sociale :** oui **Contexte :** non **Réprésentation :** non **Points forts :** des métriques pour l'évaluation **Points faibles :** absence du profil réel de l'utilisateur et des caractéristiques de l'activité
PCMAT [vi]	Approche : adaptabilité ; Technique : il définit des mécanismes d'adaptation fondé sur des données du profil de l'utilisateur	Sélection des ressources numériques dans une base de ressources numériques grâce à des mots-clés ; Personnalisation et navigation	**Profil :** oui **Qualité Intrinsèque :** oui **Qualité sociale :** non **Contexte :** non **Réprésentation :** liste **Points forts :** - **Points faibles :** absence des données sociales et des caractéristiques de l'activité

v. eLera [Leacock et al., 2004]
vi. PCMAT [Martins et al., 2013]

PRISE [vii]	Approche : adaptabilité ; Technique : il définit des mécanismes d'adaptation fondés sur les données du profil de l'utilisateur les caractéristiques de l'activité et des traces du système	Sélection de ressources numériques dans une base de ressources numériques grâce à des mots-clés ; Adaptabilité, personnalisation	**Profil :** oui **Qualité intrinsèque :** oui **Qualité sociale :** oui **Contexte :** oui **Réprésentation :** adaptative (liste, graphique à deux dimensions, *etc.*) **Points forts :** association du profil, des données sociales et des caractéristiques de la situation **Points faibles :** absence de sémantique

Tableau 4.7 – Analyse comparative des systèmes de pré-sélection pertinente de ressources numériques

vii. PRISE [Sawadogo et al., 2014b]

5

Modèle et mécanismes d'utilisation de ressources numériques adaptatives

Ce chapitre concerne ***la modélisation des ressources numériques adaptatives et leurs mécanismes d'adaptation****. Dans ce chapitre, nous proposons en plus de la modélisation des ressources numériques adaptatives, des mécanismes d'utilisation adaptatives de ces ressources numériques dans une situation. L'objectif est d'offrir à chaque utilisateur, dans un environnement numérique,* ***une meilleure exploitation de ses ressources numériques pour l'assister dans sa gestion et de l'aider dans l'utilisation afin de lui permettre d'atteindre ses objectifs****. Nous proposons un modèle de ressources numériques adaptatives qui s'adapte aux caractéristiques de l'utilisateur et aux caractéristiques de la situation. Ces adaptations sont réalisées grâce à des opérateurs, des règles de manipulations et des services inclus dans ce modèle. A travers ce modèle et les mécanismes pour son utilisation, l'apport de notre contribution consiste à* ***faciliter la gestion adaptative des ressources numériques****.*

Sommaire

5.1 Introduction 140
5.2 Contribution : modèle et mécanismes d'adaptation 143
5.2.1 Approche et méthodologie 143
5.2.2 Modélisation d'une ressource numérique adaptative 145
5.2.3 Mécanismes d'adaptation 147
5.3 Expérimentations et résultats 151
5.4 Discussion et synthèse 153

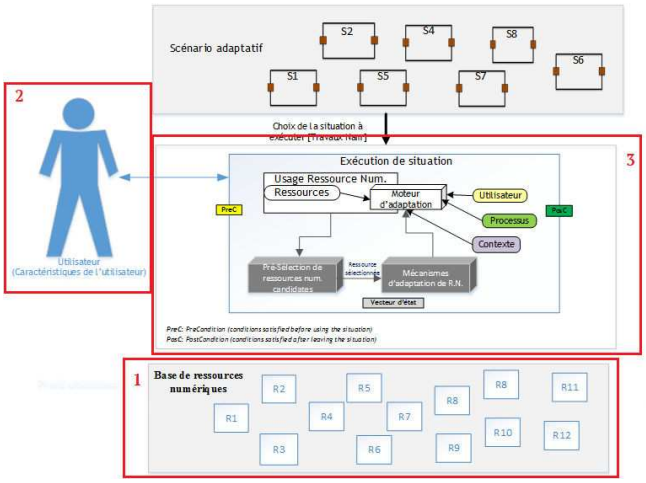


Figure 5.1 – Composants pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

5.1 Introduction

L'analyse de la littérature a montré que la modélisation d'une ressource numérique adaptative n'est pas bien établie. Dans ce chapitre, nous proposons un modèle d'une ressource numérique adaptative plus autonome avec des mécanismes lui permettant de communiquer avec d'autres services (internes ou externes) et d'autres ressources numériques. Elle modifie sa configuration en fonction des caractéristiques de l'utilisateur et des caractéristiques de la situation. Le modèle d'interaction proposé dans le chapitre 3 fait partie des caractéristiques que nous utiliserons dans ce chapitre pour l'adaptation des ressources numériques à l'utilisateur.
Ces mécanismes de configuration des ressources numériques, en fonction des caractéristiques de l'utilisateur et des caractéristiques de la situation, doivent permettre une utilisation adaptée de chaque ressource dans une situation. C'est ce qu'on nous appelons la **gestion adaptative**. Si nous reprenons le schéma de la figure 5.1, cette contribution concerne **l'encadré 1** : la gestion adaptative des ressources numériques.

L'explosion massive des ressources numériques disponibles dans les environnements numériques des utilisateurs engendre de nombreux défis. L'utilisateur fait face à une masse de ressources numériques hétérogènes qui le contraint à un important travail de filtrage et de paramétrage des critères de recherche. Ce processus, gourmand en temps, est par ailleurs nuisible à l'exploitation des ressources disponibles. Les utilisateurs avec des profils différents peuvent avoir accès à des ressources numériques disponibles provenant de différentes sources. Les ressources dans ces sources sont souvent hétérogènes, et cela engendre un grand défi sur l'usage des données hétérogènes provenant de sources diverses.

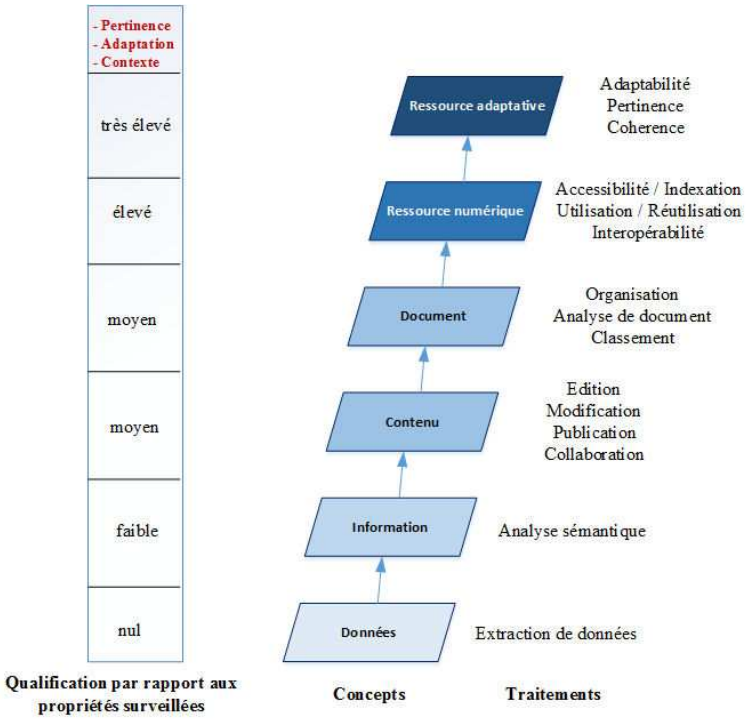
Pour apporter une solution à ce défi, il est important de répondre à la question suivante : ***les ressources hétérogènes provenant de plusieurs sources peuvent-elles être adaptées à l'usage de chaque utilisateur avec des besoins et des préférences différents ?*** Sinon, comment adapter ces ressources à chaque utilisateur dans un environnement de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques ? Nous supposons qu'il est très difficile, voire impossible pour différents utilisateurs avec des profils différents et évoluant dans un contexte différent d'avoir les mêmes besoins et les mêmes modes d'utilisation de ressources numériques hétérogènes.

Dans la littérature, il existe des propositions de conception de ressources adaptatives. Ces

propositions visent essentiellement à personnaliser des parcours de formation ou à personnaliser la présentation des ressources numériques. Notre proposition vise à offrir à chaque utilisateur une ressource numérique *« réellement adaptative »*. Une ressource qui s'adapte grâce aux données recueillies sur l'utilisateur et selon les caractéristiques de sa situation. Elle ne se limite pas seulement à la personnalisation des parcours (changer de ressource en fonction du niveau de l'utilisateur ou changer la couleur des pages en fonction des préférences de l'utilisateur). Mais elle fonctionne avec une grande autonomie pour changer son comportement (sa configuration) en associant les outils nécessaires à son bon usage. Par exemple, elle peut associer un service de traduction, envoyer automatiquement la ressource, associer des règles d'utilisation et des opérateurs de traitements adaptés à chaque utilisateur et à chaque situation.

La vision poursuivie consiste à définir des mécaniques de traitement sur les concepts liés aux ressources numériques. Notre ambition est de mettre à la disposition des utilisateurs, un modèle de ressources numériques pertinent, cohérent, qui s'adapte aux caractéristiques de son utilisateur et à son contexte d'usage. La figure 5.2 présente les concepts avec les traitements liés à chaque concept. Elle présente aussi les niveaux de qualification des propriétés qui doivent être respectées à chaque niveau. Parmi ces concepts, le modèle que nous souhaitons obtenir est celui qui répond au mieux au problème de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Ce modèle doit être pertinent, adaptatif et cohérent dans le contexte d'utilisation.

Nous avons apporté une contribution à travers un modèle théorique permettant de représenter une ressource numérique ainsi que ses traitements dans un système d'information. Le diagramme



Nul : Absence total ; **Faible** : Limité seulement à l'information ; **Moyen** : Limité aux données et contexte de production ; **Elevé** : Limité au contexte de production et à l'intention d'usage espéré ; **Très élevé** : Inclus le contexte réel, les caractéristiques de l'utilisateur et la qualité de la ressource

Figure 5.2 – Mécanique de traitement et qualification des propriétés sur les concepts liés aux ressources numériques

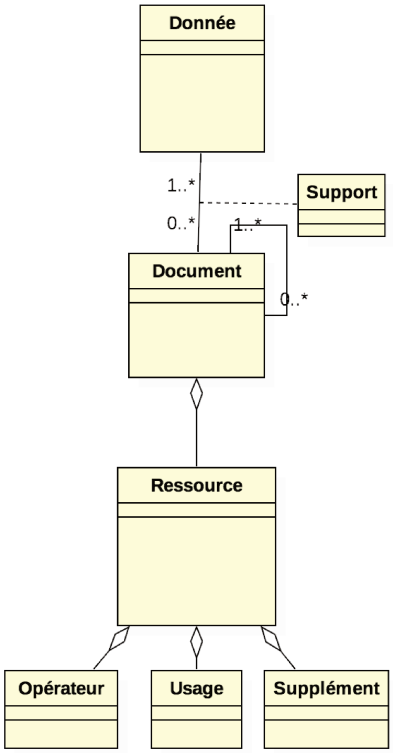


Figure 5.3 – Modèle d'une ressource numérique

de classe de la figure 5.3 et le diagramme BPMN de la figure 5.4 que nous avons précédemment présentés dans la section 2.3.1 permettent de clarifier les ambiguïtés de définitions que nous avons rencontrées dans de l'analyse de l'état de l'art. Dans la littérature, les définitions des concepts représentent difficilement un document avec les outils permettant de l'exploiter dans une application et prennent difficilement en compte l'intention de l'utilisateur final. Nous pensons qu'il est important pour une ressource dans un système d'information, de définir les opérateurs qui permettent de la manipuler en tenant compte de l'intention de l'utilisateur final. La suite de notre contribution, dans ce chapitre, est basée sur ce socle théorique du concept de **ressource numérique**

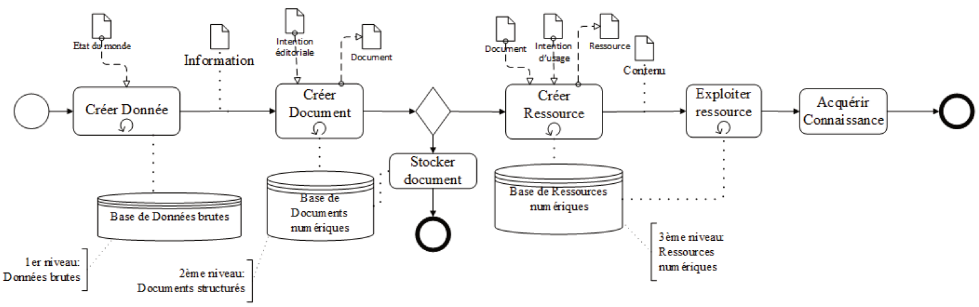


Figure 5.4 – Diagramme BPMN de conception de ressources numériques : de la donnée numérique à la ressource numérique

L'objectif est d'offrir un environnement de gestion consolidée de ressources numériques qui permet d'adapter chaque ressource numérique à l'usage attendu et aux caractéristiques du profil de chaque utilisateur. Cela signifie que chaque ressource doit être adaptée aux caractéristiques de l'utilisateur, au contexte d'usage et aux caractéristiques de l'environnement de l'utilisateur. Les exemples 1 et 2 ci-dessous, montrent quelques mécanismes d'adaptations souhaitées.

Exemple 1 : ressources numériques adaptatives - droits adaptés

Par exemple, si deux utilisateurs (le créateur de la ressource numérique et l'utilisateur de la ressource numérique) utilisent la même ressource, celle-ci devrait s'auto-adapter. Cela dans le but de permettre au concepteur d'avoir des droits de modification sur la ressource et de restreindre le lecteur au droit de lecture en fonction des règles définies par le concepteur de la ressource.

Exemple 2 : ressources numériques adaptatives - langue adaptée

Si le système possède deux utilisateurs avec des niveaux de langues différents. Si un utilisateur maîtrise la langue anglaise et l'autre la langue française, le système doit pouvoir faire appel à un service de traduction. Cela dans le dessein de permettre à l'utilisateur qui ne maîtrise pas la langue source de la ressource d'exploiter cette ressource. Les mécanismes doivent par exemple, traduire l'ensemble des textes ou associer un dictionnaire de traduction dans la langue de cible de l'utilisateur qui ne maîtrise pas la langue source de la ressource.

La modélisation de telles ressources engendre des challenges surtout pour la mise en œuvre des mécanismes d'adaptation dans l'architecture de ces ressources numériques. Les auteurs dans [Gao, 2013] montrent qu'il faut des techniques d'analyse automatisées ou semi-automatisées pour détecter les modèles, les anomalies et extraire les connaissances nécessaires aux mécanismes d'adaptation. Notre modèle de ressources numériques doit être simple à utiliser par les concepteurs, autonome et facile à intégrer dans n'importe quel environnement de gestion de ressources numériques.

En résumé, ce chapitre propose un modèle et des mécanismes pour modéliser une ressource numérique adaptative. Ce modèle doit offrir une meilleure expérience d'utilisation à ses utilisateurs. Un des intérêts de ce travail est de permettre, à chaque utilisateur de ressources numériques, d'atteindre ses objectifs et réduire ainsi les coûts de production des ressources en améliorant leurs exploitabilités.

5.2 Contribution : modèle et mécanismes d'adaptation

5.2.1 Approche et méthodologie

Le tableau 5.1 présente la facette de notre contribution. Cette facette concerne les mécanismes de gestion adaptatifs des ressources numériques. Une ressource numérique devrait dans son modèle intégrer des mécanismes qui lui permettent de s'adapter à son utilisateur. Une telle ressource est appelée « **ressource numérique adaptative** ».

Composant d'assistance à l'utilisateur	Caractéristique pour agir sur ce composant
Gestion des processus	Caractériser l'adaptation des ressources numériques à travers des règles, des opérations et des services tiers d'usage ainsi que les processus d'interaction de l'utilisateur pour adapter l'usage des ressources.

Tableau 5.1 – Composant d'assistance à la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

Définition : ressource numérique adaptative

Une ressource numérique adaptative est une ressource capable de changer son comportement ou ses caractéristiques automatiquement en fonction des caractéristiques de son utilisateur (préférence, accessibilité, intérêt, objectifs, *etc.*), des caractéristiques de la situation (nature de la situation, type de situation, objectifs de la situation, pré-conditions, post-conditions) et des caractéristiques de l'environnement (outils disponibles, logique du système, *etc.*).

Propriété : ressource numérique adaptative

Une ressource numérique adaptative devrait être :
- **autonome :** capacité à être utilisée sans une dépendance forte ;
- **interopérable :** utilise une technologie qui, facilite son intégration dans d'autres systèmes d'information ;
- **interactive :** faciliter d'interaction avec d'autres ressources numériques et avec d'autres outils du système ;
- **pertinente :** intègre des mécanismes de qualification de la ressource pour l'utilisateur ;
- **cohérente :** maintient l'exécution du système cohérent.

Pour définir une ressource numérique adaptative respectant les propriétés définies ci-dessus, notre approche se fonde sur les modèles de conception de ressources numériques. Dans le tableau 5.2, le modèle adopté concerne l'adaptabilité.

Pour réaliser un tel modèle d'une ressource numérique, nous avons choisi trois (03) approches :

1. **une approche de transformation :** dans le domaine de l'éducation un objet *(asset)* est transformé en ressource d'apprentissage qui décrit l'objet selon le modèle de métadonnée du IEEE-LOM. Notre approche consiste à décrire chaque ressource de l'environnement avec un modèle de métadonnée pertinent et cohérent. Nous avons créé un profil d'application du IEEE-LOM pour la description des ressources numériques dans le système de gestion de ressources numériques ;
2. **une approche auto-adaptation (polymorphisme) :** une des caractéristiques de notre modèle est l'auto-adaptation de la ressource numérique. Dans la programmation orientée objet, il existe une technique de caractérisation des objets qui permet à un objet de changer de comportement en fonction des paramètres, cette technique s'appelle du ***polymorphisme***. Notre approche est d'associer un comportement d'auto-adaptation des ressources numériques par polymorphisme ;

3. **une approche de gestion de la configuration :** les mécanismes et les règles d'adaptation doivent être configurés dynamiquement en fonction des caractéristiques de chaque utilisateur et du contexte d'usage. Pour cela, nous avons adopté une approche dans le domaine de la gestion de la configuration logicielle (Software Management Configuration). Cette approche permet de définir pour les composants de chaque ressource numérique le modèle d'interaction, les dépendances, les services disponibles (webservice), les outils associés (addons) permettant d'assurer un meilleur usage de la ressource numérique.

Les trois approches adoptées concernent respectivement la description complète des ressources numériques disponibles et leur modèle d'usage, le modèle d'auto-adaptation avec des mécanismes de changement du comportement en fonction des paramètres et la configuration de l'exécution des ressources numériques. Grâce à ces approches, la méthodologie de mise en œuvre de ressources numériques avec une auto-adaptation aux caractéristiques de ses utilisateurs se décline comme suit :

— **définir les composantes de chaque ressource numérique :** il s'agit pour nous de décrire l'architecture générale de la ressource numérique dans l'environnement de l'utilisateur ;
— **définir les règles et les opérateurs :** il s'agit de mettre en place les éléments nécessaires à l'adaptation. Pour adapter une ressource numérique, il faut définir des règles qui permettent d'être exécutées en fonction des données disponibles. Les opérateurs permettent de déterminer les différentes interactions possibles dans la ressource et entre les ressources. Ces opérations concernent la manipulation de la ressource numérique ;
— **définir les services :** la définition des services permet au système d'appeler les ressources et à la ressource de contacter d'autres ressources (ressources complémentaires, ou ressources comparatives) ou d'outils services disponibles pour les ressources.

5.2.2 Modélisation d'une ressource numérique adaptative

Grâce à la méthodologie que nous avons définie, le modèle d'une ressource numérique adaptative comporte quatre composants principaux. Le diagramme de classes de la figure 5.5 présente ces quatre composants.

Dans le diagramme de la figure 5.5, la ressource est composée de :

Modèle	**Caract.**	**Acc. Ind.**	**Reut. Intero. Part.**	**Inter.**	**Perso.**	**Nav.**	**Adapt.**
LOM	Acc.	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
SCORM	Inter.	Oui (LOM)	Oui	Non	Oui	Oui	Non
EDUPUB	Inter. ebook	Oui (DCMI et LOM)	Oui	Oui	Oui	Non	Non
OER	Partage RN	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Non
ALO	Adaptabilité	Oui (LOM)	Oui	Non	Oui	Oui	Non

Tableau 5.2 – Caractéristiques des modèles de conception de ressources numériques

— **document numérique :** ensemble de document ou de contenu numérique qui compose la ressource ;
— **métadonnées usage :** ensemble de données permettant de décrire la ressource. Les métadonnées décrivent l'usage espéré, le type d'utilisation, les droits, les caractéristiques de la ressource. Nous utilisons un profil d'application du IEEE-LOM [Barker, 2005] (annexe A.5) ;
— **opérateur :** ils servent à définir les opérations possibles avec cette ressource et les opérations entre les éléments de la ressource (cas d'une ressource numérique composite). Il existe quatre types d'opérateurs. L'opérateur de composition sert à composer la ressource numérique avec une autre ressource numérique. L'opérateur d'agrégation sert à agréger des ressources. La différence entre la composition et l'agrégation est que la composition est temporaire et s'exécute dans le contexte de la situation. Alors que l'agrégation est permanente et permet de générer une nouvelle entité d'une ressource numérique. L'opérateur de fusion sert à fusionner une ressource avec une autre. L'opérateur de filtrage sert à filtrer des éléments dans la ressource ;
— **règle de manipulation :** elle définit les règles d'exploitation de la ressource numérique ;
— **service :** il définit un ensemble des services que la ressource peut utiliser ou appeler comme un web service.

Le modèle de ressource est intégré dans un environnement pour permettre son usage dans l'application. La figure 5.6 présente le modèle de l'environnement de ressources numériques adaptatives. Dans cette figure, nous avons défini trois types de processus sur les ressources numériques : utilisation, création et évaluation.

Le processus d'utilisation nécessite de l'adaptation pour permettre à l'utilisateur d'atteindre les objectifs de la situation. Cette adaptation dépend du contexte de la situation (les différents processus possibles) et des caractéristiques de l'utilisateur ainsi que de son rôle dans l'environnement. Le processus de création, quant à lui nécessite un faible niveau adaptation afin de permettre à l'utilisateur de disposer d'outils et des droits nécessaires pour modifier ou concevoir une nouvelle ressource numérique.

Le processus d'évaluation nécessite un niveau moyen d'adaptation pour permettre à l'utilisateur d'évaluation la ressource en fonction du contexte de la situation. Par exemple, notre algorithme de calcul de pertinence associe un score de pertinence à chaque ressource numérique en fonction de ses mots-clés avant son utilisation dans une situation. Ce score peut changer si le niveau des préférences des mots-clés de la situation change.

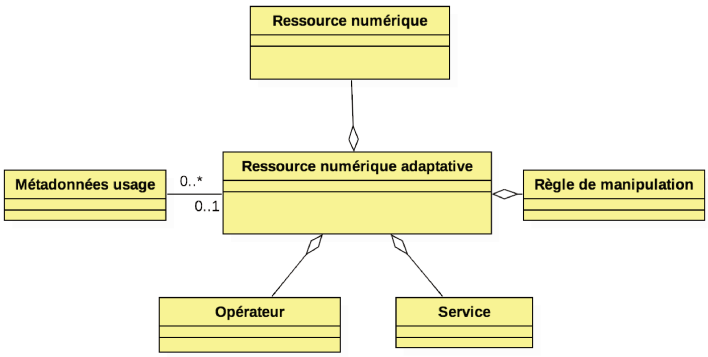


Figure 5.5 – Modèle d'une ressource numérique adaptative

Enfin, une ressource adaptative peut aussi hériter d'une ressource telle que nous l'avons définie dans la section 2.3.4 du chapitre 2 . La figure 5.7 présente ce modèle. Ce modèle est identique au modèle de la figure 5.5 et les mécanismes sont aussi identiques

5.2.3 Mécanismes d'adaptation

Le modèle de ressource permet de définir les mécanismes d'adaptation de la ressource aux caractéristiques de l'utilisateur et de la situation. Les avantages du modèle d'une ressource numérique adaptative proposée se trouvent dans ses propriétés (autonomie, interactivité, interopérabilité), ses opérateurs, ses règles et ses services. Ces caractéristiques rendent possible son interactivité avec les outils et les services disponibles dans l'environnement. Ces règles, opérateurs et services sont mis en œuvre en utilisant la technologie JavaScript dans le système.

La proposition de iAPI (interactive API) [Daniel and Furlan, 2013] permet une mise en œuvre de notre modèle sans perdre les performances des mécanismes d'adaptation du système. Pour cela, nous proposons d'inclure des fichiers de script, dans l'architecture du modèle de ressources numériques implémentant les règles, les opérateurs et les services que doit offrir la ressource.

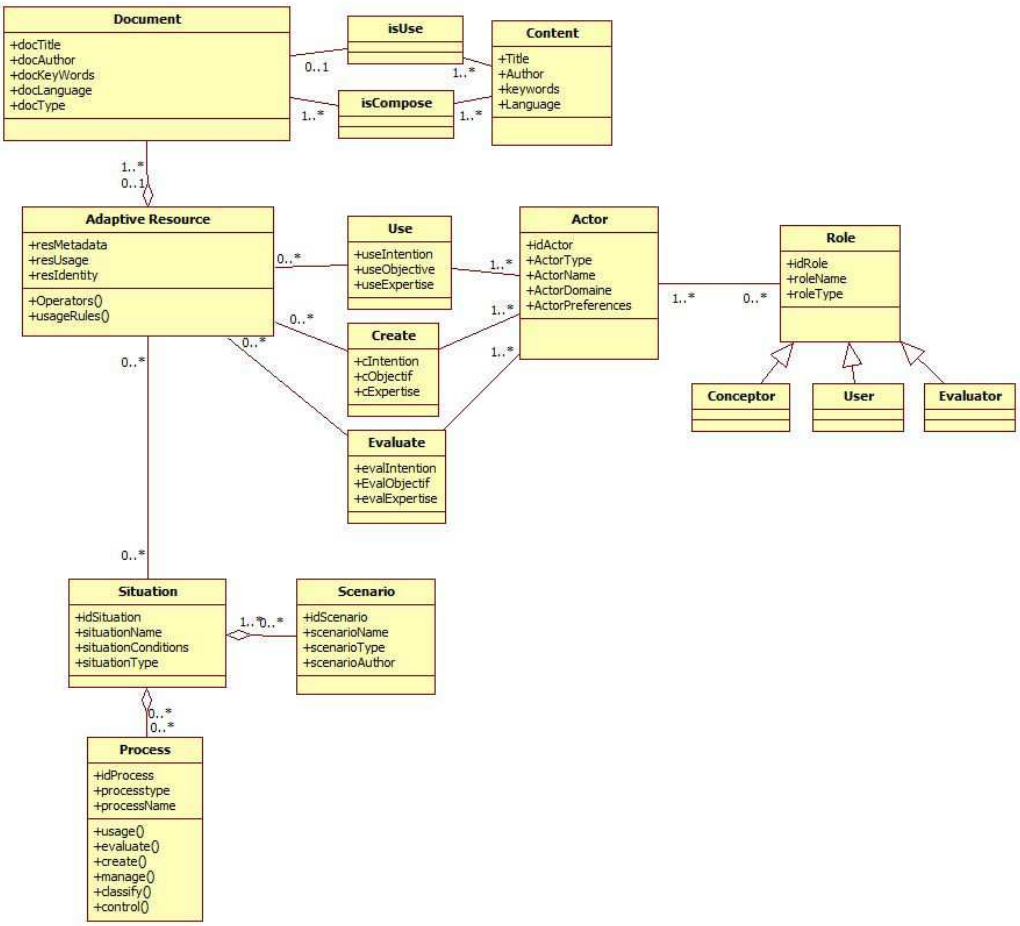


Figure 5.6 – Ressources numériques adaptatives dans PRISE

Ces scripts doivent être exécutés par l'environnement d'exécution de la ressource et peuvent être externalisés et adaptés en fonction de l'environnement logiciel du système. Donc supportable par l'environnement d'exécution du *SCORM (SCORM-RTE)*. Le modèle *SCORM* utilise déjà dans son modèle des scripts pour l'exécution des *SCO*. L'environnement d'exécution des livres numériques *(EDUPUB reader)* incluent aussi des scripts pour la personnalisation des pages d'un livre ou du système de navigation.

Les règles d'adaptation que nous proposons dans les sections qui suivent peuvent s'exécuter en temps réel. Les éléments nécessaires à l'exécution de l'adaptation et pour les règles de contrôle sont :

- **le profil de l'utilisateur :** nous l'avons proposé en utilisant une extension de l'IMS-LIP dans [Sawadogo et al., 2014c] (voir annexe A.6) ;
- **le profil des ressources :** les métadonnées de la ressource dans notre cas en utilisant le modèle IEEE-LOM à travers un profil d'application (voir annexe A.5) ;
- **le profil des processus :** il s'agit de l'ensemble des traitements possibles dans la situation ;
- **le contexte :** modèle IMS-LD adapté pour les situations en utilisant les mécanismes proposés dans [Berlanga et al., 2006].

Les auteurs dans [Rey-López et al., 2009b] proposent des mécanismes d'adaptation très intéressants pour les ressources SCORM. Ces propositions sont directement incluses dans l'environnement d'adaptation du modèle SCORM, ce qui rend difficile sa réutilisation pour d'autres modèles. Les mécanismes d'adaptation que nous proposons prennent en compte l'utilisateur, les caractéristiques de la situation et les services disponibles en interne ou en externe de l'environnement. Ces services doivent être utilisables par les ressources numériques.

La figure 5.11 présente l'architecture pour la réalisation des mécanismes d'adaptation. Dans cette figure, la ressource numérique adaptative doit s'adapter aux caractéristiques du profil de son utilisateur et de son contexte en faisant appel à des services qui permettent de surcharger son fonctionnement. Les traces peuvent également servir pour optimiser l'adaptation. Il s'agit dans ce cas de garder des traces sur les modèles de configuration de la ressource qui a été un succès dans une situation et l'appliquer pour des utilisateurs et situations similaires.

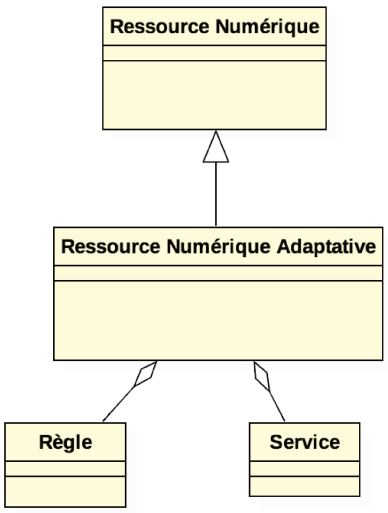


Figure 5.7 – Modèle d'une ressource numérique adaptative hérité d'une ressource numérique

5.2.3.1 Règles de navigation

Les règles de navigation concernent le choix des composantes des ressources à utiliser par l'utilisateur. Cette règle utilise principalement les **compétences** de l'utilisateur ou **ses préférences**. D'autres caractéristiques peuvent éventuellement être utilisées. La navigation consiste à activer ou désactiver des liens ou des pages dans la ressource en fonction du profil de l'utilisateur et du contexte de l'activité.

Exemple 3 : ressources numériques adaptatives - livre adapté

1. Supposons deux utilisateurs utilisant le même livre contenant différents types d'images. Pour un utilisateur dont l'interprétation de l'âge équivaut à un adulte, la ressource peut afficher toutes les images du livre pour cet utilisateur. Mais si l'interprétation de l'âge équivaut à un enfant, la ressource peut désactiver les images violentes et n'afficher que les images non violentes avec les services adaptés à ces caractéristiques ;
2. Supposons un utilisateur avec une handicap visuelle, le livre peut s'adapter en présentant le mode audio ou faire appel à un service de lecture pour cet utilisateur avec les services adaptés à ces caractéristiques.

5.2.3.2 Règles de présentation

Les règles de présentation consistent à choisir le type de présentation de la ressource adaptée aux caractéristiques de l'utilisateur et au contexte d'usage. L'exemple 3 montre que le choix de la ressource dépend des caractéristiques d'accessibilité de l'utilisateur (pour des utilisateurs avec un handicap). Un deuxième type de présentation pourrait dépendre des préférences et des

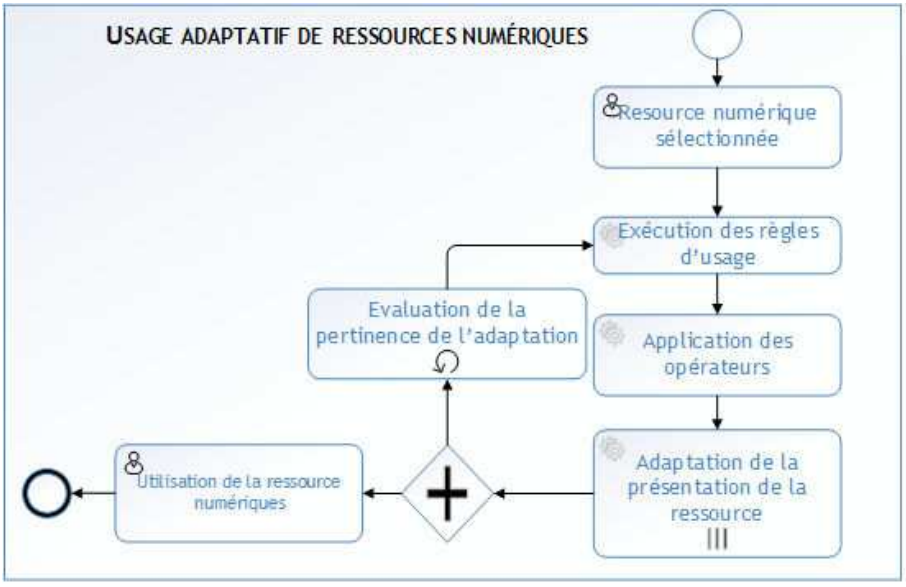


Figure 5.8 – Processus d'adaptation des ressources numériques dans une situation

compétences de l'utilisateur. Par exemple, dans le cas où l'utilisateur préfère une certaine mise en forme (taille et couleur de police) de la ressource.

Un dernier type de présentation concerne les caractéristiques de la situation, la ressource s'adapte en fonction des caractéristiques de la situation. Un exemple classique de cela se trouve dans le domaine de l'éducation, en fonction de la situation, si l'utilisateur désire une ressource d'exercice au lieu de cours. La ressource peut se transformer en ressource d'exercice, mais cela demande une bonne définition de la part du concepteur. Mais une technique plus simple consiste à sélectionner une autre ressource pertinente pour cette situation.

Enfin, les travaux d'adaptation proposés dans le domaine des Interfaces Homme-Machine (IHM) [Calvary et al., 2004, Camara et al., 2010] peuvent servir à implémenter d'autres types de présentation des ressources numériques.

Exemple 4 : ressources numériques adaptatives - Trie des articles contenant les mots-clés de l'utilisateur dans les actes d'une conférence

Si l'acte d'une conférence est composé de plusieurs articles dans un même fichier sur des thèmes connexes, un exemple de mécanismes d'adaptation consiste à présenter à l'utilisateur les articles contenant uniquement ses mots-clés (Filtrage automatique).

5.2.3.3 Règles d'association et de composition

Les règles de compositions et d'associations font appel à une nouvelle méthode d'agrégation. Il s'agit de permettre à une ressource numérique dont la vocation était d'être statique avec une interaction asymétrique, d'être dynamique et symétrique dans son environnement. Dans ces règles, l'interaction de la ressource doit se faire non seulement avec l'utilisateur, mais aussi avec ses *« pairs »* et avec les outils de l'environnement.

L'exemple 4 est un cas typique de cette adaptabilité. Ces règles permettent d'évaluation les caractéristiques d'association des ressources **(isPartOf, Reference, attachedTo, IsBasedOn)**. Elles permettent à la ressource numérique de faire appel à d'autres ressources ou à des outils pour permettre à cette dernière de s'adapter à son utilisateur.

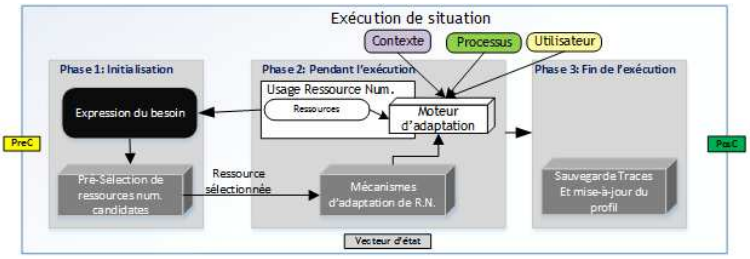


Figure 5.9 – Exécution d'une situation

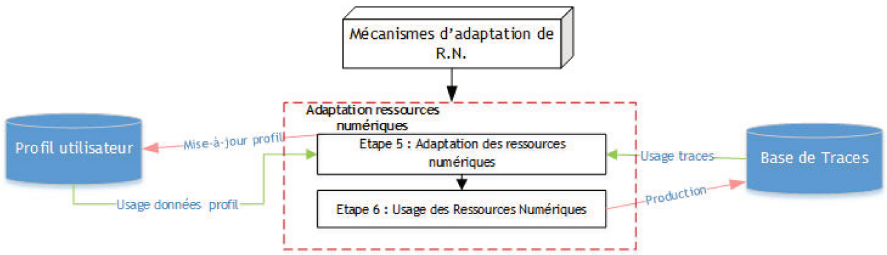


Figure 5.10 – Etapes pour la pré-sélection automatique de RN pertinentes dans une situation

5.2.3.4 Appel de service

Dans l'architecture d'une ressource numérique adaptative, il est possible de faire appel à des services internes au système ou à des outils externes. Aujourd'hui, le développement des web services rend facile l'intégration des services pour une ressource numérique. Il s'agit pour le moteur d'adaptation de calculer à partir des données de l'utilisateur et de la situation pour déterminer si des services doivent être appelés. Ces services peuvent être de la traduction (appel d'un service pour traduire dynamiquement le texte de la ressource), de la correction (appel d'un service de correction orthographique), de transmission (service d'envoi de la ressource à un autre service). Il suffit de bien définir les interfaces réalisables avec la ressource et les surcharges possibles sur la ressource.

5.3 Expérimentations et résultats

Pour l'expérimentation, nous proposons une interface pour la création de situations dans l'environnement numérique (PRISE). Dans une situation, la contribution apportée permet de pré-sélectionner la ou les ressource(s) numérique(s) pertinente(s) pour la situation définie par l'utilisateur. Dans la liste de ressources pertinentes proposées, l'utilisateur peut sélectionner les

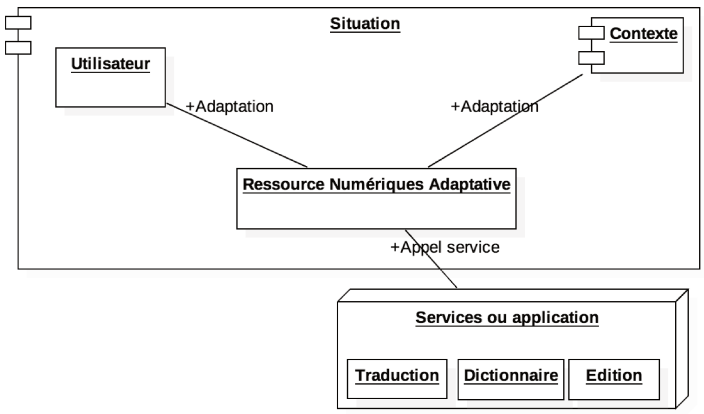


Figure 5.11 – Composants d'adaptation d'une ressource numérique adaptative

éléments qu'il souhaite utiliser avec la possibilité d'aller sur une nouvelle page présentant des mécanismes d'adaptation de cette ressource numérique.

La figure 5.12 présente cette page. Dans cette page, il existe six blocs. Les trois premiers concernent les composants intrinsèques de la ressource : les métadonnées, les opérateurs associés et les règles de manipulation de la ressource.

Les trois autres blocs centraux s'affichent en fonction des mécanismes du moteur d'adaptation. Il s'agit des ressources complémentaires (construction du réseau de ressources numériques grâce à la règle d'association et de composition), de la présentation de la ressource et des outils annexes auxquels la ressource peut faire appel. Cette interface permet d'afficher la ressource en fonction de ses caractéristiques (préférences), d'activer ou désactiver les opérations (édition, annotation, visualisation) qui sont possibles sur la ressource numérique. Cela est réalisé en fonction des caractéristiques de la situation, de l'utilisateur et des services qui peuvent être associés à la ressource (envoie, traduction, édition).

Le tableau 5.5 représente un exemple de base d'utilisateurs et de ressources numériques dans l'environnement d'expérimentation. Comme le montrent les exemples 3 et 4, le système détermine les mécanismes d'adaptation des ressources numériques pour les utilisateurs sélectionnés et du contexte. Le tableau 5.4 présente des exemples de mécanismes d'adaptation de ressources numériques retenues pour chaque utilisateur.

À titre d'exemple, un mécanisme d'adaptation dans ce tableau (tableau 5.4) peut être de :

— comparer les mots-clés de l'utilisateur avec les mots-clés de la ressource dans la liste des articles contenus dans un livre (actes de conférence) pour ne présenter que ceux qui correspondent aux intérêts de recherche de l'utilisateur (en utilisant les mots-clés de son profil) ;
— modifier le type d'interactivité des ressources pour l'adapter au modèle d'interactivité de l'utilisateur ;
— fournir des services supplémentaires (traduction, annotation) pour adapter l'utilisation des ressources en fonction des droits de l'utilisateur et son niveau de langue.

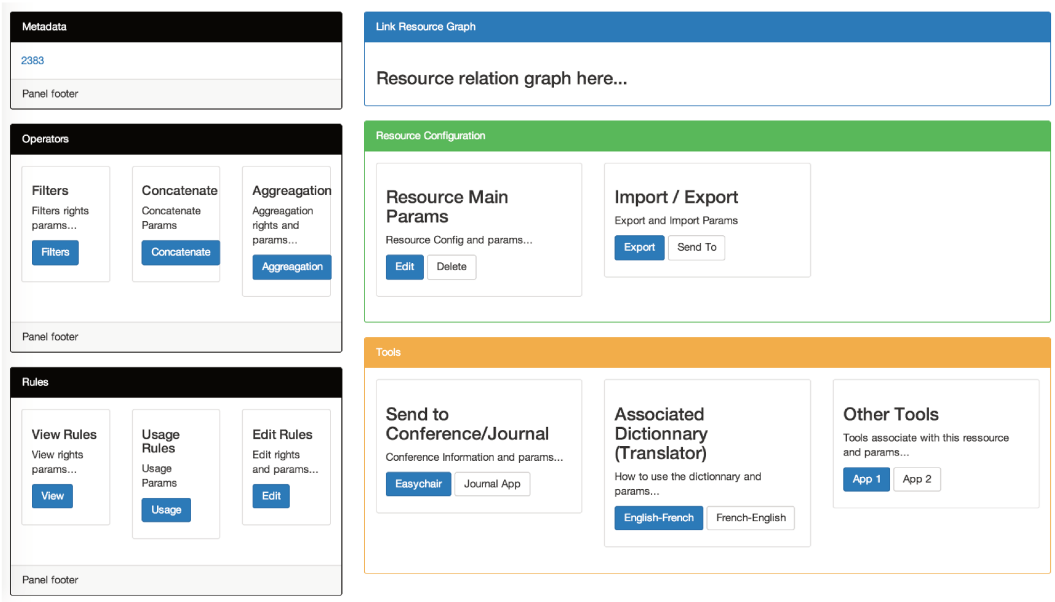


Figure 5.12 – Interface d'utilisation des ressources numériques adaptatives dans PRISE

Nous donnerons plus de détails sur l'expérimentation et l'évaluation dans le chapitre expérimentation et évaluation. Cette expérimentation montre que les mécanismes d'adaptation automatique des ressources numériques au contexte de l'activité et aux caractéristiques de l'utilisateur permettent de satisfaire les objectifs de l'utilisateur dans l'environnement.

5.4 Discussion et synthèse

Dans ce chapitre, nous avons proposé un nouveau modèle de ressource numérique adaptative avec des mécanismes d'adaptations lui permettant d'adapter sa configuration aux caractéristiques de son utilisateur et aux caractéristiques de sa situation.

Il existe plusieurs travaux liés à notre étude. Dans un premier temps, notre travail est fondé sur des modèles de ressources numériques existantes, telles que SCORM, OER *(Open Educational Resources)* [Cheung et al., 2013], EPUB, qui sont des initiatives pour la conception de ressources numériques pour les environnements d'apprentissage. La limitation de ces modèles est qu'ils n'incluent pas de fonction ayant la capacité d'adaptation dans leur modèle. Ils ne définissent pas d'opérateur d'usage adaptative des ressources.

Le modèle de séquençage et de navigation du *SCORM (SCORM Simple Sequencing)* est une initiative visant ajouter de l'adaptation dans les ressources pédagogiques. Mais cette proposition reste très basique et ne répond pas à la capacité d'adaptation dans son sens réel. Il est utilisé pour personnaliser l'apprentissage selon le score et les objectifs.

L'initiative *EPUB* permet à un utilisateur d'adapter la présentation avec les attributs *CSS*. Le modèle de package *EPUB* est principalement basé sur les technologies Web qui permettent une adaptation dans le modèle des ressources numériques.

Dans [Rey-López et al., 2009b], les auteurs proposent un modèle qui étend le modèle SCORM pour fournir de l'adaptabilité. Nous avons constaté que le modèle de ressource SCORM est déjà très difficile à mettre en œuvre et à utiliser. Notre proposition est un modèle générique de ressources adaptatives. L'objectif consiste à ne pas modifier le contenu intrinsèque de la

Modèle	Critère 1	Critère 2	Critère 3
IEEE-LOM[1] **& Dublin-core**[2]	☹	☹	☹
OER[5]	☹	☹	☹
SCORM[3]	😐	☹	☹
EDUPUB[4]	😐	☹	☹
ALO[6]	🙂	☹	☹
ADR (PRISE)	🙂	🙂	🙂

Critère 1 : le profil de l'utilisateur
Critère 2 : pertinence et cohérence par rapport au contexte
Critère 3 : fonction automatisé d'interaction avec d'autres outils et services

🙂 : satisfaisant ; 😐 : moyen ; ☹ : insatisfait

Tableau 5.3 – Évaluation des critères d'adaptation pour les modèles de ressources numériques existants

ressource, mais à offrir la meilleure configuration de la ressource en fonction des caractéristiques de l'utilisateur et d'adapter les processus de traitement ou de manipulation.

Dans le cadre de notre travail, nous utilisons les **« opérateurs »**, les **« règles »** et les **« services »** pour mettre en œuvre les mécanismes d'adaptation des ressources numériques dans une situation. Un système à base de traces est également utilisé pour améliorer nos mécanismes d'adaptation. Cela fait une différence avec les précédents travaux cités. Cependant, dans nos expérimentations, nous avons supposées qu'un système de traces existe et fonctionne comme souhaité. Ainsi, les traces d'utilisation des ressources numériques et les traces permettant de compléter le profil de l'utilisateur sont nécessaires pour le fonctionnement des mécanismes d'adaptation. Pour cela, nous avons utilisé des traces simulées avec un système très basique de gestion de traces.

Le tableau 5.3 donne une évaluation des critères définis en rapport avec les travaux issues de l'analyse de la littérature et de notre proposition. Dans ce tableau, notre modèle respecte les critères que nous avons fixés, et dont certains d'entre eux étaient des éléments manquants de l'analyse de la littérature. Ainsi, notre proposition ADL *(Adaptive Digital Resource)* intègre des mécanismes pour la cohérence avec le contexte de la situation et des fonctions de communication avec des services internes ou externes à l'environnement. Ces mécanismes sont exécutés par le système. Le tableau 5.6 présente une comparaison de notre proposition avec les modèles existants. Dans ce tableau, notre modèle propose une vraie adaptabilité de la ressource numérique avec des technologies qui sont faciles à implémenter.

Utilisateur	**U1**	**U2**	**U3**	**U4**	**U5**
RN1	opérateur de filtrage activé ;	appel d'un service de traduction ; adapter le type d'interaction à mixte	adapter le type et le niveau d'interaction	aucune	adapter le niveau d'interaction à très faible (p.ex. durée)
RN2	adaptation par la traduction ;	adapter le type d'interaction à mixte ; aucune	aucune	adapter le type d'interaction à active	activer l'opérateur d'agrégation
RN3	activer l'opérateur de filtrage	adaptation par la traduction	adapter le type d'interaction à mixte	aucune	adapter le type d'interaction à mixte
RN4	aucune ;	adapter le type d'interaction à *expositive*	adapter le niveau d'interaction à très faible (p.ex. durée)	activer l'opérateur de composition	adapter le type d'interaction à mixte (p.ex. durée)
RN5	adaptation par la traduction ;	adapter le type d'interaction à mixte ; aucune	aucune	adapter le type d'interaction à active	activer l'opérateur d'agrégation

Tableau 5.4 – Exemple de mise en œuvre de mécanismes d'adaptation de ressources numériques à des utilisateurs

Utilisateur	Donnée utilisateur	RN	Donnée ressource
U1	name :"User1", interactivityType :"active", interactivityLevel :"high", language :"French", keyWords :["user modelling","resource management","process management","adaptation"], expertise :"advanced"	R1	title : "R1", interactivityType : "active", resourceType : "Proceedings", educationalUse : "reading", language : "English", keyWords : "adaptation, user modeling, personalization"
U2	name :"User2", interactivityType :"expositive", interactivityLevel :"medium", language :French, keyWords :["trace-based system", "decision", "adaptive situation"], expertise :"beginner"}	RN2	title : "R2", interactivityType : "mixed", resourceType : "Web page", educationalUse : "research", language : "English", keyWords : null
U3	name :"User3", interactivityType :"mixed", interactivityLevel :"low", language :"French", keyWords :["tensor","RPCA","matrix and tensor factorization","statistical modelling"], expertise :"expert"	RN3	title : "R3", interactivityType : "active", resourceType : "Book", educationalUse : problem solving, language : "English", keyWords :
U4	name :"User4", interactivityType :"active", interactivityLevel :"very high", language :"English", keyWords :"keyword1, keyword2", expertise :"advanced"	RN4	title :"R4", interactivityType :"active", resourceType :"Article", educationalUse :writting, language :"French", keyWords :
U5	name :"User5", interactivityType :"mixed", interactivityLevel :"very low" language :"English", keyWords :"Spatio-temporal, trajectory", expertise :"beginner"	RN5	title :"R5", interactivityType :"mixed", resourceType :"Manual", educationalUse :"experimental", language :"English", keyWords :null

Tableau 5.5 – Exemple de profils d'utilisateurs et de métadonnées de ressources numériques

Modèle de Ressource	Domaine, approche et technique	Type d'adaptabilité
IEEE-LOM	Domaine : éducation Approche : accessibilité Technique : il définit un ensemble de 63 champs de métadonnées classé en neuf (09) catégories	**Personalisation :** non **Navigation :** non **Vraie adaptabilité :** non **Points forts :** liste de métadonnées pour décrire une ressource numérique **Points faibles :** aucun mécanisme d'adaptation
ADL-SCORM	Domaine : éducation Approche : interopérabilité et Réutilisation Technique : il définit une structure des ressources en SCO associée à un moteur d'exécution (RTE) pour l'invocation des services	**Personalisation :** oui **Navigation :** oui **Vraie adaptabilité :** non **Points forts :** interopérabilité (SCORM est supporté par la majorité de LMS) **Points faibles :** l'absence du profil réel et des données de traces et des caractéristiques de l'activité
EPUB	Domaine : livre numérique Approche : interopérabilité et Interactivité Technique : il définit une structuration des *ebook* en *HTML5 CSS* et *Javascript*	**Personalisation :** oui **Navigation :** non **Vraie adaptabilité :** non **Points forts :** conception de livres numériques **Points faibles :** absence du profil réel, des données de traces et des caractéristiques de l'activité
ALO	Domaine : éducation Approche : adaptabilité Technique : il définit des mécanismes d'adaptation fondés sur des données du profil de l'utilisateur	**Personalisation :** oui **Navigation :** oui **Vraie adaptabilité :** non **Points forts :** adaptation fondée sur les règles de navigation, de présentation et les règles d'évaluation **Points faibles :** absence de services et des données sociales de l'environnement.
ADR (PRISE)	Domaine : recherche scientifique Approche : adaptabilité Technique : il définit des mécanismes d'adaptation fondés sur des données du profil de l'utilisateur, des caractéristiques de la situation	**Personalisation :** oui **Navigation :** oui **Vraie adaptabilité :** oui **Points forts :** adaptation des ressources fondées sur le profil, les traces et les services disponibles. **Points faibles :** reconstruire la trajectoire de navigation

Partie IV

Implémentation et évaluation

6

Étude cas et démonstrateur : environnement numérique du chercheur (PRISE)

Ce chapitre s'intéresse à l'étude de cas et au demonstrateur pour l'expérimentation et l'évaluation des contributions réalisées dans cette thèse. Nous prenons comme étude de cas les outils de gestions de références bibliographiques et de réseaux sociaux (HAL, Mendeley, Zotero, ResearchGate, Academia). Nous abordons la problématique de gestion adaptatives des ressources numériques. Le choix de cette étude de cas est pertinente car elle permet de proposer une plate-forme pour assister les chercheurs dans l'organisation, la sélection pertinente et l'utilisation adaptative de leurs ressources numériques. Elle met en evidence les problèmes liés à la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Les contributions apportées dans ce travail permettent de construire un démonstrateur qui offre des fonctionnalités d'assistance aux chercheurs. Ces fonctionnalités leurs permettent d'organiser, de sélectionner et d'utiliser les ressources numériques pertinentes dont ils disposent pour produire de nouvelles connaissances.

Sommaire

6.1 Justification : pourquoi cette étude de cas ? . . . 160
6.2 Introduction . . . 161
6.3 Étude de cas du chercheur . . . 163
6.3.1 Description de l'étude de cas . . . 163
6.3.2 Étude de cas : mécanismes d'instanciation . . . 165
6.3.3 Contraintes et plus values . . . 165
6.3.4 Synthèse et discussion . . . 166
6.4 Démonstrateur : environnement numérique du chercheur . . . 168
6.4.1 Contexte et concepts . . . 168
6.4.2 Fiche de lecture : produit minimum viable . . . 169
6.4.3 Architecture de PRISE . . . 176
6.4.4 Logique de fonctionnement de l'architecture . . . 176
6.4.5 Fonctionnalités et architecture technique du démonstrateur . . . 179
6.4.6 Mise en œuvre technique et outils de développement . . . 187
6.5 Synthèse et discussion . . . 189

6.1 Justification : pourquoi cette étude de cas ?

La recherche scientifique est un domaine qui exige une actualisation permanente des connaissances. Dans ce domaine, la production de nouvelles publications suit une courbe exponentielle. Les éditeurs de publications scientifiques ont profité de cette situation pour monter des plans d'affaires très intéressants. Ils proposent des systèmes de stockage, d'indexation et de recherche des publications produites par les chercheurs. Comme illustré sur la figure 6.1, les chercheurs ont accès à plusieurs sources de données. Ces données sont généralement publiées dans des actes de conférence, des revues, des magazines, des périodiques, des sites web, des espaces collaboratifs, des bases de données scientifiques, *etc.* Elles sont très hétérogènes et se présentent souvent dans des formats différents. La figure 6.1 est une version instanciée la figure 1.3 du chapitre 1 pour l'étude de cas. Elle illustre le même problème que celui présenté dans le chapitre 1 sur l'accès aux données hétérogènes et multi-sources.

Le contexte de production d'un document numérique de recherche est généralement dissocié du document numérique lui même. Il se découvre lors de l'utilisation ou lors de l'analyse de son contenu. Ce qui oblige chaque chercheur à produire une ressource numérique grâce l'utilisation qu'il en fait et à l'interprétation qu'il associe à chaque document numérique. La multiplicité des sources de données et leur hétérogénéité placent le chercheur dans une situation inconfortable. Il doit gérer les documents numériques produites par des tiers et contextualisés l'usage dans la réalisation de ses activités. Par exemple, le chercheur utilise des documents produits par d'autres personnes dans son processus de travail pour en produire de nouveaux avec ses pairs et les réinjecter dans la liste de documents accessibles par la communauté.

Le chercheur est incapable de gérer manuellement tous ces documents. Lorsqu'il qu'il doit réaliser une activité ou une tâche, il rencontre des difficultés pour sélectionner les documents numériques pertinents et dans les modalités d'utilisation de ces documents pour atteindre les objectifs de l'activité. Cette difficulté met en évidence l'importance de l'étude de cas. Le contexte du chercheur est intéressant pour mettre en évidence les problèmes liés à la gestion adaptative et consolidée des ressources numériques grâce à ce constat. Cette étude de cas constitue un moyen pour vérifier la pertinence des contributions réalisées dans cette thèse.

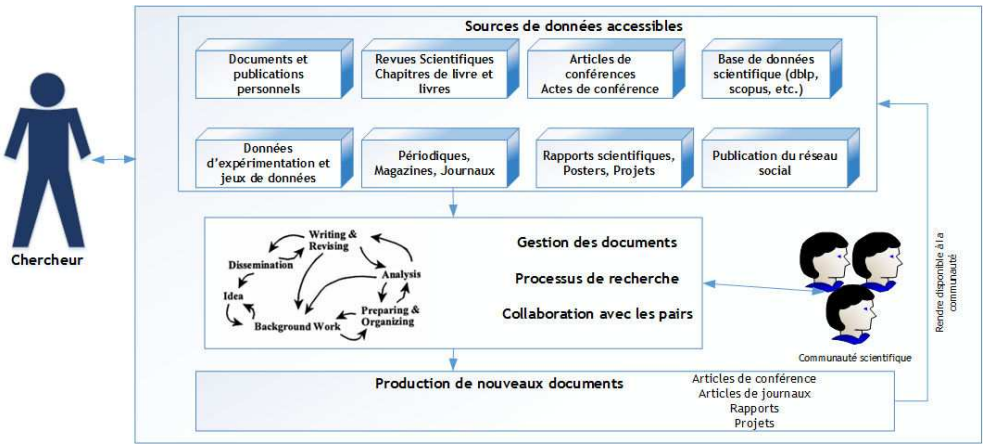


Figure 6.1 – Environnement de gestion de données numériques hétérogènes et multi-sources pour la recherche scientifique

En effet, l'étude de cas développée dans ce chapitre permet de valider les contributions suivantes :

Contribution 1 : modélisation et mise à jour automatiquement les données du profil d'un utilisateur dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. La mise en œuvre de cette contribution permet de vérifier si les données du profil de chaque chercheur sont mises à jour automatiquement et si les caractéristiques d'interaction des chercheurs sont bien représentées.

Contribution 2 : pré-sélection des ressources numériques candidates dans une situation. Il s'agit d'évaluer la pertinence des algorithmes proposés et le système de représentation adaptative des résultats. La pertinence d'un algorithme de sélection de ressources numériques est liée son taux de **bruit** [i] et de **silence** [ii].

Contribution 3 : utilisation adaptative des ressources numériques dans une situation. L'environnement permet d'évaluer la pertinence du modèle de ressources numériques adaptatives proposé et les mécanismes pour l'utilisation adaptative de ce type de ressource dans une situation.

Enfin, la mise en œuvre de l'étude permet d'évaluer le modèle d'architecture logicielle adapté pour la conception d'une application de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Il s'agit de montrer l'intérêt des choix techniques architecturaux pour mettre en œuvre les différentes contributions.

6.2 Introduction

Un environnement numérique de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques doit offrir à chaque utilisateur des fonctionnalités qui lui permettent de collecter, d'organiser, de collaborer, de sélectionner et d'avoir une utilisation adaptative de ses ressources numériques pour atteindre ses objectifs dans une situation.

Dans le domaine de la recherche, la production massive des publications scientifiques a motivé la conception d'outils d'aide aux chercheurs. Le schéma de la figure 6.2 présente une liste de quelques-uns de ces outils. Les principaux outils pour assister un chercheur dans son travail quotidien peuvent être classés en sept (07) catégories :

1. **exploration de la littérature :** cette catégorie d'outil permet aux chercheurs de rechercher des publications dans les bases de données existantes. Ce type d'outil est doté d'un système d'indexation qui permet à un chercheur d'indexer ses travaux.

   À titre d'exemple, il existe :
   — HAL : HAL est une archive ouverte pluridisciplinaire destinée au dépôt et à la diffusion d'articles scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, et de thèses, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés ;
   — GoogleScholar : GoogleScholar est un moteur de recherche d'articles scientifiques. Il offre la possibilité aux chercheurs d'indexer leurs publications et de suivre des auteurs ;

i. La mesure du bruit ou taux de précision est le nombre de documents pertinents retrouvés par rapport au nombre total de documents retrouvés.
ii. La mesure du silence ou taux de rappel est le nombre de documents pertinents retrouvés par rapport au nombre total de documents pertinents

— Elsevier-Scopus : Elsevier-Scopus est cité comme la plus grande base de données de publications scientifiques dans le monde. Il permet aux chercheurs de rechercher des publications à travers une requête sur plusieurs sources de données bibliographiques.

2. **collecte, organisation et visualisation :** cette catégorie d'outils permet aux chercheurs d'avoir une plate-forme pour la gestion quotidienne des publications. Initialement connu sous le nom de logiciel de gestion de références bibliographiques, ils permettent aujourd'hui d'inclure des documents de plusieurs formats (texte, image, vidéo). Par exemple, nous avons Mendeley, Zotero, JabRef, ILibrarian, *etc.* ;
3. **écriture :** les outils d'écriture permettent aux chercheurs de rédiger leurs publications et d'avoir des environnements de rédaction collaborative comme ShareLatex [iii] ou Authorea [iv] ;
4. **publication :** les outils de cette catégorie permettent aux chercheurs d'identifier les possibilités de publication ou les appels à publication. WikiCFP [v] est un exemple de ce type d'outils. Easychair [vi] quant à lui permet de soumettre des propositions de publications à une conférence ;
5. **collaboration :** les outils de cette catégorie permettent aux chercheurs de créer des réseaux avec leurs pairs afin de communiquer ensemble et pour partager des documents numériques. Ces plates-formes permettent de suivre les personnes ayant les mêmes intérêts de recherche. ResearchGate [vii], Acedemia [viii] et Aminer [ix] en sont des exemples ;
6. **évaluation :** les outils de cette catégorie sont de deux niveaux. Il y a les outils de monitoring, qui permettent d'analyser l'impact des travaux de chaque chercheur sur la communauté et les outils d'évaluation par les pairs, qui permettent d'avoir des évaluations sur les travaux de chaque chercheur. Par exemple, il existe impactStory [x], Altmetric [xi] et Kudos [xii] qui entrent dans le premier niveau et Publons [xiii] et PaperCritic [xiv] qui font partie du deuxième niveau ;
7. **cahier de laboratoire :** cette catégorie d'outils permet d'assister les chercheurs dans leurs processus de recherche et dans la gestion des données d'expérimentations. Par exemple LabFolder [xv] et protocols.io [xvi] sont des exemples de cahiers électroniques de laboratoire.

Les outils mentionnés ci-dessus permettent difficilement d'assister un utilisateur dans une sélection pertinente de publications pour la réalisation d'une activité ni dans une gestion consolidée des documents numériques de recherche. Cette tâche de gestion cohérente et d'usage adaptatif est absente dans les outils analysés. Pour pallier ce manque et surtout pour valider les contributions de cette thèse, nous proposons une environnement de gestion consolidée de ressources numériques pour les chercheurs.

L'explosions massive des publications scientifiques et leur hétérogénéité montrent bien que les chercheurs sont confrontés aux problèmes de gestion consolidée des ressources numériques. C'est dans ce sens que la proposition faite dans ce chapitre vise, à assister les chercheurs dans la gestion adaptative et consolidée de leurs ressources numériques.

iii. https ://www.sharelatex.com/
iv. https ://www.authorea.com
v. http ://www.wikicfp.com/cfp/
vi. http ://easychair.org/
vii. https ://www.researchgate.net
viii. https ://www.academia.edu/
ix. https ://aminer.org
x. https ://impactstory.org/
xi. http ://www.altmetric.com/
xii. https ://www.growkudos.com/
xiii. https ://publons.com/
xiv. http ://www.papercritic.com/
xv. https ://www.labfolder.com/
xvi. https ://www.protocols.io/

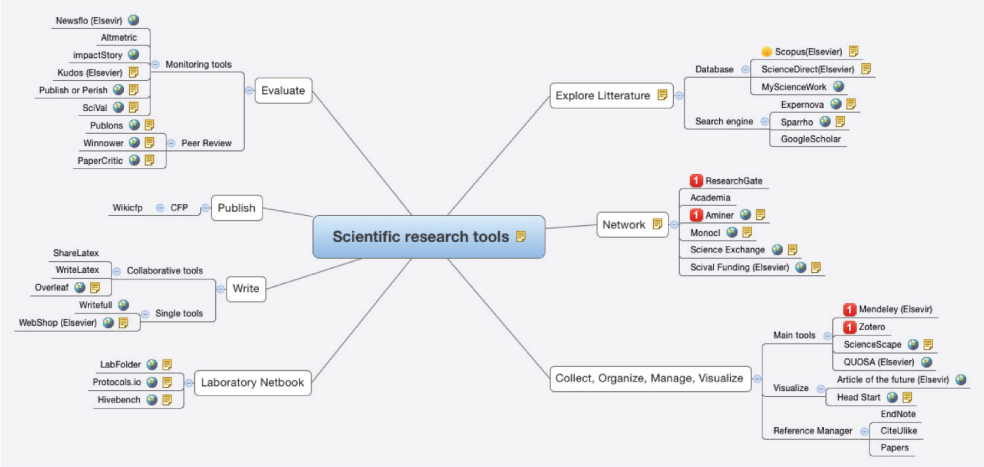


Figure 6.2 – Outils existants pour la recherche scientifique

6.3 Étude de cas : environnement numérique du chercheur

6.3.1 Description de l'étude de cas

Avant de décrire l'étude de cas, il faut préciser qu'elle sert à justifier les problématiques de cette thèse et surtout à valider les différentes contributions contenues dans la thèse. L'élaboration du cahier des charges consiste à préciser les besoins pour un environnement numériques du chercheur. Ces besoins sont analysés pour définir les fonctionnalités et les contraintes dans la conception de cet environnement numérique. Parmi les besoins identifiés, nous avons choisi ceux qui sont pertinents en rapport avec les problématiques de la thèse et les contributions apportées.

Pour décrire le cahier des charges, nous avons choisi le cas particulier du jeune chercheur ou doctorant qui commence une carrière dans la recherche scientifique. Le déroulement d'une thèse peut être modélisé comme une succession de situations. Ce processus est évolutif et adaptatif et permet de produire plusieurs documents dont le manuscrit de thèse.

Par conséquent, un exemple classique de l'utilisation attendu de cet environnement concerne les jeunes chercheurs. Ils peuvent expérimenter une gestion adaptative et consolidée de leurs ressources numériques durant le déroulement de la thèse.

L'étude de cas commence par une modélisation des situations du jeune chercheur (voir annexe A.4 pour des exemples de situations). Ensuite, nous proposons les outils et services utiles aux jeunes chercheurs pour organiser ces documents en format de ressources numériques, pour sélectionner la ou les meilleure(s) ressource(s) numériques dans une situation et pour utilisation adaptative des ressources numériques. Les mécanismes d'assistance du chercheur dans son environnement lui permettent d'avoir une gestion adaptative et consolidée de leurs ressources numériques. La figure 6.3 présente les composants et les mécanismes mis en œuvre. Cette figure est une instanciation de la figure 5.1 de la partie contribution de la thèse. Dans cette figure présente l'utilisateur (le jeune chercheur), des exemples de situations et une base de fiches de lecture. Une fiche de lecture est un composant complexe qui encapsule un ou plusieurs documents numériques, un ensemble de métadonnées qui représente aussi l'intention d'usage de l'utilisateur,

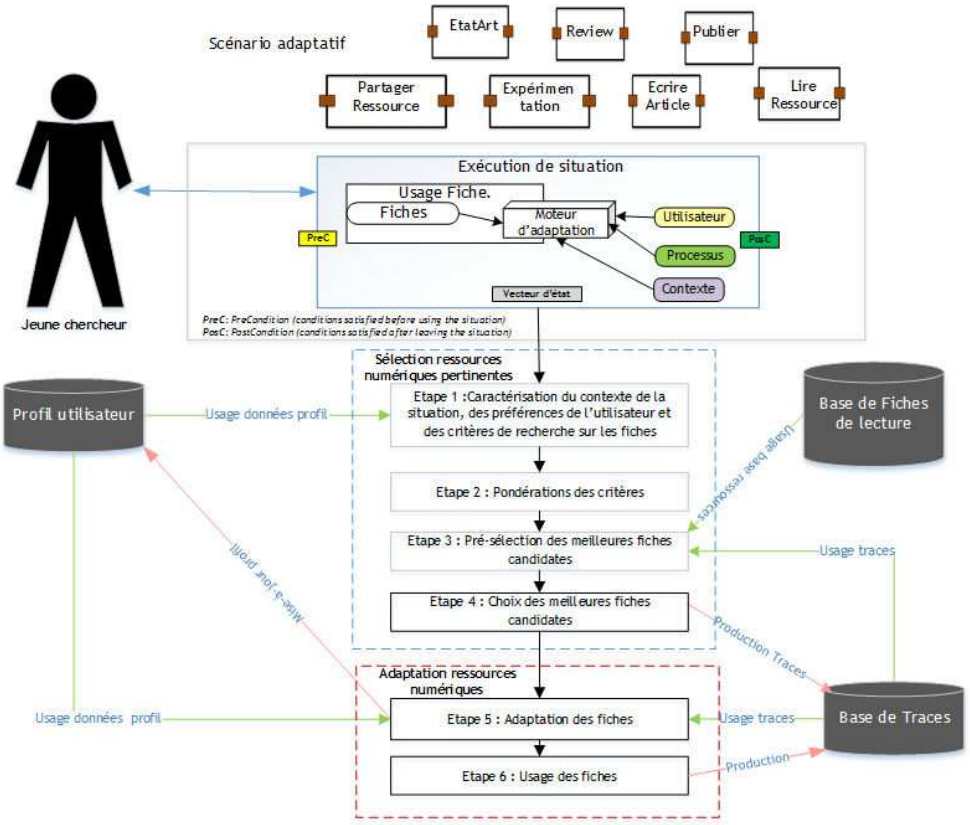


Figure 6.3 – Composants et mécanismes pour la gestion adaptative et consolidée de fiches de lecture

des opérateurs, des règles de manipulation et des mécanismes d'adaptation dans chaque situation. Cette figure présente aussi les deux mécanismes dans l'exécution d'une situation : le mécanisme de pré-sélection pertinente et d'utilisation d'une ressource numérique adaptative.

L'objectif poursuivi dans la conception de cette étude de cas consiste à mettre en œuvre :

— un modèle qui permet de représenter les données du profil de chaque chercheur dans l'environnement. Ainsi qu'un système de gestion des traces pour compléter et mettre à jour automatiquement les informations sur le chercheur. Il s'agit de mettre en évidence la première contribution de la thèse et pouvoir évaluer et valider cette contribution ;

— des algorithmes et des mécanismes qui permettent aux chercheurs dans l'environnement de sélectionner les ressources pertinentes lors de la réalisation d'une situation. Un exemple de situation pour les chercheurs concerne l'écriture d'un article scientifique. Il s'agit pour nous d'évaluer et de valider la deuxième contribution de la thèse concernant la pré-sélection pertinente de ressources numériques dans une situation. Cette contribution utilise les informations du profil de l'utilisateur, les caractéristiques de la situation et les données du réseau social ;

— un modèle de ressources numériques adaptatives et des mécanismes d'utilisation adaptative de ce type de ressource numérique. En générale, le chercheur souhaite avoir des ressources numériques qui sont pertinentes par rapport à ses caractéristiques. Par exemple, lorsque le document utilisé est un acte de conférence, il aimerait pouvoir filtrer ce document en gardant seulement les articles qui correspondent à ses mots-clés ou si le document est dans une langue qu'il ne maîtrise pas, il souhaiterait faire appel à un service de traduction de ce document dans sa langue préférée. C'est la troisième contribution de

la thèse.

Enfin, l'environnement numérique du chercheur doit offrir un ensemble d'outils et de fonctionnalité qui permet à ses utilisateurs d'atteindre leurs objectifs dans chaque situation, de capitaliser et d'optimiser la collaboration autour des ressources numériques.

6.3.2 Étude de cas : mécanismes d'instanciation

Dans une application interactive, il existe plusieurs utilisateurs avec des rôles différents. Dans le cadre de notre étude, nous avons principalement deux rôles : le concepteur et l'utilisateur de l'application.

Le concepteur de l'application met en œuvre les fonctionnalités que les utilisateurs vont utiliser pour réaliser leurs opérations dans l'application. Le concepteur d'une application interactive scénarisée conçoit les modèles de situations. Un modèle de situation est une fonction qui permet au concepteur de mettre en place un éditeur de situation en respectant la description des données issues de la classe « situation ». L'utilisateur de l'application utilise cette fonction pour créer des situations. Les situations créées par l'utilisateur sont des instances de la classe « situation ». En clair, un utilisateur peut créer des instances de situations. Ces instances peuvent être dupliquées, supprimées, ou modifiées.

La conception des ressources numériques dans l'environnement du chercheur respecte la même logique. Le concepteur conçoit les modèles et l'utilisateur conçoit des instances de ces modèles.

6.3.3 Contraintes et plus values

La conception d'un environnement numérique personnalisé et collaboratif du chercheur doit respecter les contraintes des utilisateurs. Parmi ces contraintes, l'environnement doit être accessible depuis n'importe quel terminal et sur n'importe quel système d'exploitation, et même lorsque que l'utilisateur est en déplacement. L'environnement doit posséder des fonctionnalités d'assistance et s'adapter aux caractéristiques de chaque utilisateur. Il doit prendre en compte les expériences passées de chaque utilisateur pour mieux s'adapter. D'où la nécessité de la gestion adaptative. L'adaptation consiste à mettre en œuvre des mécanismes de fonctionnement du système en fonction des caractéristiques de chaque utilisateur, des caractéristiques de chaque situation et des données de traces des utilisateurs.

Les outils actuels ne permettent pas d'assurer cette adaptabilité. Pour les chercheurs, l'environnement doit apporter un gain de temps à travers une automatisation de certaines tâches, une meilleure collaboration entre les utilisateurs et un gain de visibilité. Pour cela, dans le cahier des charges, la modélisation des ressources numériques en format de fiche de lecture est considérée comme pertinente et cohérente dans l'environnement. Elle est facile à partager pour différents types d'usage. Il est possible de générer à partir d'un ensemble de fiches lecture des documents comme l'ébauche d'un article, des rapports, un état de l'art, *etc.* C'est un moyen d'automatiser des processus manuels de l'utilisateur.

6.3.4 Synthèse et discussion

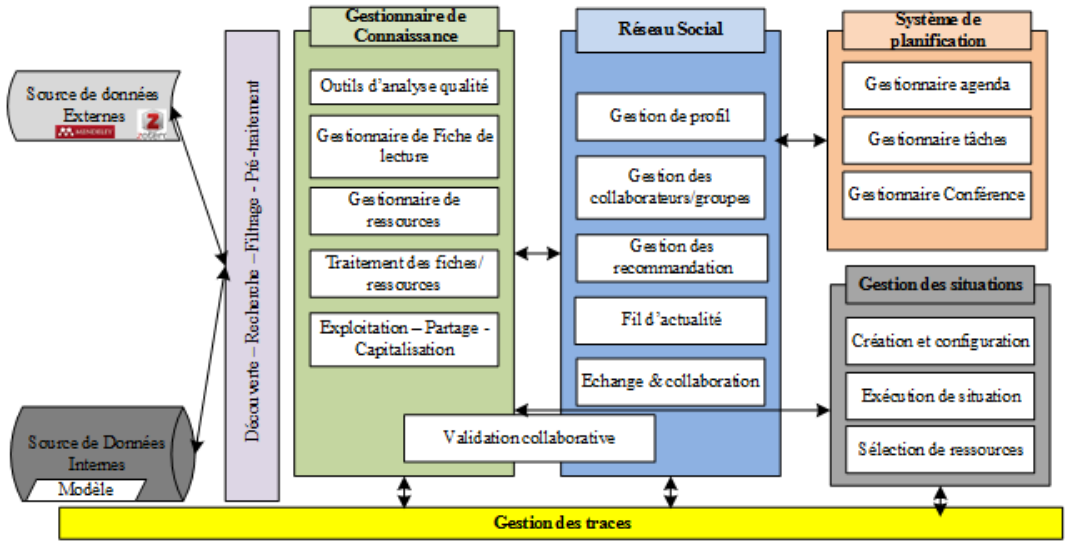


Figure 6.4 – Fonctionnalités de l'environnement numérique du chercheur

Le choix de la réalisation de cette étude de cas est fondé sur le problème que rencontrent les chercheurs dans la gestion des documents accessibles à travers différentes sources (internet, communauté, institution, etc.). La plupart des outils existants intègrent moins de mécanismes de gestion adaptative et consolidée de ces documents. Ils sont moins dynamiques et n'offrent pas aux chercheurs la dynamique qu'ils attendent pour la gestion de leurs documents. Cette dynamique devrait leur permettre d'évaluer la qualité des travaux qu'il réalisent, de sélectionner les documents pertinents pour la réalisation de leurs tâches et l'utilisation adaptative de leurs documents et de collaborer avec leurs pairs autour de ces documents.

L'absence de ce type d'outil a conduit à la proposition d'un cahier des charges pour la conception d'un environnement numérique pour un chercheur. Cet environnement doit permettre d'évaluer, de valider les contributions réalisées dans cette thèse.

Le but principal consiste à valider à travers cette étude de cas un modèle générique d'architecture logicielle et des mécanismes pour permettre à ses utilisateurs d'organiser, de sélectionner et d'utiliser les documents numériques disponibles dans les différentes sources de données. Le schéma de la figure 6.4 présente une synthèse des fonctionnalités attendues. Dans ce schéma, plusieurs outils (gestion de bibliographie, gestion de réseau social, gestion de tâches) sont nécessaires pour répondre aux besoins des chercheurs.

Il ne s'agit pas de refaire des fonctionnalités existantes, mais plutôt de réutiliser des outils existants qui permettent de mettre en évidence les contributions de la thèse. Les tâches principales dans lesquelles il est primordial de répondre aux besoins des chercheurs concernent la gestion de ressources numériques et des collaborations autour de ces ressources numériques.

La gestion adaptative et consolidée des ressources numériques dans l'environnement est importante parce qu'elle constitue la base des mécanismes mis en œuvres. Premièrement, le profil de l'utilisateur et la mise à jour automatique de ces données sont construits pour permettre à l'utilisateur de trouver facilement les ressources numériques qui correspondent à ces caractéristiques. Ensuite, les mécanismes de sélection de ressources numériques doivent tenir compte des caractéristiques de l'utilisateur, de son état actuel, des données de traces disponibles, mais

surtout de la nature des ressources numériques disponibles (leur qualité). Enfin, l'utilisation adaptative des ressources numériques est réalisée grâce à une configuration appropriée de chaque ressource pour chaque utilisateur dans un contexte particulier.

Le choix des fonctionnalités proposées pour mettre en œuvre ces mécanismes sont détaillés dans l'annexe A.7 de ce manuscrit. Cette annexe contient une description détaillé du processus d'élaboration du cahier des charges et la procédure adopté pour l'identification des besoins et des contraintes énumérées dans la présente section. La section suivante de ce chapitre présente le démonstrateur réalisé à partir de ce cahier des charges.

6.4 Démonstrateur : environnement numérique du chercheur

6.4.1 Contexte et concepts

Les contributions apportées par ces travaux et présentées dans les chapitres 3, 4 et 5 ont été mis en œuvre dans un démonstrateur. Celui-ci est un prototype logiciel qui implémente les fonctionnalités liées à la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques dans un environnement numérique. Le prototype répond aux besoins exprimés par les chercheurs à travers le cahier des charges réalisé dans la section précédente de ce chapitre.

Le prototype sert d'environnement pour expérimenter, évaluer, et valider les différentes contributions théoriques proposées dans cette thèse. Le prototype réalisé appelé PRISE est un environnement numérique personnalisé et collaboratif dédié aux chercheurs.

Il permet à un chercheurs :

- de caractériser les données de son profil avec un système de maintenance de ces données ;
- d'organiser leurs ressources numériques ;
- de sélectionner la ou les ressource(s) numériques(s) pertinente(s) pour réaliser une activité ;
- de partager leurs ressources numériques avec les membres de leur réseau social ;
- d'avoir un usage adaptatif des ressources numériques sélectionnées ;
- de qualifier leurs ressources numériques grâce à un système d'évaluation par les pairs et par les traces du système.

Dans ce prototype une **ressource numérique** est représentée sous forme d'une ***« fiche de lecture »***. Une fiche de lecture est la représentation interne d'un document numérique associé à une intention d'usage, elle peut contenir des opérateurs, des règles d'utilisation et des appels de service à des outils associés.

Définition : fiche de lecture

Une fiche de lecture est une forme abstraite d'une ressource numérique dans l'environnement PRISE.
Elle est composée :

- d'un ou de plusieurs document(s) numérique(s) ;
- d'information de bibliographie sur le ou les document(s) numérique(s) ;
- d'un résumé de lecture de son auteur ;
- d'une évaluation de son auteur ;
- d'un ou de plusieurs commentaire(s) de son auteur et des membres de son réseau social ;
- d'une ou de plusieurs règle(s) de manipulations ;
- d'une ou de plusieurs opérateur(s) d'utilisateur ;
- des fonctions qui permettent d'appeler des services internes ou externes de l'environnement. Une fiche de lecture peut être utilisée comme une ressource numérique et comme une ressource numérique adaptative selon le formalise que nous proposons dans ce manuscrit.

Les besoins exprimés par les chercheurs dont la synthèse se trouve dans le schéma de la figure 6.4 montrent l'importance pour eux d'avoir une plate-forme de gestion adaptative et consolidée de

xvi. PeRsonal Interactive research Smart Environnement

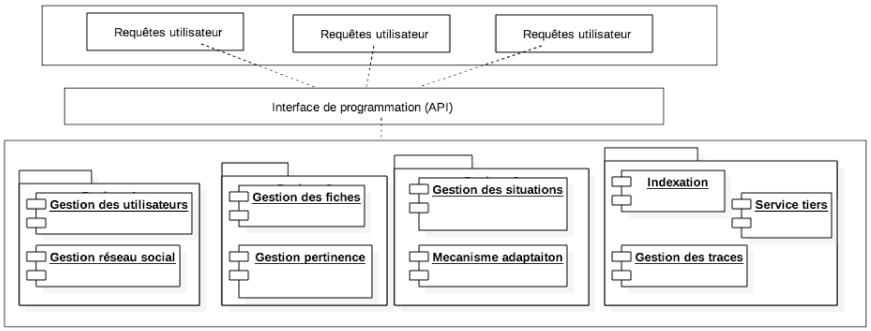


Figure 6.5 – Architecture applicative de PRISE

ressources numériques. Les fonctionnalités sont disponibles comme des services aux utilisateurs. Le modèle d'**architecture orientée microservices** avec une topologie fondée sur l'approche *API-REST* est le plus adapté dans ce contexte. La figure 6.5 présente l'architecture applicative de PRISE avec l'approche en topologie *API-REST*.

Ce choix a été réalisé grâce à l'étude comparative réalisée dans [Mark Richards, 2015]. L'architecture en micro-service permet de proposer des services fonctionnels aux utilisateurs. Ce modèle d'architecture est agile et permet de supporter facilement les changements dans l'environnement de l'application. Elle est facile à déployer puisque les services doivent être indépendants, même si dans la réalité, nous intégrons souvent un faible niveau de couplage entre les services. Elle est facile à tester compte tenu de l'isolation des services, mais elle est moins performante à cause de la distribution des services. Elle supporte une forte *scalabilité* ce qui permet de remédier à la performance. Enfin, elle respecte les contraintes fixées par le cahier des charges en terme d'interopérabilité, de disponibilité. Elle est facile à développer puisque chaque service peut être développé indépendamment des autres.

Le choix de cette architecture conduit à proposer une approche plate-forme du prototype. Une plate-forme est un modèle prêt à l'emploi qui permet à plusieurs participants (producteurs et consommateurs) de se connecter en interagissant entre eux pour créer et échanger de la valeur ajoutée [THINKING, 2015]. La plate-forme est construite sur la notion de fiche de lecture.

6.4.2 Fiche de lecture : produit minimum viable

Dans la conception d'une plates-forme, le MVP[xvii] est le produit ou le service minimum offert par la plate-forme à ses utilisateurs. La gestion des fiches de lecture représente le produit minimum viable sur lequel est construite la plate-forme du prototype PRISE.

La figure 6.6 présente les opérations sur le MVP. Cette figure présente quatre fonctionnalités de bases sur une fiche de lecture. Une fiche de lecture est manipulable par des opérations de **CRUD**[xviii] qui permettent la persistance des données dans l'environnement, il s'agit des opérations de création, de lecture, de mise à jour et de suppression. Une fiche de lecture peut être sélectionnée lors de l'exécution d'une situation, elle peut être partagée avec d'autres utilisateurs

xvii. Minimum Viable Product
xviii. Create - Read - Update - Delete

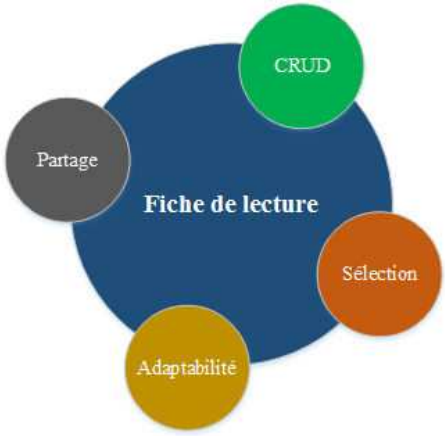


Figure 6.6 – Le modèle MVP de PRISE

de l'environnement. Elle peut être adaptée en fonction des caractéristiques de l'utilisateur et des caractéristiques de la situation.

Dans le prototype, une fiche de lecture est composée de trois (03) grandes parties.

6.4.2.1 Informations bibliographiques

Une fiche de lecture permet d'identifier la ressource dans l'environnement. Dans le contexte de la recherche scientifique, les informations bibliographiques ont pour rôle principal d'identifier et d'indexer les publications. Pour répondre aux besoins des utilisateurs sur la notice bibliographique inclue dans la fiche de lecture, nous nous appuyons sur une étude réalisée par l'IFLA *(International Federation of Library Associations and Institutions). « Cette étude n'établit aucun présupposé quant aux notices bibliographiques en tant que telles, que ce soit en termes de contenu ou de structure. Mais elle suit une méthode qui met l'accent sur l'utilisateur pour analyser les spécifications de données dans la mesure où elle cherche à définir de manière systématique ce sur quoi l'utilisateur s'attend à être renseigné lorsqu'il consulte une notice bibliographique et la manière dont il utilise ces renseignements »* [IFLA, 2012].

L'objectif de l'étude de cas consiste à présenter une structure issue du modèle *entité-relation.* Il sert de cadre conceptuel à l'analyse de l'usage qui est fait des données bibliographiques, en pointant spécifiquement sur l'entité qui présente un intérêt pour l'utilisateur ainsi qu'aux attributs et aux relations qui présentent un caractère de pertinence par rapport à l'opération que l'utilisateur est en train d'effectuer. Il est possible de mettre en corrélation chaque attribut et chaque relation avec les opérations effectuées par l'utilisateur.

Le modèle FRBR *(Functional Requirements for Bibliographic Records)* a défini quatre grands types d'opérations utilisateur. Ces opérations ont été définies en relation avec les utilisations.

Ces quatre (04) opérations sont :

— **trouver** les entités qui correspondent aux critères de recherche formulés par l'utilisateur : il s'agit de localiser soit une entité isolée soit un ensemble d'entités dans un fichier ou dans une base de données au terme d'une requête portant sur un attribut ou une relation de l'entité ;

— **identifier** une entité : il s'agit d'obtenir une confirmation que l'entité décrite correspond bien à l'entité recherchée, ou bien d'établir une discrimination entre deux ou plusieurs entités présentant des caractéristiques analogues ;
— **sélectionner** une entité qui soit appropriée aux besoins de l'utilisateur : il s'agit de choisir une entité qui corresponde aux spécifications émises par l'utilisateur en ce qui concerne le contenu, la présentation matérielle, *etc.*, ou bien écarter une entité qui ne serait pas appropriée aux besoins de l'utilisateur ;
— **obtenir** gratuitement ou moyennant paiement l'accès à une entité décrite : il s'agit d'obtenir une entité par achat, prêt, *etc.*, ou bien accéder numériquement à une entité par le biais d'une connexion en ligne à un ordinateur distant.

Ces tâches utilisateurs ont fait l'objet de plusieurs discussions ayant abouti à d'autres propositions. Le tableau 6.1 présente les différentes évolutions des tâches de l'utilisateur issues de toutes ces discussions et propositions [Marcia Lei Zeng, Maja Žumer, 2012].

Dans le tableau 6.1, les termes *contextualiser* et *explorer* désignent la même opération. Ceux qui ont proposé FRAD *(Functional Requirements for Authority Data)* et FRSAD *(Functional Requirements for Subject Authority Data)* ont travaillé de manière indépendante. Par contre le groupe de travail FRSAD est convaincu que *« explorer »* est une généralisation de *« contextualiser »* et exprime mieux la tâche utilisateur qui consiste à feuilleter, à s'accoutumer, à se familiariser et à découvrir. Ensuite, il mentionne que *« justifier »* telle que définie par FRAD est une tâche de professionnels de l'information et non d'utilisateurs finaux. C'est une tâche importante en soi, mais qui relève de la création de métadonnées et non de l'utilisation des métadonnées [Marcia Lei Zeng, Maja Žumer, 2012].

Les données bibliographiques d'une fiche de lecture permettent de **trouver**, d'**identifier**, de **sélectionner** et d'**explorer** le document associé. Dans ce modèle, il manque une tâche utilisateur qui est importante dans le contexte des données massives et hétérogènes, il s'agit de la tâche **d'évaluation**.

Notre modèle d'information de données bibliographiques contient une partie consacrée à l'évaluation du document. Cette tâche permet d'évaluer la qualité des entités et s'assurer qu'il n'y a pas d'erreurs ou de fausses informations. Cette évaluation peut être réalisée dans la collaboration avec ses pairs pour caractériser la qualité de l'entité dans son contexte. La dernière colonne du tableau 6.1 donne la synthèse du rôle des données de description de l'entité dans le prototype PRISE.

Les informations bibliographiques dans une fiche de lecture sont également compatibles avec le format *BibTeX* pour faciliter l'importation et l'échange avec les bases de données bibliographiques (Mendeley, Zotero, *etc.*), mais aussi pour faciliter l'exportation pour d'autre usage (rédaction en latex). La figure 6.7 présente la page pour entrer les informations bibliographiques. Cette partie

FRBR	**FRAD**	**FRSAD**	**PRISE**
Trouver	Trouver	Trouver	Trouver
Identifier	Identifier	Identifier	Identifier
Sélectionner	Contextualiser	Sélectionner	Sélectionner
Obtenir		Explorer	Explorer
	Justifier		
			Évaluer

Tableau 6.1 – Comparaison entre les tâches utilisateur FRBR, FRAD, FRSAD et PRISE

peut être remplie automatiquement grâce aux données disponibles dans la base de données bibliographiques.

6.4.2.2 Point de lecture

Cette partie de la fiche concerne principale l'usage que l'utilisateur fait de la ressource. Lorsqu'un chercheur utilise un document numérique, il souhaite garder une trace des informations essentielles contenues dans cette publication. Une méthode classique consiste à garder une trace de lecture. En lisant, il surligne certaines phrases ou certains paragraphes importants, il ajoute des notes dans le document, *etc.*

Dans l'environnement du chercheur, nous proposons un modèle formalisé pour permettre au chercheur de faire une fiche de synthèse de l'utilisation de la ressource. Ce modèle s'appuie, sur le format de métadonnées proposé dans le domaine de l'éducation (IEEE-LOM) [Barker, 2005]. Dans ce modèle de métadonnée, il existe une catégorie réservée à la description des informations d'apprentissage sur l'objet d'apprentissage.

Dans PRISE, la partie *« point de lecture »* permet à l'utilisateur de décrire sa synthèse d'usage de la ressource. cette description permet de capitaliser des informations sur l'utilisation de la ressource. Ainsi, l'utilisateur ne sera plus obligé de passer son temps à relire tout le document, mais juste la synthèse qu'il aura faite. Cette synthèse peut être réutilisée, modifiée et mise à jour par d'autres membres de l'environnement.

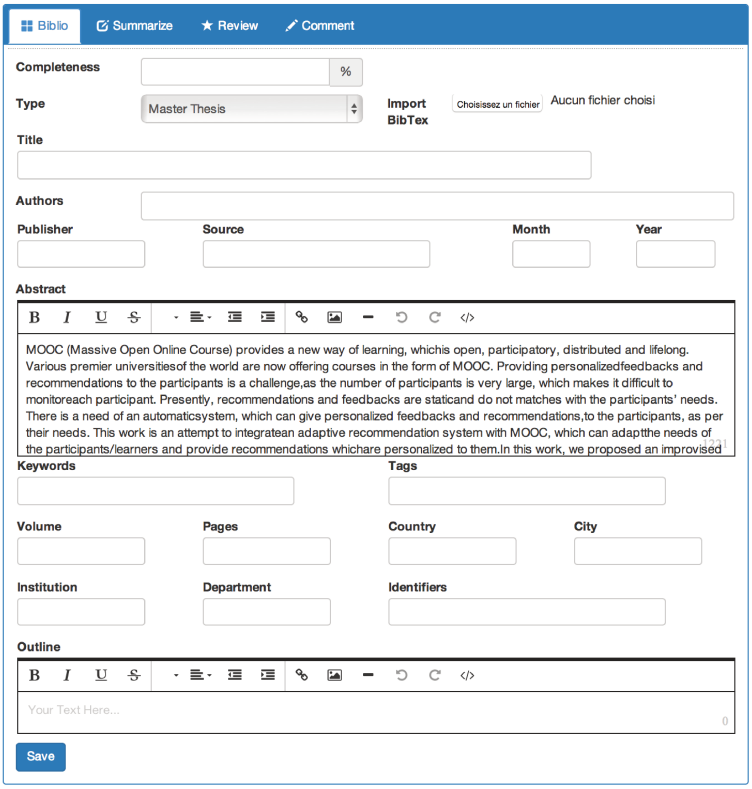


Figure 6.7 – Onglet informations bibliographiques dans PRISE

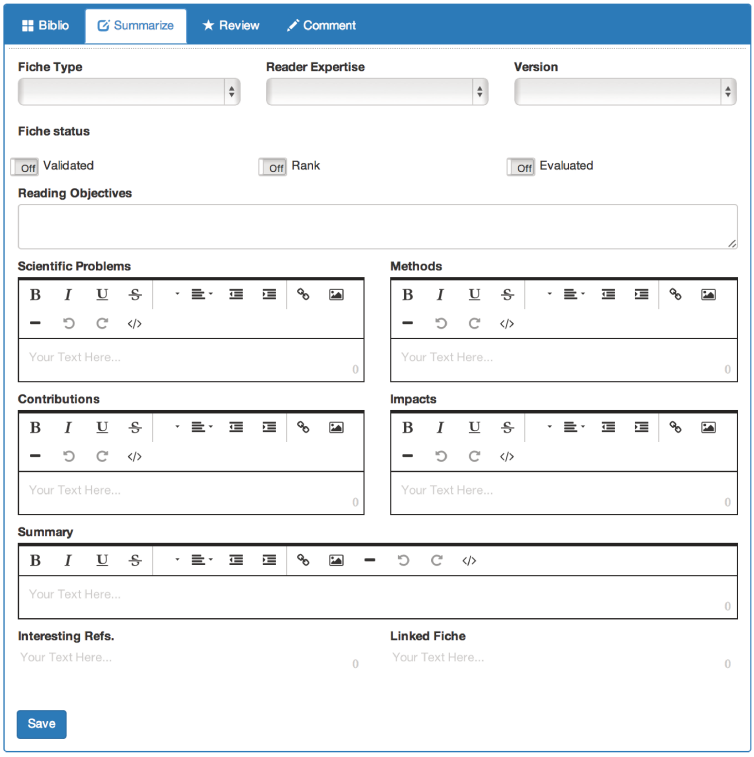


Figure 6.8 – Onglet Summary dans PRISE

La figure 6.8 présente les champs relatifs au domaine de la recherche scientifique pour les informations de lecture d'une publication. Ces champs ont été définis et validés lors de la réunion de validation du cahier des charges présenté dans le chapitre 6.

6.4.2.3 Évaluation

La partie évaluation de la fiche contient les champs permettant à l'utilisateur d'évaluer la qualité de la ressource et son expérience d'usage.

En général, il existe deux types (02) de qualité en relation avec l'adéquation aux besoins :

- **la qualité interne** est l'ensemble des propriétés et des caractéristiques d'un produit ou service qui lui confère l'aptitude à satisfaire aux spécifications de contenu de ce produit ou de ce sdeervice. Elle se mesure par la différence entre les données qui devraient être produites et les données qui ont effectivement été produites. Elle est liée aux spécifications du contexte et est évaluée en fonction du producteur [David et al., 1997] ;
- **la qualité externe** est définie comme étant l'adéquation des spécifications aux besoins de l'utilisateur. Elle se mesure par la différence entre les données souhaitées par l'utilisateur et les données effectivement produites. Elle est liée aux besoins des utilisateurs et varie donc d'un utilisateur à l'autre [David et al., 1997].

La qualité doit être toujours analysée en fonction de l'usage prévu, le producteur de la ressource doit céder la part d'évaluation de la qualité à l'utilisateur. La norme ISO 9000 définit la qualité comme étant *« L'ensemble des propriétés et des caractéristiques d'un produit ou d'un service qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites »* [ISO, 2015]. Les données

pourraient être évaluées afin que l'utilisateur soit capable de dire si une ressource qui lui est proposée satisfait son besoin et si cette ressource est appropriée à l'usage souhaité.

Évaluer des ressources numériques dans le modèle de la fiche de lecture du prototype consiste à mesurer :

- **la cohérence :** il s'agit pour l'utilisateur de mesurer le niveau de correspondance de la ressource avec les objectifs de l'utilisateur ;
- **la pertinence :** c'est l'évaluation de la ressource en fonction du besoin de l'utilisateur. C'est le jugement et l'interprétation du contenu de la ressource ;
- **l'efficacité :** les résultats atteints dans l'utilisation d'une ressource numérique sont-ils conformes aux objectifs identifiés ?
- **l'efficience :** les résultats obtenus dans la ressource sont-ils à la mesure de l'ensemble des moyens mobilisés ?
- **l'impact :** quels sont les effets de la ressource sur les objectifs de l'utilisateur ?
- ainsi que d'autres critères comme : la fiabilité des sources ; la réputation de l'auteur ; l'objectivité des informations ; l'exactitude de l'information ; l'actualité de l'information.

La figure 6.9 présente notre modèle d'évaluation dans le prototype PRISE.

6.4.2.4 Opérateurs, règles, fonctions et normalisation des fiches de lecture

Une fiche de lecture comprend trois composants : les informations bibliographiques, le résumé de lecture et l'évaluation de l'utilisateur. Ces trois composants permettent de transformer le document en une ressource numérique grâce à l'association des métadonnées d'utilisation.

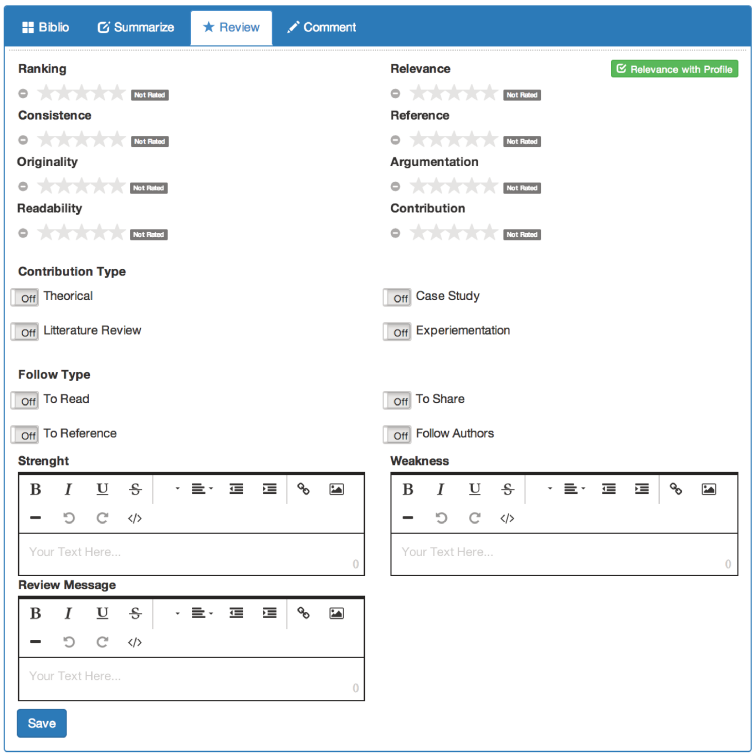


Figure 6.9 – Onglet Review dans PRISE

En plus de ces trois composants, une fiche de lecture peut contenir des opérateurs, des règles de manipulations et des fonctions qui lui permettent de communiquer avec d'autres services. Ces éléments permettent de transformer la ressource numérique en une ressource numérique **adaptative**. Les opérateurs servent à réaliser des opérations de filtrage, de concaténation, d'agrégation sur les différents documents de la fiche. Les règles de manipulations servent à gérer les droits d'utilisation sur la fiche. Les fonctions permettent de communiquer avec des outils internes ou externes comme le service de dépôt de documents *(easychair)* ou de traduction *(google translate)*. Les opérateurs, les règles de manipulation et les fonctions permettent aux fiches d'exécuter les mécanismes d'adaptation définis dans l'environnement.

Les champs définis dans le modèle de fiche de lecture correspondent en partie aux métadonnées définies dans l'IEEE-LOM. Si l'IEEE-LOM est orienté pour l'apprentissage et la pédagogie, notre profil d'application du *IEEE-LOM* est orienté pour la recherche scientifique. Une fiche de lecture est structurée en respectant des standards existants dans le domaine des métadonnées. Les informations contenues dans une fiche d'information permettent de décrire un document.

Les modèles de métadonnées que ce soit l'IEEE-LOM ou le *DublinCore* ont aujourd'hui acquis une certaine stabilité. Ce sont des modèles abstraits et des constructions théoriques qui demandent à être instanciés dans un contexte particulier. Il s'agit donc d'adapter ces standards pour qu'ils répondent aux besoins spécifiques et concrets des utilisateurs. Cela signifie interpréter, raffiner, étendre ou parfois même simplifier les syntaxes et les sémantiques. Le travail d'adaptation décrit par plusieurs auteurs [Duval et al., 2002], [Friesen et al., 2002] conduit à définir un *« profil d'application. »* Pour Duval, *« un profil d'application est un ensemble d'éléments choisis parmi un ou plusieurs schémas de métadonnées et combinés dans un schéma composite... Son objet est d'adapter des schémas existants pour constituer un ensemble taillé à la mesure des exigences fonctionnelles d'une application particulière, tout en restant interopérable avec les schémas d'origine »* [Duval et al., 2002].

L'adaptation et l'interprétation jouent donc un rôle primordial dans l'élaboration d'un profil d'application. Elles dépendent pour une grande partie des environnements culturels et politiques dans lesquels les applications sont développées. L'ensemble des métadonnées associées à une fiche de lecture sont considérées comme un profil d'application du IEEE-LOM dans la plate-forme pour le domaine de la recherche scientifique.

L'annexe A.5 présente les données du modèle d'une fiche de lecture dans le format du IEEE-LOM. *« Un profil d'application est une sélection d'éléments d'une norme, d'un standard ou d'une spécification formant ainsi un sous-ensemble adapté aux besoins des groupes qui l'utilisent. Le sous-ensemble d'éléments est défini pour fournir un cadre d'opération »* [Novasys, 2003]. En effet, un profil d'application est une *« personnalisation d'une norme pour répondre à des communautés particulières de réalisateurs ayant des exigences communes en matière d'applications »* [Lynch, 1997]. Autrement dit, « un profil d'application et ses directives insistent sur l'amélioration et l'explication plutôt que sur la personnalisation ou la modification d'une norme et cherchent à répondre aux besoins d'une communauté. » [Novasys, 2003].

Notre modèle de fiche de lecture tient compte de cette adaptation du IEEE-LOM pour la recherche scientifique en respectant les pratiques existantes pour l'interopérabilité sémantique. La gestion adaptative et consolidée des fiches de lecture constitue l'objectif principal du prototype. À travers une fiche de lecture, plusieurs opérations peuvent être réalisées dans la plate-forme. Ces opérations concernent la **pré-sélection automatique de fiches pertinentes pour une situation**, **l'utilisation adaptative d'une fiche dans une situation**, et **la collaboration (partager, commenter et évaluer) autour des fiches de lecture**.

6.4.3 Architecture de PRISE

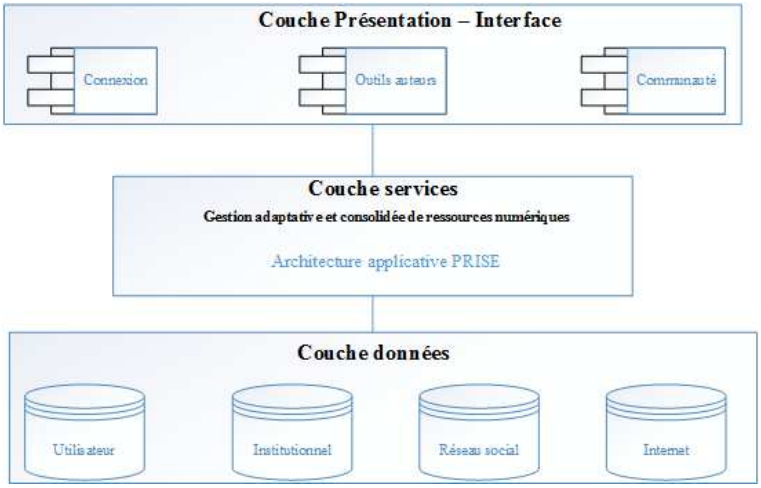


Figure 6.10 – Modèle environnement numérique du chercheur

Maintenant que le produit minimum viable (MVP) du prototype est établi, nous présentons dans cette section l'architecture qui a permis la conception et le déploiement de ce produit minimum viable et des autres fonctionnalités du prototype.

L'architecture du prototype de l'environnement numérique du chercheur est un modèle d'architecture en couche. L'architecture en couche permet de définir les relations entres les couches et les relations intra-couches. La figure 6.10 présente cette architecture. Le chercheur dispose de fonctionnalités liées à chaque couche. La couche présentation offre des fonctionnalités permettant à chaque utilisateur de s'identifier dans la plate-forme, de créer, d'utiliser des fiches de lecture et de collaborer avec les membres de son réseau social.

La couche service offre les services à l'utilisateur. Il s'agit des services de gestion de son profil, de son réseau social, de ses fiches et des mécanismes d'utilisation adaptative des fiches. La couche donnée permet à l'utilisateur de fournir les données au système. Elle permettre au système d'utiliser les données disponibles pour l'exécution des fonctionnalités qui lui sont offertes.

Pour la conception de la plate-forme, il existe plusieurs types de configurations des couches. La figure 6.11 présente ces trois couches. Pour la mise en œuvre de PRISE, l'accent est mis sur la communauté et les données. La technologie n'est pas la chose la plus essentielle dans PRISE, mais les choix de technologies doivent être robustes. PRISE doit permettre aux utilisateurs de collaborer autour des fiches et de permettre à chaque utilisateur de bien gérer ses ressources numériques.

6.4.4 Logique de fonctionnement de l'architecture

L'architecture de l'environnement numérique du chercheur est représentée en trois couches principales (la couche de présentation, la couche des services et la couche des données) et des micro-services qui permettent d'établir les communications entre les couches. L'objectif de ces micro-services est d'offrir aux utilisateurs une gestion adaptative et consolidée de leurs fiches de lecture.

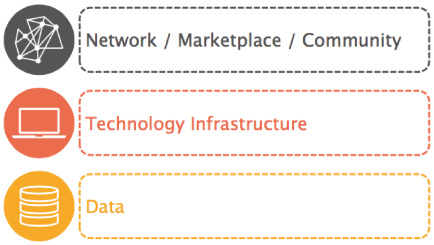


Figure 6.11 – Trois couches pour toutes les plate-formes (tirée de [THINKING, 2015])

L'architecture respecte plusieurs logiques, la logique d'utilisation de l'environnement, la logique de l'utilisateur, la logique de collaboration et la logique de gestion. Ces logiques permettent d'assurer la cohérence dans le fonctionnement de toutes les parties de la plate-forme et permettent d'assister les utilisateurs dans la réalisation de leurs tâches.

6.4.4.1 Logique de l'environnement ou modèle d'utilisation

La logique de l'environnement ou le modèle d'utilisation permet à un chercheur de gérer ses fiches de lecture et d'utiliser ces fiches dans une situation.

Dans le processus de gestion, chaque utilisateur peut jouer plusieurs rôles (tableau 6.2). Il peut être producteur de fiches de lecture, consommateur de fiches de lecture ou expert d'un domaine pour valider et évaluer la qualité des fiches de lecture. Chaque utilisateur peut importer des documents provenant de plusieurs sources (internet, réseau social, institution, personnel). Chaque document doit être identifié et validé à travers un ensemble de métadonnées décrites dans une fiche de lecture.

La fiche de lecture est composée de trois parties : la bibliographie sur la ressource, permettant de l'identifier, le résumé du lecteur sur le document et l'évaluation de l'utilisateur. Cette fiche peut être partagée dans le réseau social avec une communauté d'individu ayant les mêmes intérêts. Le partage permet aux autres membres de modifier, de commenter et d'évaluer cette fiche de lecture. En effet, chaque document est représenté à travers une fiche de lecture qui donne des informations sur l'utilisation du document.

Les utilisateurs peuvent gérer leurs listes de situations ainsi que les fiches associées à chaque situation. Les mécanismes établis dans l'environnement permettent d'assister l'utilisateur dans son processus de gestion cohérente de ses fiches de lecture.

6.4.4.2 Logique de l'utilisateur ou modèle de l'utilisateur

Pour assister le chercheur dans l'environnement, il est nécessaire de comprendre son comportement. Le modèle de fonctionnement de l'environnement contient un présupposé sur le modèle de l'utilisateur. Ce modèle de l'utilisateur est défini grâce aux présupposés sur les activités de l'utilisateur que l'on trouve dans le fonctionnement du système. Pour dresser l'ensemble de ces présupposés, on dresse l'intentionnalité prêtée au chercheur, le modèle de fonctionnement qu'il

est supposé avoir, les connaissances dont il est censé disposer et les traitements qu'il est supposé opérer [Lavalette et al., 1998].

Dans l'environnement, on suppose que les chercheurs organisent leurs documents en créant des fiches de lecture. Ces fiches sont ensuite sélectionnées dans une situation qu'il a déjà définie pour atteindre des objectifs qu'il s'est fixés. Il peut partager ces fiches avec les membres de son réseau social. Chaque fiche peut être utilisée différemment en fonction de la situation et de l'état de l'utilisateur. La logique de l'utilisateur peut être automatisée partiellement ou complètement en fonction des opérations qu'elle nécessite.

6.4.4.3 La logique d'assistance dans le système

D'après le modèle de fonctionnement de l'utilisateur et le modèle d'utilisation de l'environnement, la plate-forme est capable d'exécuter automatiquement des tâches de l'utilisateur qui lui sont confiées. Elle peut simuler le modèle de comportement de l'utilisateur, gérer les identités de l'utilisateur dans ces changements de rôles, vérifier la cohérence et de la pertinence des ressources à travers des fonctions de score.

Une fonction de score mesure la distance entre la fiche de lecture et les caractéristiques de l'utilisateur et permet à l'utilisateur d'identifier très rapidement les ressources qui ne correspondent pas à son profil pour lui éviter de perdre du temps dans le tri. Il permet aussi de vérifier si l'objectif de production (prédéfini par le producteur de la ressource) correspond à l'objectif d'usage du consommateur.

6.4.4.4 Logique de collaboration

Dans l'environnement du chercheur, les modes collaborations sont définis par les rôles de chaque utilisateur comme décrite dans le tableau 6.2. La fiche de lecture normalisée constitue le format structuré des échanges de ressources numériques entre les utilisateurs. Cette fiche sert à la persistance structurée des informations dans l'environnement.

Les fiches peuvent être publiées, indexées, servir à générer un rapport ou un nouveau document de travail, révisées et réutilisées dans différents contextes. Une fiche peut être partagée avec d'autres chercheurs. Elle peut être commentée, évaluée et faire l'objet d'une édition collaborative.

6.4.4.5 Logique de gestion des fiches de lecture

Un chercheurs recherche généralement des informations dans les bibliothèques, le web (sources ouvertes de données), son système d'information personnel, son réseau social, l'intranet de l'institution ou les bases de données non indexables par le web.

À l'entrée du système, les documents passent par une composante de médiation de la qualité. Le rôle de ce composant est de s'assurer que la qualité des données respecte les besoins de l'utilisateur. C'est un outil de pré-qualification des données (contrôle en entrée). Par exemple, dans la plate-forme, lorsqu'un chercheur importe un document avec une bibliographie, le système calcul le score de pertinence de ce document par rapport aux mots-clés de son profil.

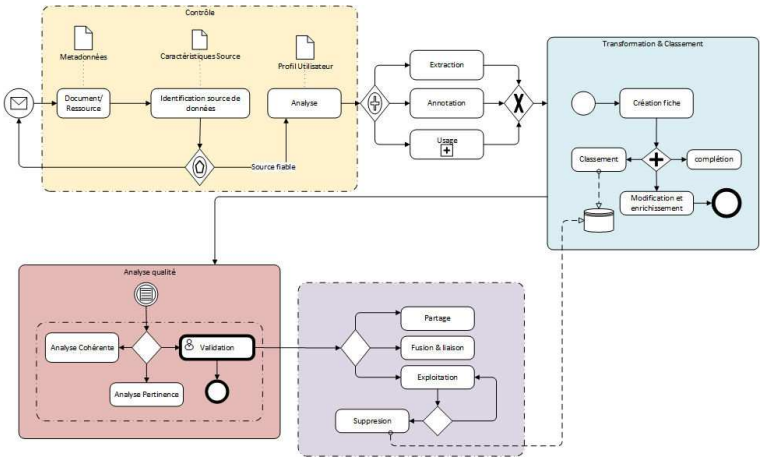


Figure 6.12 – Processus de gestion consolidée - PRISE

D'autres composants permettent de gérer les données internes dans l'environnement. Parmi ces composants, une partie est assurée par un système de gestion de la communauté et par un assistant intelligent. Généralement, un environnement de gestion contient des outils de découverte, d'analyse, de décision, de transformation, d'analyse de la qualité, de partage et de validation. Les auteurs dans [Gardoni et al., 2005] les définissent comme le modèle de cycle de gestion de connaissances.

Dans l'environnement du chercheur, le processus de gestion (figure 6.12) consiste à :

- contrôler : permet de valider l'entrée de données dans l'environnement. Il se fonde sur la source des données et les besoins de l'utilisateur ;
- transformer : permet de transformer un document en une fiche de lecture personnalisée dans le système de l'utilisateur ;
- analyser la qualité : permet d'évaluation la pertinence du document par l'utilisateur et les besoins de l'utilisateur (son niveau de satisfaction) ;
- collaborer : permet de partager les fiches de lecture de l'utilisateur avec les autres membres de son réseau.

Dans le processus de gestion de l'environnement du chercheur présenté dans la figure 6.12, un ensemble de propriétés doit être validé à la sortie de chaque processus pour garder la cohérence dans l'environnement et pour optimiser les mécanismes d'usage des fiches. Par exemple, une fiche doit être structurée en respectant le modèle pré-défini, les champs obligatoires doivent être complétés.

6.4.5 Fonctionnalités et architecture technique du démonstrateur

Les sections précédentes ont présenté le modèle logique et conceptuel de l'architecture et du fonctionnement de l'environnement numérique du chercheur. Cette section présente les fonctionnalités réalisées et les solutions techniques adoptées pour son développement et son déploiement. Ces fonctionnalités sont essentiellement celles qui concernent les contributions apportées dans ce travail de thèse.

Nous présentons les fonctionnalités qui sont en relation avec nos contributions scientifiques. Par ailleurs, il existe des fonctionnalités supplémentaires que nous mentionnons et auxquelles nous

Acteurs	Rôles	Fonctionnalités
Auteur	Produire des documents numériques	Création de documents numériques
Éditeur	Publier des documents numériques	Publication de documents numériques et Mise en forme de documents numériques
Utilisateur	Utiliser des ressources numériques	Utilisation de ressources numériques Capitalisation de connaissances Gestion consolidée des ressources numériques
Compagnon (système)	Assister dans l'organisation de l'environnement de l'utilisateur	Assistance et automatisation des tâches ; Gestion de cohérence du système ; Découverte automatique de sources d'informations ; Substitut (Modèle) de l'utilisateur.
Expert	Agréger des contenus numériques	agrégation d'informations numériques ; validation d'informations numériques ; production de contenus numériques ; indexation de ressources numériques ; consolidation d'informations numériques.
Communauté	Valider des documents numériques	validation de la qualité de l'information numérique ; partage et recommandation d'information numérique

Tableau 6.2 – Acteurs et rôles dans le processus de traitement de l'information numérique

n'apportons pas de détails parce qu'elles servent de support aux fonctionnalités essentielles en lien avec nos contributions.

6.4.5.1 Contribution 1 : modélisation de l'utilisateur et gestion du profil

Le prototype PRISE contient un service qui permettent de capturer et de gérer les données associées au profil de chaque utilisateur. Ce service comprend un formulaire permettant à l'utilisateur de remplir son profil ou de valider les données générées par le système à base de traces dans son profil. Les données du profil sont utilisées par le système pour calculer la pertinence des fiches de lecture et pour identifier les membres qui partagent les mêmes intérêts avec l'utilisateur.

Le service de gestion du réseau social permet de créer des équipes et d'ajouter des membres

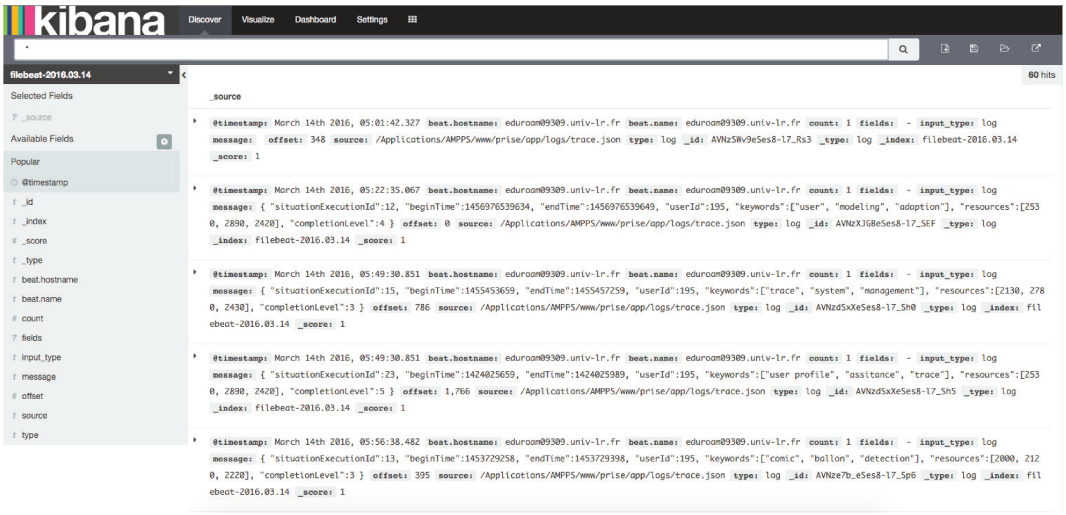


Figure 6.15 – Exemple de trace dans PRISE

dans une équipe. Une équipe est un regroupement de personnes qui partagent les mêmes intérêts sur un sujet ou une thématique. Dans ce module, les utilisateurs peuvent consulter, suivre et importer les fiches de lecture partagées. Le schéma de la figure 6.17 présente les différentes classes de ce service. Dans la figure 6.17, il existe un micro-service pour gérer les données des utilisateurs. Nous avons une classe abstraite Utilisateur et un utilisateur peut avoir plusieurs profils. Nous avons ensuite un micro-service pour la gestion des équipes.

Dans l'environnement, nous avons un système de gestion de traces. Ce système collecte et traite les traces d'exécution de chaque situation et des échanges dans la plate-forme. Le système à base de traces est construite avec le triple **ElasticSearch**, **Logstash** et **Kibana**. Les traces sont enregistrées en format JSON-LD. La figure 6.15 présente l'interface de visualisation des traces. Dans cette figure, les traces sont présentées dans le champ « **message** » et formatées selon le format suivant :

— traces de l'exécution des situations de la figure 6.13 :

situationExecutionId	beginTime	endTime	userId	keywords	resources	completionLevel
12	1452773578	1452777178	195	User, modeling, adaptation	2530, 2890, 2420	4
16	1453723978	1453725658	195	digital resource, usability, adaptation	2130, 2190, 2120	4
13	1453729258	1453729398	195	comic, ballon, detection	2000, 2120, 2220	3

Figure 6.13 – modèle de trace de l'exécution d'une situation

— trace du réseau social de la figure 6.14 :

socialNetworkEventId	date	userId	actionType{share|comment|fork|follow}	resourceId	resourceOwnerId
112	1423939259	195	share	2130	191
113	1423942859	195	comment	2340	191
114	1424025659	195	comment	2051	191

Figure 6.14 – Modèle de trace du réseau social

Les traces sont stockées dans deux index différents dans *elasticSearch*. Il existe un index pour les fiches de lecture et un index pour les traces du réseau social et de l'exécution des situations. Kibana, nous permet d'avoir des statistiques sur les traces enregistrées et la figure 6.16 présente un exemple de données statistiques sur les traces.

Figure 6.16 – Exemple de données statistiques à base des traces

Grâce à l'analyse de ces traces le système peut identifier les auteurs préférés, les journaux préférés, et les mots-clés fréquemment utilisés de chaque utilisateur. Il permet également d'identifier les articles publiés par l'utilisateur. Le profil de l'utilisateur dans PRISE permet à chaque utilisateur de remplir son modèle interaction. Ce modèle d'interaction est ensuite pris en compte dans chaque situation pour adapter les ressources numériques. Les données du profil de l'utilisateur sont analysées et interprétées en fonction de la situation.

6.4.5.2 Contribution 2 : gestion et pré-sélection de fiches de lecture dans une situation

Dans PRISE, il existe un service qui permet d'organiser, de créer et de remplir les fiches de lecture. C'est dans ce service que l'utilisateur peut décider de partager une ou plusieurs fiches de lecture avec les membres de son réseau social. La figure 6.18 présente le diagramme de classes du service de gestion de fiches de lecture.

Une fiche de lecture peut contenir des opérateurs et des règles d'utilisation qui sont utilisés en fonction des caractéristiques de la situation et des caractéristiques de l'utilisateur. Une fiche de lecture peut être créée manuellement par l'utilisateur ou automatiquement par le système. La gestion des fiches de lecture constitue la base du fonctionnement du prototype. Elle permet de fournir les données nécessaires au système.

Un utilisateur dans l'environnement peut avoir plusieurs profils et chaque fiche est gérée selon un profil particulier. Par exemple, si l'utilisateur crée la fiche avec un profil administrateur avec des droits de modifications, le même utilisateur avec un profil visiteur ne pourra pas modifier la fiche sans avoir l'autorisation du profil propriétaire de la fiche.

Lorsqu'un utilisateur organise son référentiel de fiches de lecture, il peut ensuite les utiliser dans une situation. Dans l'exécution d'une situation, il existe deux fonctionnalités qui implémentent deux algorithmes qui permettent de pré-sélectionner les fiches de lecture pertinentes pour la situation. Le premier algorithme est une version native du *TF-IDF* et le deuxième est une version étendue et adaptative du *TF-IDF* que nous avons proposé dans la thèse. Ce deuxième algorithme permet de rechercher les fiches de lecture pertinentes dans une situation. Il utilise

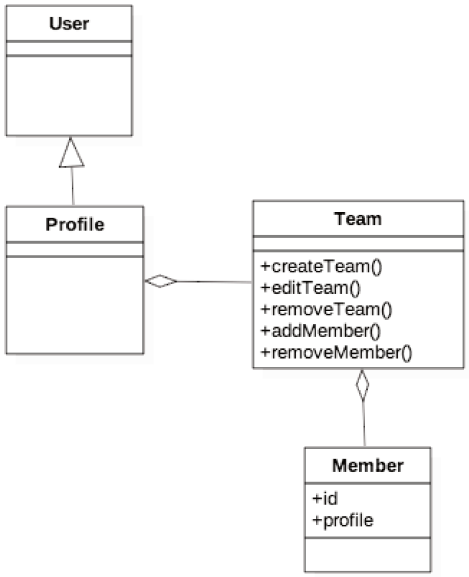


Figure 6.17 – Diagramme de classe : structure du profil de l'utilisateur

les caractéristiques du profil de l'utilisateur, les caractéristiques de la situation et les données du réseau social de l'utilisateur.

Pour les caractéristiques du profil de l'utilisateur, nous avons associé les préférences pondérées de ses mots-clés et les préférences pondérées des champs de fiches de lecture. Pour cela, dans un premier temps, lors de la création d'une fiche de lecture, le système utilise les mots-clés du profil de l'utilisateur pour calculer la pertinence de cette fiche de lecture pour cet utilisateur. La figure 6.19 présente un exemple de cette fonction dans PRISE. Dans cette figure, le bouton « *Relevance with Profile* » consiste à récupérer les informations de la fiche de lecture et les mots-clés de l'utilisateur pour calculer le score de pertinence. Dans un deuxième temps, lorsque l'utilisateur exécute une situation, le système lui offre la possibilité de pondérer ces mots-clés pour la recherche et les champs des ressources numériques. Il fournit des informations sur la situation. La figure 6.20 présente un exemple lancement d'une situation dans PRISE. Pour fournir les résultats de recherche à l'utilisateur, l'algorithme proposé utilise la liste des ressources disponibles avec les mots-clés pondérés et les champs pondérés des ressources. Chaque élément de la liste retournée est ensuite analysé pour déterminer sa fréquence d'utilisation dans des situations similaires et l'évaluation des autres utilisateurs. Cette analyse permet d'augmenter ou de diminuer le score de la liste précédente pour donner le résultat final.

Dans le processus de pré-sélection des fiches de lecture pertinentes. Nous avons associé un système de représentation adaptative des fiches de lecture dans un graphique. Le service de sélection de fiches de lecture représente les fiches dans une liste et dans un graphique à deux dimensions (en fonction du type de fiche). Nous proposons d'autres types de représentations graphiques avec des outils permettant à l'utilisateur d'ajuster les paramètres de visualisation. L'utilisateur peut choisir un autre type de graphique et peut le paramétrer en fonction de ses besoins. Cet outil permet à l'utilisateur de disposer d'une bonne interprétation des résultats fournis par l'algorithme de pré-sélection.

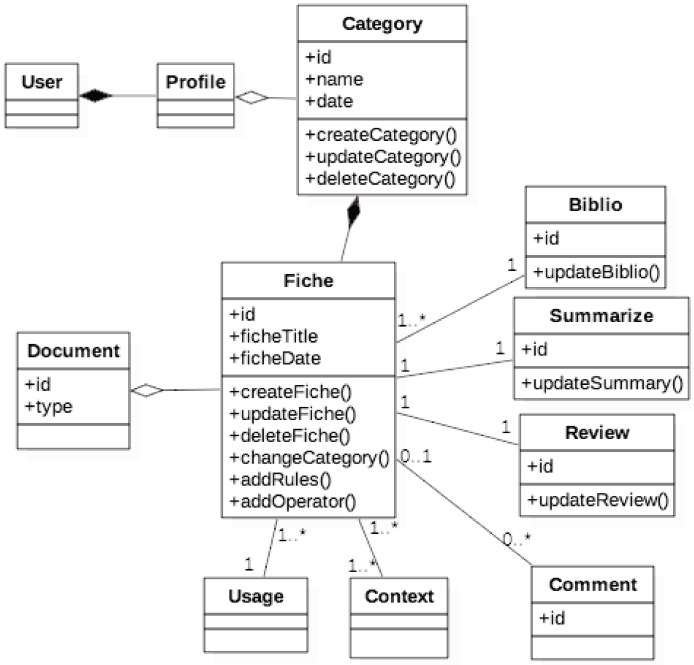


Figure 6.18 – Diagramme de classe : service de gestion de fiches de lecture

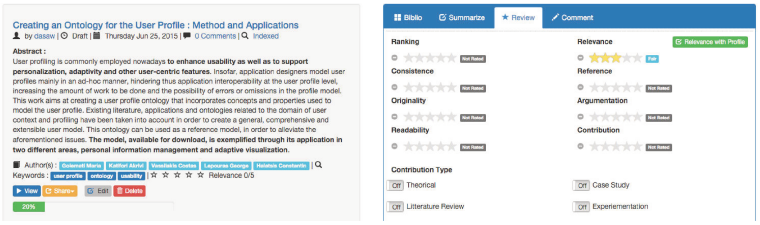


Figure 6.19 – Calcul de pertinence à l'aide des mots-clés du profil

6.4.5.3 Contribution 3 : utilisation de fiches de lecture adaptatives

Le service de gestion des situations permet de créer et d'exécuter des situations. Dans ce service, l'utilisateur peut choisir la ou les fiches de lecture pertinentes avec l'aide des fonctions de sélection de ressources numériques pertinentes que nous avons proposées dans nos contributions. La figure 6.21 présente la structure d'une situation dans l'environnement PRISE. Une situation permet de décrire le contexte de l'utilisateur ainsi que ses objectifs pour la réalisation des tâches de cette situation.

Une situation contient un ou plusieurs utilisateur(s), une ou plusieurs fiche(s) de lecture (ressources numériques). Après la phase de sélection des fiche de lecture candidate dans une situation, nous proposons des mécanismes pour une utilisation adaptative des ressources numériques en fonction du contexte et des caractéristiques de l'utilisateur. Ces mécanismes permettent d'utiliser les opérateurs d'une fiche de lecture, il s'agit par exemple de filtrer le document associé à la fiche pour ne garder que les parties qui intéressent l'utilisateur dans le contexte de la situation.

Les fonctions incluent dans les fiches de lecture, permettent d'appeler d'autres services. Par

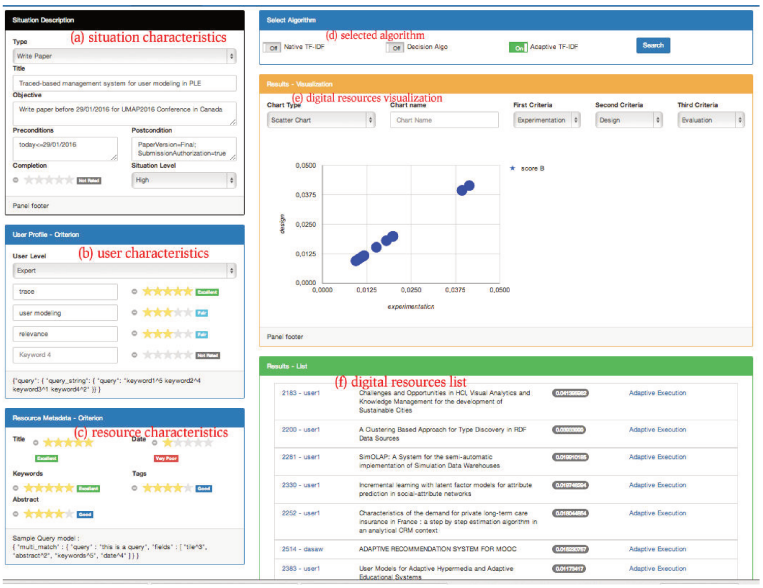


Figure 6.20 – Interface d'exécution d'une situation dans PRISE

exemple, la fiche peut appeler un service de traduction ou d'envoi de documents.

L'annexe A.3 présente plus de détails sur les différentes fonctionnalités de PRISE et la figure 6.22 résume les différentes fonctionnalités décrites ci-dessous. Au stade actuel, d'autres fonctionnalités restent encore à développer surtout les fonctionnalités qui sont nécessaires pour assister l'utilisateur dans ses tâches. Il s'agit des tâche d'auto-complétion des champs et de recommandation de fiches de lecture. Elles feront l'objet des développements futurs.

Lors de l'évaluation de la plate-forme par les utilisateurs, les utilisateurs ont fait des commentaires sur la quantité de données manuellement complétées dans les fiches. Pour eux, il faudrait automatiser la complétion des champs. Cela demande des travaux de recherche pour parvenir à analyser le contenu des documents et proposer des synthèses à l'utilisateur dans les champs des fiches.

6.4.5.4 Contribution 4 : architecture et mise en œuvre technique

L'objectif visé par ces travaux est de proposer une architecture logicielle pour la conception d'une application de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Et particulièrement pour la gestion des fiches de lecture.

Dans les trois premières contributions, nous avons proposé des modèles, des algorithmes et des mécanismes qui permettent de mettre en œuvre des fonctionnalités pour assister un chercheur dans la gestion adaptative et consolidée de leurs fiches lecture. Dans cette contribution, nous proposons une architecture logicielle pour la mise en œuvre des fonctionnalités. Cette architecture doit permettre de développer les modèles et les mécanismes que nous proposons et surtout favoriser une collaboration efficace entre les services de la plate-forme.

Comme décrite précédemment l'architecture du prototype est une architecture en trois couches. La couche applicative offre les services de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Elle est fondée sur une typologie en micro-service API-REST. Chaque composant de

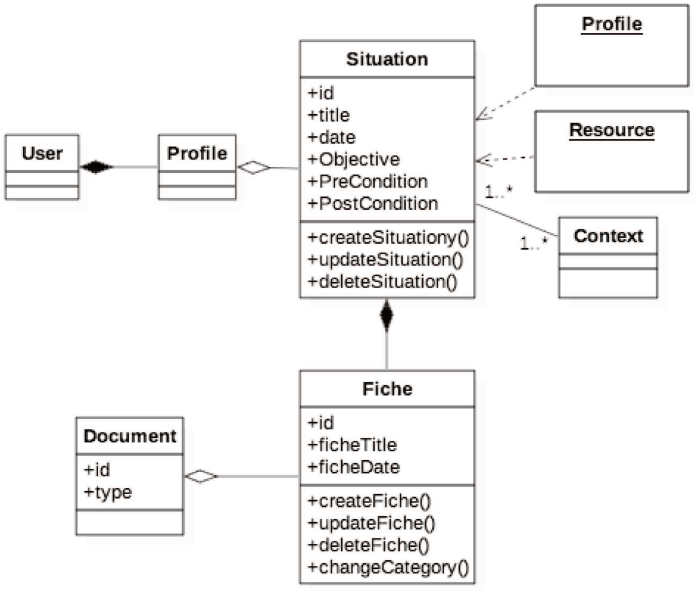


Figure 6.21 – Diagramme de classe : structure d'une situation

la plate-forme est un service qui peut être invoqué comme un service web. Ce choix permet à d'autres applications tierces de communiquer facilement avec les données de l'environnement.

Pour la réalisation du prototype, les principaux critères qui ont orienté les choix technologiques du prototype logiciel sont :

— environnement multi-plateforme : l'application doit être utilisable sur la majorité des systèmes d'exploitation existants (Unix/linux, MAC OS, Windows, Android, iOS, *etc.*) ;
— accessibilité et disponibilité : l'application doit être accessible partout à travers une machine connectée à Internet. Par ailleurs, il serait intéressant d'avoir également une version hors ligne sur la machine personnelle de l'utilisateur ;
— facile d'utilisation et de configuration : l'application doit être facile à configurer et facile à utiliser sans nécessiter une expertise particulière.

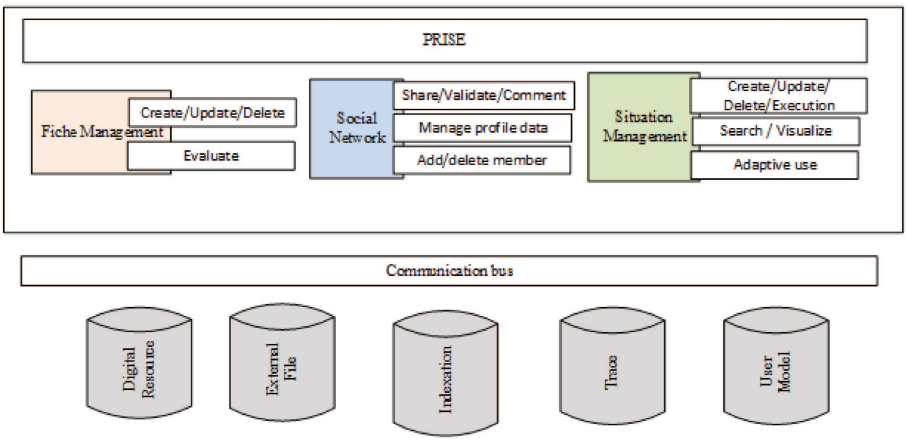


Figure 6.22 – Architecture fonctionnelle - PRISE

Ces critères nous ont permis de faire de bons choix technologiques pour la réalisation du prototype. Ces choix permettent de mettre en œuvre des services qui communiquent facilement entre eux afin d'offrir des services adaptés à l'utilisateur.

6.4.6 Mise en œuvre technique et outils de développement

La réalisation du prototype de la plate-forme PRISE nécessite des choix techniques. Pour que les différents composants de cette plate-forme puissent communiquer ensemble dans le but de fournir aux utilisateurs les fonctionnalités permettant d'expérimenter nos contributions.

6.4.6.1 Mise en œuvre technique : le cœur de la plate-forme

Pour la conception de la plate-forme PRISE nous avons choisi le **Framework Symfony 2.6**. Symfony est un framework PHP pour la conception d'applications respectant le modèle MVC (Modèle, Vue, Contrôleur). Il permet de concevoir rapidement des applications web en PHP avec la possibilité de réutiliser des composants existants appelé « *Bundle* ». Ce choix nous a permis d'adopter le langage PHP comme langage de développeur principalement de la plate-forme. De plus, PHP fait partie des langages de programmation robustes pour construire des applications web. La plupart des CMS web (Joomla, Drupal, Wordpress, *etc.*) sont construits avec ce langage. Il permet de développer des applications multiplate-formes qui ne nécessitent aucune installation particulière du côté de l'utilisateur, c'est la raison pour laquelle nous avons choisi ce langage.

Pour la présentation de la plate-forme, nous avons adopté le *framework* **Bootstrap 3.3**. Il est un framework HTML, CSS et JavaScript pour la conception des applications web. Il permet de développer des applications web adaptatifs, qui s'adapte en fonction du matériel utilisé (Ordinateur de bureau, Ordinateur portable, Tablette, Mobile, *etc.*).

Au niveau de la base de données, nous avons choisi **MYSQL**. Elle est reconnue pour sa simplicité, sa facilité d'administration et d'utilisation pour les applications web. Pour le mapping des objet relationnel, le choix s'est porté vers **Doctrine** qui est ORM intégré au *framework Symfony*. Doctrine permet de manipuler les données de la base de données MYSQL comme des objets. Il facilite ainsi la gestion des données de la base MYSQL.

6.4.6.2 Modélisation des utilisateurs, des ressources numériques et des situations

Dans la figure 6.22, nous avons une base qui gère les profils des utilisateurs. Le service de gestion des utilisateurs est développé avec le composant **FOSUserBundle**[xix] du framework Symfony. Dans ce composant technique, nous avons surchargé les fonctionnalités existantes avec la création de l'extension du modèle IMS-LIP que nous avons proposée.

xix. https ://github.com/FriendsOfSymfony/FOSUserBundle

Le composant **DunglasApiBundle** [xx] permet d'exposer facilement des services web pour manipule les objets de la plate-forme. Il utilise le format de données JSON-LD et Hydra [xxi].

6.4.6.3 Pré-sélection pertinente des fiches de lectures

Pour la mise en œuvre technique de cette fonctionnalité, nous avons réalisé plusieurs choix. Les outils d'Elastic offrent un ensemble d'outils pour l'indexation et la visualisation des données numériques en temps réel. Dans la plate-forme PRISE, nous utilisons :

- **ElasticSearch** [xxii] comme moteur d'indexation des objets de la plate-forme. ElasticSearch implémente des algorithmes de recherche d'informations classiques. Il utilise la librairie Lucene d'Apache comme moteur de recherche d'information. La librairie Lucene d'Apache intègre une version classique de l'algorithme de recherche tf-idf.
- **Logstash** [xxiii] comme outil pour la gestion des traces (logs) de la plate-forme. Logstash offre une interface pour la configuration des traces. Les traces stockées dans la plate-forme sont récupérées des fichiers de logs. Logstash permet d'uniformiser les traces selon un modèle prédéfini. Il permet également de faire de la recherche dans les traces stockées, car les traces sont indexées dans elasticSearch.
- **Kibana** [xxiv] comme outil pour la visualisation des données stockées dans elasticSearch et Logstash. Il permet de définir des statistiques ou des corrélations sur les données stockées.
- **Marvel** [xxv] comme outil de monitoring du serveur d'indexation elasticsearch.

Les outils d'ElasticSearch sont disponibles et utilisables comme des services web. Ce qui lui offre une simplicité d'utilisation et une facilité de configuration.

Tous les objets de la plate-forme sont indexés par elasticSeearch (Les utilisateurs, les fiches de lecture, les situations et les traces). Nous utilisons le composant **FOSElasticaBundle** [xxvi] pour l'intégration des fonctionnalités d'ElasticSearch dans la conception de la plate-forme. Ainsi lorsqu'un utilisateur dans la plate-forme crée une fiche de lecture, les informations associées à cette fiche sont automatiquement indexées dans elasticSearch. Ensuite, nous utilisons l'algorithme de recherche d'elasticSearch pour calculer le score entre les informations de cette fiche et les mots-clés de l'utilisateur. Les mots-clés de l'utilisateur sont récupérés dans son profil.

Nous avons implémenté les algorithmes définis dans le chapitre 4 dans la plate-forme. Lorsqu'un utilisateur exécute une situation, il a besoin des ressources numériques nécessaires à la réalisation des objectifs de cette situation. Pour cela, le système propose à l'utilisateur de saisir ses mots-clés et d'associer un poids à chaque mot-clé. Puis le système propose à l'utilisateur d'associer un poids aux champs des ressources numériques. Il s'agit dans ce cas pour l'utilisateur de dire parmi les champs de la ressource ce qui lui semble les plus importants. Enfin l'utilisation lance le bouton de recherche qui va exécuter de manière séquentielle les algorithmes proposés dans le chapitre 4 puis retournera la liste des résultats à ce dernier.

xx. https ://github.com/api-platform/core
xxi. http ://www.hydra-cg.com/
xxii. https ://www.elastic.co/products/elasticsearch
xxiii. https ://www.elastic.co/products/logstash
xxiv. https ://www.elastic.co/products/kibana
xxv. https ://www.elastic.co/products/marvel
xxvi. https ://github.com/FriendsOfSymfony/FOSElasticaBundle

Il est important de préciser que nous utilisons des filtres pour améliorer la qualité de l'indexation des données. Ces filtres permettent d'améliorer la qualité des résultats de recherche. Les filtres utilisés sont principalement :

- lowercase : permet de transformer toutes les majuscules en minuscule pour que les mots en majuscule soient indexés comme leurs équivalents en minuscule ;
- asciifolding : il permet de transformer chaque caractère Unicode qui ne fait pas partie de l'ensemble Basic Latin Unicode Block en son équivalent ascii ;
- worddelimiter : il est utilisé pour séparer un mot en plusieurs mots ;
- stopword : il consiste à supprimer la liste de mots insignifiants du texte avant de commencer le processus d'indexation. Ce filtre est utilisé pour éviter d'indexer des mots comme « et », « de », « à », « que », « qui », *etc.*
- snowball : il est utilisé pour tronquer des mots selon une racine spécifique. Par exemple, les mots « développeur », « développer », « développement », « développeuses », etc seront transformés en « developpe » ;
- *etc.*

Quant au temps d'exécution, les données sont indexées en temps réel, les performances d'elasticsearch permettent d'assurer une meilleure disponibilité des données. Dans la plate-forme, le bouton de recherche permet de retourner des résultats du serveur d'indexation en 123ms pour 19 fiches de lecture et en 203ms pour une liste de 37 fiches de lecture dans une base de 279 fiches de lectures. Les pages de présentation des résultats s'exécute avec respectivement un temps total de 940ms pour les 19 fiches et 920ms pour les 37 fiches. Cette différence de temps qui diminue s'explique par le fonctionnement de la cache.

6.5 Synthèse et discussion

PRISE fait partie de la catégorie d'applications permettant d'assister des chercheurs dans la gestion de leurs activités de recherche et dans l'organisation de leurs ressources numériques. Dans cette application, une modélisation des caractéristiques d'un chercheur a été réalisée. Des mécanismes de pré-sélection adaptative de ressources numériques de recherche et des mécanismes d'adaptation de ces ressources aux caractéristiques de ses utilisateurs et aux caractéristiques de leurs situations ont été expérimentées.

À travers cette application, nous avons montré d'abord qu'il est important de représenter les interactions d'un utilisateur dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques pour l'assister dans son environnement. Ensuite, nous avons montré que des mécanismes de pré-sélection adaptative de ressources numériques sont nécessaires pour adapter les résultats aux besoins des utilisateurs dans le système. La représentation d'une ressource numérique adaptative est nécessaire pour réaliser des mécanismes d'adaptation sur les ressources numériques en fonction des caractéristiques de l'utilisateur, des caractéristiques de la situation et des données communautaires et de l'expérience de l'utilisateur.

Il existe d'autres applications dans la même catégorie. Le tableau 6.3 présente une comparaison de quelques-unes d'elles avec PRISE. Les différentes fonctionnalités comparées dans le tableau 6.3 offre à un chercheur un environnement qui lui permet d'optimiser sa collaboration avec les membres de son réseau social, de gérer et capitaliser ses ressources numériques, d'améliorer sa productivité dans sa recherche, d'assurer une meilleure traçabilité de ses travaux, d'automatiser ses tâches, de découvrir de nouvelles données ou sources de données, de suivre les évolutions de

ses activités et des activités de son réseau social, de déterminer la pertinence les documents utilisés.

Par rapport à l'existant, les plus-values, apportées par PRISE concernent principalement la gestion adaptative et consolidée des ressources numériques de l'environnement du chercheur.

Les environnements comparés proposent moins de fonctionnalités et de mécanismes de gestion consolidée des ressources numériques. La mise en œuvre de PRISE offre aux chercheurs :

- une gestion adaptative et consolidée de leurs ressources numériques à travers une qualification de ses ressources numériques et une liaison entre elles ;
- un gain de temps considérable à travers une meilleure organisation de ses ressources dans l'environnement numérique, une automatisation des tâches de l'utilisateur. Ce gain de temps est visible lors de la sélection des ressources pertinentes dans une situation. Les autres environnements laissent la tâche à l'utilisateur de fouiller dans la liste de ses ressources, mais notre proposition permet d'automatiser cette tâche et d'assister ainsi l'utilisateur dans cette tâche. Il est également visible lors de l'utilisation de la ressource. Notre système permet de proposer des fonctions à exécuter en fonction des caractéristiques de l'activité (dépôt automatique de la ressource sur les serveurs comme HAL, easyChair, *etc.*) ;
- une collaboration efficace, une communication et un échange avec son réseau social à travers le partage des fiches de lecture et les commentaires sur les fiches ;
- un gain de visibilité.

Enfin, les outils et les mécanismes de fonctionnement de PRISE permettent une gestion adaptative et consolidée de ressources numériques pour les chercheurs.

Fonctionnalités	Mendeley*	Zotero**	CLE***	PRISE
Gestion de référence/document				
Lecture et Annotation	Oui	Non	-	Oui
Ajout et Organisation des fichiers	Oui	Oui	Oui	Oui
Plugin de citation (MS-Office, LibreOffice)	Oui	Oui	Non	Non
Découverte de documents/référence				
Recommandation de documents	Oui	Non	Non	Oui
Statistiques utilisateur	Oui	Non	Oui	Oui
Recherche des fichiers	Oui	Oui	Oui	Non
Recherche dans des bases de données	Oui	Non	Non	Non
Collaboration				
Groupe privé	Oui	Oui	Oui	Oui
Groupe public	Oui	Oui	Oui	Oui
Réseau social	Oui	Oui	Oui	Non
Fil d'actualité	Oui	Oui	Non	Oui
Outils de communication	Non	Non	-	Oui
Partage de ressources	Oui	Oui	Oui	Oui
Technologie d'extraction de métadonnées				
Extraction de DOIs (Digital Object Identifiers) du PDFs	Oui	Oui	Non	Oui
Extraction de PubmedIDs et ArxivIDs du pdf	Oui	Oui	Non	Oui
Extraction de métadonnées des pdfs	Oui	Oui	Non	Oui
Extraction de détails de citation dans des pdfs sans métadonnées	Oui	Oui	Non	Oui
Outils de communication	Non	Non	-	Oui
Partage de ressources	Oui	Oui	Oui	Oui
Gestion des activités				
Création et exécution d'activités	Non	Non	Non	Oui
Sélection de ressources numériques en fonction de la situation	Non	Non	Non	Oui
Qualité et Adaptabilité				
Médiation qualité	Non	Non	Non	Oui
Traçabilité	Non	Non	Oui	Oui
Adaptabilité	Non	Non	Non	Oui

* : Mendeley [xxvii] est un outil gratuit de gestion de références bibliographiques qui offre aux chercheurs des fonctions d'organisation de fichier pdf, de collaboration avec d'autres chercheurs et de découverte de références de recherche.
** : Zotero [xxviii] est un outil gratuit qui permet de collecter, d'organiser, de citer et de partager des données de recherche.
*** : Le cahier de laboratoire est un outil qui permet à l'utilisateur d'enregistrer au quotidien tous ses travaux. Il est d'abord et avant tout un moyen d'en assurer la traçabilité. Il doit rendre compte du cheminement et de l'expérimentation scientifique, de l'idée à la conclusion [Amiard et al., 2011].

Tableau 6.3 – Comparaison d'environnements dédiés aux chercheurs

7

Évaluation et validation

Ce chapitre présente l'évaluation et à la validation des contributions à travers les expériences des utilisateurs dans l'utilisation du prototype de l'environnement numérique personnalisé et collaboratif du chercheur. Ces expérimentations ont été réalisées sur une population de chercheurs pendant quatre semaines environ. Après ce temps d'évaluation, un questionnaire en ligne a été soumis aux utilisateurs pour qu'ils puissent évaluer la plate-forme. L'analyse des évaluations a permis de valider les contributions apportées par ce travail de thèse. Dans ce chapitre, vous trouverez le protocole de l'évaluation et les différents objectifs qui ont conduit à la réalisation de cette évaluation. Vous y trouverez également les différentes contributions qui ont été validées.

Sommaire

7.1 Évaluation 194
7.1.1 Principes et méthodologies 194
7.1.2 Objectifs à évaluer 195
7.1.3 Critères d'évaluation 195
7.2 Validation 195
7.2.1 Collecte de données 196
7.2.2 Analyse des résultats 196
7.2.3 Validation 199
7.3 Synthèse et discussion 202

7.1 Évaluation

7.1.1 Principes et méthodologies

L'évaluation des propositions énoncées dans ce travail de thèse vise à montrer leurs pertinences et leurs impacts sur les utilisateurs concernés. L'objectif de ce travail de thèse est de prouver que les différentes contributions proposées permettent de concevoir une application qui permet à ses utilisateurs de mieux organiser leurs ressources numériques et pouvoir sélectionner les meilleures pour réaliser une activité.

Afin d'évaluer ces contributions, nous avons défini une étude de cas qui caractérise bien le problème traité dans cette thèse. Il s'agit de l'étude de cas de l'environnement numérique du chercheur, qui a accès à plusieurs documents (articles scientifiques, rapports scientifiques, présentations, *etc.*), qu'il doit organiser et utiliser pour produire de nouvelles connaissances. Cette étude de cas est présentée dans le chapitre 6.

L'évaluation par les utilisateurs permet de valider les contributions apportées et mises en œuvre dans le système réalisé et présenté au chapitre 6. Le principe de notre évaluation repose sur le modèle proposé par [Kirkpatrick, 1996] et dans [Steiner et al., 2014].

Grâce à ces modèles, nous avons défini cinq (05) niveaux d'évaluation :

1. technique : ce niveau évalue la performance du système (ses temps de réponse, son interopérabilité, sa montée en charge, sa fiabilité, sa capacité à évoluer). Il s'agit de dire si le système est techniquement satisfaisant ou non ;
2. acceptabilité : ce niveau évalue l'attitude que les utilisateurs ont du système. L'environnement est-il utile et facilement utilisable ? Les utilisateurs ont-ils l'intention de l'utiliser ?
3. fonctionnalité : ce niveau permet d'évaluer la richesse et la complétude des fonctionnalités offertes par le système. Il évalue la qualité des fonctionnalités pour assister l'utilisateur dans la gestion adaptative et consolidée de ses ressources numériques ;
4. utilisabilité : ce niveau permet d'évaluer l'utilisabilité du système, les fonctionnalités les plus utilisées et le nombre d'utilisateurs l'ayant adopté ;
5. impact : ce niveau évalue l'impact de l'environnement sur ses utilisateurs et évalue si le système améliore la productivité, améliore la qualité du travail (le système a-t-il impacté le travail des utilisateurs).

Le dernier est le niveau d'évaluation le plus important parce qu'il évalue l'impact des contributions sur le travail des utilisateurs. Si le système n'a pas d'impact sur le travail de ses utilisateurs, cela signifie que malgré ses fonctionnalités, il n'est ni nécessaire ni utile pour l'utilisateur.

Pour évaluer ces cinq niveaux dans le système, la méthodologie adoptée se déroule en deux phases :

1. **évaluation formative :** cette phase consiste à évaluer les besoins des utilisateurs avant la conception du système. Elle a été réalisée grâce aux entretiens et aux réunions avec des groupes de chercheurs. Cela a conduit à la rédaction du cahier des charges pour la conception de l'application ;

2. **évaluation sommative :** cette phase est réalisée après la mise en œuvre de l'application afin d'évaluer les fonctionnalités offertes par l'application en fonction des attentes des utilisateurs et en rapport avec les contributions apportées. Cette évaluation a été réalisée grâce à un sondage (formulaire en ligne) auprès des utilisateurs de l'application.

Les contributions évaluées dans ce chapitre ont été implémentées dans le prototype de la plate-forme PRISE.

7.1.2 Objectifs à évaluer

Le prototype logiciel mis en œuvre est dédié aux chercheurs. Il leur permet d'organiser, et de sélectionner la ou les meilleure(s) ressource(s) numérique(s) pour réaliser une activité. L'objectif général du prototype est d'assister son utilisateur dans une gestion adaptative et consolidée de ses ressources numériques.

Pour le besoin de l'évaluation, quatre (04) objectifs ont été définis pour PRISE, il doit :

objectif 1 : permettre à ses utilisateurs de mieux organiser et structurer leurs ressources numériques ;

objectif 2 : aider l'utilisateur à sélectionner la ou les ressource(s) numérique(s) pertinente(s) dans une situation ;

objectif 3 : offrir des ressources adaptatives (par exemple, des ressources numériques qui s'adaptent au type d'interaction et au contexte de ses utilisateurs) ;

objectif 4 : permettre de partager et de collaborer autour des ressources numériques.

Ces objectifs représentent les contributions apportées dans ce travail. L'objectif sur le modèle de l'utilisateur n'est pas clairement exprimé parce qu'il se retrouve dans les autres objectifs et représente une base pour le fonctionnement de l'application. À travers le prototype réalisé, nous estimons que les objectifs ont été atteints.

7.1.3 Critères d'évaluation

Les objectifs définis sont évalués à partir d'un ensemble de critères. Le tableau 7.1 présente les critères définis pour l'évaluation.

Dans ce tableau, l'évaluation se porte principalement sur les fonctionnalités offertes par le prototype, l'acceptabilité du prototype par les utilisateurs, l'utilisabilité du prototype et son impact sur les utilisateurs. L'objectif consiste à vérifier si nos contributions peuvent être validées à travers les expérimentations réalisées.

7.2 Validation

La validation de nos contributions passe par une collecte des données d'évaluation et l'analyse de ces données par rapport aux objectifs définis.

7.2.1 Collecte de données

L'évaluation de PRISE s'est déroulée dans le laboratoire Informatique, Image et Interaction (L3I) composé de 31 chercheurs permanents, 35 doctorants et 14 ingénieurs. Pour l'évaluation sommative du prototype, nous avons mis l'environnement PRISE à disposition d'une partie de cette population qui l'a utilisé pendant quatre semaines environ.

Après ces quatre semaines, les utilisateurs devaient remplir un questionnaire en ligne. Le formulaire est présenté dans l'annexe A.2. Huit (08) doctorants, trois (03) post-doctorants et un (01) maître de conférences ont répondu à ce questionnaire. Parmi les huit doctorants, cinq étaient en troisième année de thèse et un en première année. Deux (02) des doctorants en troisième année de thèse provenaient d'un laboratoire de Mathématique.

7.2.2 Analyse des résultats

Les réponses reçues permettent de générer plusieurs graphiques qui représentent l'évaluation des utilisateurs de la plate-forme. Les résultats du sondage seront analysés par niveaux. Le premier consiste à vérifier l'utilisabilité et l'acceptabilité de l'environnement par les utilisateurs. Il s'intéresse aux réponses relatives à l'expérience d'usage des utilisateurs de la plate-forme.

Le deuxième s'intéresse aux fonctionnalités du prototype. Il consiste à analyser l'évaluation des utilisateurs sur les outils offerts par le prototype. Le troisième concerne les mécanismes d'adaptation proposés dans la plate-forme. Le deuxième et troisième niveaux permettent d'évaluer nos principales contributions. Ils concernent les mécanismes de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques proposées dans nos contributions. Le quatrième niveau concerne l'impact du prototype et l'évaluation générale de la plate-forme.

7.2.2.1 Contribution 1 et 2 : évaluation des outils de PRISE

Les outils offerts par PRISE permettent d'évaluer les fonctionnalités de nos contributions. Dans cette partie, l'évaluation concerne principalement la modélisation et la gestion du modèle de l'utilisateur et la sélection pertinente de ressources numériques.

Le graphique de la figure 7.1 présente les résultats des évaluations des utilisateurs. L'analyse statistique du graphique montre que les fonctionnalités associées aux partages des ressources numériques ont été largement appréciées. Les utilisateurs préfèrent partager les ressources avec leurs pairs qu'ils identifient à travers les profils des utilisateurs de leur réseau social. Cela signifie que les données du profil des utilisateurs sont principalement utilisées par les utilisateurs afin d'identifier des collaborateurs et ceux avec qui ils peuvent échanger des fiches de lecture.

Plus le profil contient des informations pertinentes et à jour, mieux les utilisateurs peuvent identifier des collaborateurs potentiels. La fonctionnalité de modélisation du profil de l'utilisateur a reçu une note moyenne de 3,25/5 ( ). Le profil de l'utilisateur est également utilisé par le système pour la sélection des ressources numériques et pour leurs adaptations. Plus le profil est à jour et complet, mieux le système fournit des adaptations optimisées.

La fonctionnalité de sélection pertinente de ressources numériques a reçu une note moyenne de 3/5 ( ), et la fonctionnalité d'utilisation adaptative des ressources numériques a reçu une note moyenne de 2,5/5 ( ). Ce dernier résultat montre que durant la période de test, les

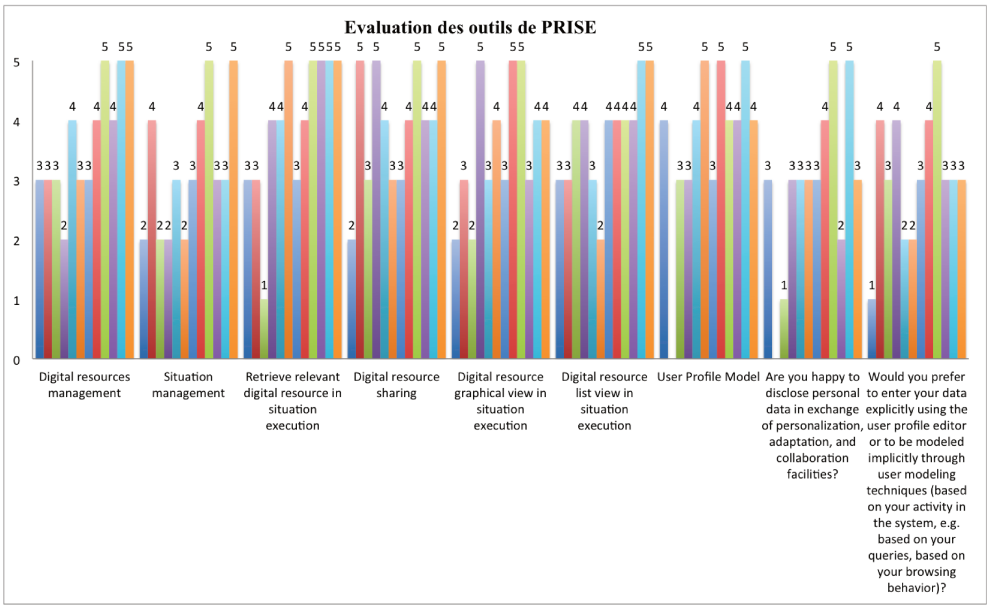


Figure 7.1 – Évaluation des outils de la plate-forme PRISE
0=Strongly disagree 1=Disagree 2=Slightly disagree 3=Slightly agree 4=Agree 5=Strongly agree

utilisateurs n'ont pas eu le temps de compléter leurs profils et par conséquent les données d'adaptation étaient moins visibles.

Néanmoins, ils sont très intéressés par les adaptations de connexion des ressources avec des services internes ou externes à l'environnement. L'absence des données sur les utilisateurs est nuisible à la gestion adaptative des ressources numériques. Cela explique l'importance de la proposition d'un système à base de trace pour recueillir et compléter automatiquement ces informations.

7.2.2.2 Contribution 3 : évaluation des mécanismes d'adaptation dans PRISE

La gestion adaptative des ressources numériques est une fonctionnalité importante du prototype. Le graphique de la figure 7.2 présente une analyse statistique de l'évaluation des utilisateurs. Ce graphique montre que 75% des utilisateurs acceptent que les ressources numériques soient filtrées en fonction de leurs champs d'intérêts et de leurs expertises. 58% souhaitent que les ressources soient connectées à d'autre ressources complémentaires pour leur permettre d'avoir des informations détaillées. 50% acceptent d'agréger et de fusionner d'autres ressources similaires à la ressource qu'ils ont choisie pour la réalisation de leurs objectifs dans une situation.

Par ailleurs, le graphique de la figure 7.3 montre que 25% des utilisateurs préfèrent que les mécanismes d'adaptation de l'usage leur proposent la ressource dans un autre format. 41,67% acceptent que la présentation soit adaptée à leur modèle d'interaction. 25% tiennent à ce que les mécanismes adaptent les modalités de visualisation de la ressource et 58,33% souhaitent que la présentation soit conforme à leurs besoins d'usage.

Le résultat de cette évaluation montre qu'en fonction du domaine d'activité de l'utilisateur les préférences au niveau des mécanismes d'adaptation souhaités par les utilisateurs sont différentes. Le système devrait supporter plusieurs mécanismes d'adaptation des ressources numériques en fonction des préférences de chaque utilisateur.

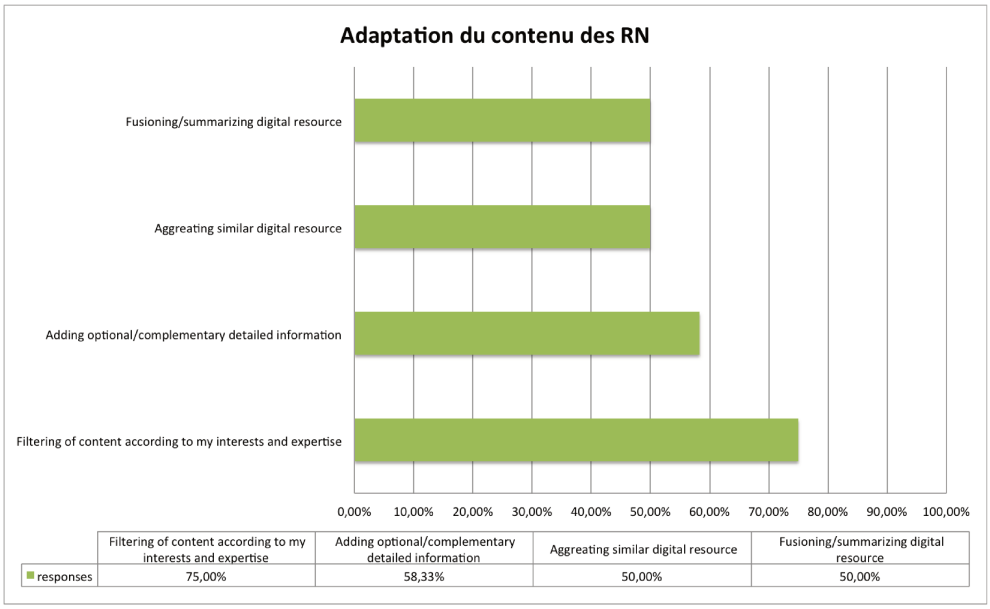


Figure 7.2 – Mécanismes d'adaptation des ressources numériques dans PRISE

Plus de la moitié des utilisateurs souhaitent que les ressources numériques soient adaptées à leurs besoins d'usage. Le besoin d'usage peut provenir du profil de l'utilisateur et du contexte de l'activité. Ce qui permet de valider la contribution de l'utilisation adaptative des ressources numériques en considérant les critères sur le profil et le contexte de l'utilisateur.

7.2.2.3 Utilisabilité : évaluation de l'expérience d'utilisation de PRISE

L'évaluation de l'expérience d'utilisation de PRISE permet d'évaluer l'acceptabilité et l'utilisabilité de la plate-forme. Le graphique de la figure 7.4 présente les évaluations des utilisateurs. Dans ce graphique, les mécanismes de gestion des ressources numériques, de recherche de ressources numériques et de partage de ressources numériques, ont été largement appréciés par les évaluateurs avec une note de 4/5 (★★★★☆).

L'utilisation adaptative des ressources numériques et la sélection pertinente de ressources numériques ont reçu une note de 3/5 (★★★☆☆). Par conséquent, l'utilisabilité et l'acceptabilité des contributions dans l'environnement PRISE sont acceptables.

7.2.2.4 Évaluation de la valeur ajoutée de la plate-forme PRISE

Pour déterminer les fonctionnalités estimées innovantes par les utilisateurs ou qui apportent un plus par rapport aux systèmes existants, les utilisateurs approuvent à 80% que PRISE permet de connecter les ressources numériques et les utilisateurs, et de connecter les ressources numériques entre elles. 60% des utilisateurs trouvent que PRISE modélise bien les ressources numériques dans l'environnement et 20% pensent que PRISE permet à ses utilisateurs d'avoir une bonne visibilité.

Pour mieux gérer des ressources numériques, il faut bien les modéliser et si PRISE fournit cette modélisation d'après les évaluations des utilisateurs, alors cela validerait notre proposition sur la modélisation des ressources numériques. Si PRISE permet également de connecter les ressources

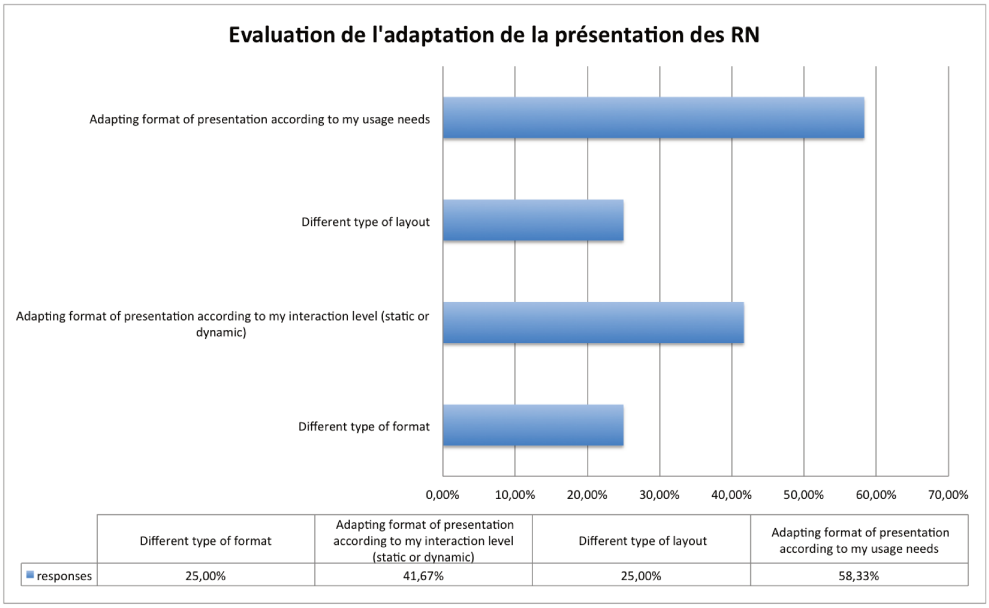


Figure 7.3 – Mécanismes d'adaptation de la présentation des ressources numériques dans PRISE

numériques et les utilisateurs, et de connecter les ressources entre elles, la proposition de connexion des ressources numériques serait alors appréciée par ses utilisateurs.

7.2.2.5 Évaluation générale de PRISE

L'évaluation générale de PRISE permet d'analyser ses performances techniques.

Les résultats montrent que les utilisateurs ont accordé une note moyenne de (graphique de la figure 7.6) :

- 3.6/5 (★★★★☆) aux fonctionnalités de PRISE ;
- 4.2/5 (★★★★☆) à conception de l'interface ;
- 3.2/5 (★★★☆☆) à l'utilisabilité générale de PRISE ;
- 2.4/5 (★★☆☆☆) pour l'effort que cela nécessite pour la prise en main de PRISE. Ce résultat montre que l'ensemble des fonctionnalités demande des efforts aux utilisateurs pour se familiariser avec l'environnement.

L'évaluation générale montre que les utilisateurs sont unanimes sur la valeur ajoutée des fonctionnalités de PRISE. Quant aux autres paramètres (l'ergonomie, le design, l'effort), cela relève du jugement personnel de chaque utilisateur.

7.2.3 Validation

Pour valider nos propositions, nous reprenons les objectifs de PRISE et les critères d'évaluation afin de vérifier si les résultats des évaluations des utilisateurs permettent d'atteindre les objectifs de la plate-forme.

Le tableau 7.2 donne une synthèse de notre évaluation des utilisateurs avec les objectifs. Dans ce tableau, le bilan général montre la validité et la pertinence des fonctionnalités mises en œuvre. La plupart des

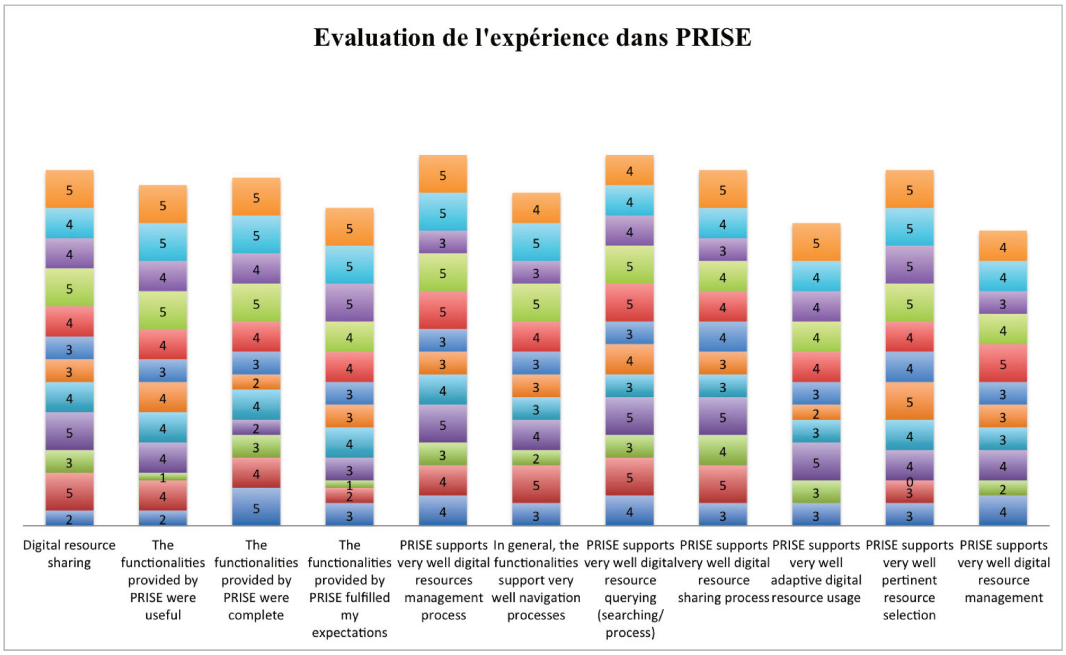


Figure 7.4 – Évaluation de l'expérience dans PRISE
0=Strongly disagree 1=Disagree 2=Slightly disagree 3=Slightly agree 4=Agree 5=Strongly agree

fonctionnalités ont été évaluées à 4/5 (★★★★★) ce qui représente une satisfaction pour les utilisateurs. Deux fonctionnalités ont été respectivement évaluées à 3.5/5 (★★★½★) pour la modélisation de l'utilisateur et 3/5 (★★★★★)pour l'adaptation des ressources numériques. Ces évaluations s'expliquent par la nécessité pour le système de disposer d'informations sur les profils des utilisateurs afin d'exécuter les mécanismes d'adaptations sur les ressources numériques.

Parmi les commentaires des utilisateurs, il ressort qu'ils sont sensibles à la sécurité des informations

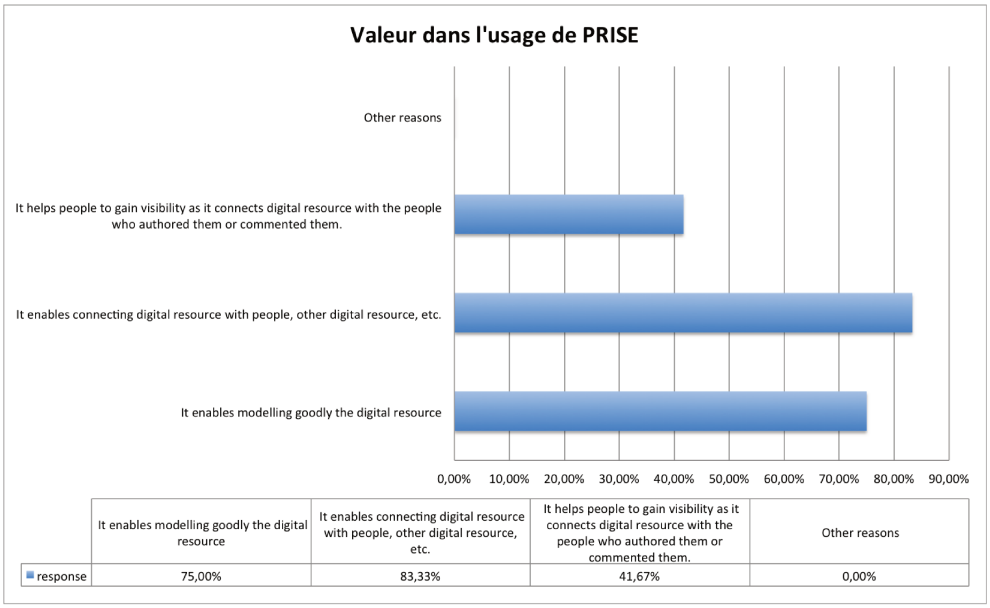


Figure 7.5 – Évaluation de la valeur ajoutée de la plate-forme PRISE

qu'ils doivent entrer dans leur profil. Les commentaires montrent que plus l'utilisateur fait confiance au système, mieux il est apte à lui fournir des informations nécessaires à son fonctionnement.

Il ressort également que le nombre d'informations qu'ils doivent entrer dans le profil de l'utilisateur et la mise à jour de ses informations demande du temps. Ce qui confirme notre proposition de système à base de traces pour récolter et compléter les informations des profils des utilisateurs.

Les résultats obtenus à travers le sondage permettent de valider les contributions de nos travaux. Si nous prenons en compte les commentaires des utilisateurs, le système peut être perfectionné de façon à offrir plus de confort aux utilisateurs dans la gestion adaptative de leurs ressources numériques.

7.2.3.1 Les limites du prototype par rapport aux contributions

La réalisation du prototype représentait un moyen pour nous de valider les contributions de cette thèse. Mais le prototype présente quelques limites qui peuvent influencer sur la valeur des contributions apportées. De par sa nature, un prototype n'est pas un produit fini. Pour cela, certains bugs ont été découverts lors des tests. Ces bugs n'ont pas constitués une entrave dans le cadre de cette évaluation.

Mais dans le contexte du passage à l'échelle, cela pourrait engendrer d'autres problématiques dont nous ne sommes pas capables à l'heure actuelle d'estimer leurs influences. Par contre, les limites auxquelles il était nécessaire d'apporter une précision sur la validation de nos contributions concernent :

1. la performance du prototype : en dépit des efforts déployés pour un fonctionnement correct du prototype et son meilleur usage par les utilisateurs, il y a quelques erreurs qui n'ont pas pu être détectées et corrigées avant le déploiement. Certains utilisateurs ont signalé des erreurs dans le fonctionnement du prototype. Et d'autres erreurs étaient dues à la qualité et aux outils de sécurité du réseau qui ralentissaient le temps des réponses. Cela entraînait par moment des erreurs de *timeout* ;
2. la qualité du profil des utilisateurs : le profil représente un composant très important pour la gestion adaptative et consolidé des ressources numériques. La quantité et la qualité des données

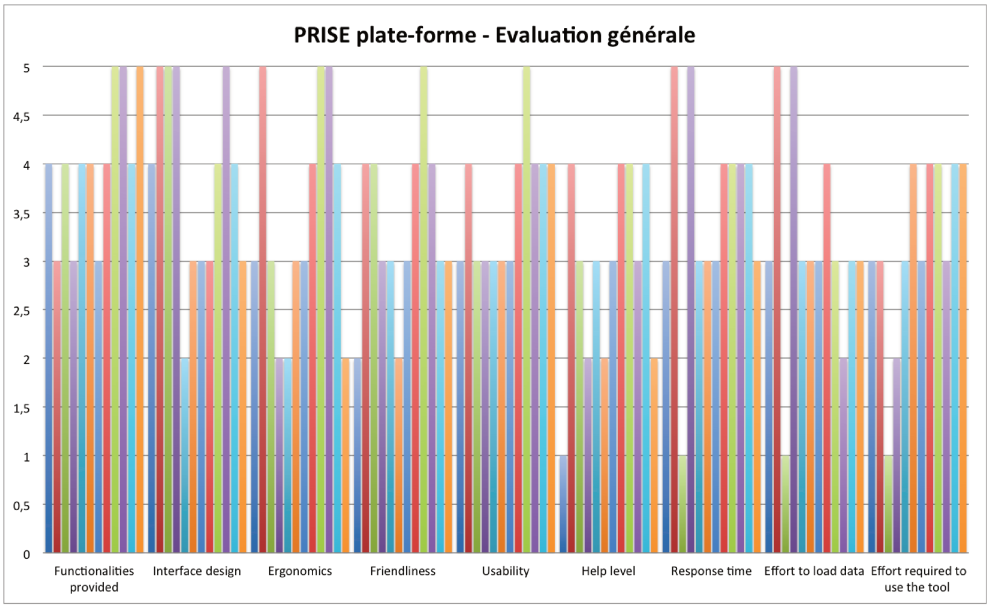


Figure 7.6 – Évaluation générale de la plate-forme PRISE
1=Very poor ; 2=Poor ; 3=Acceptable ; 4=Good ; 5= Very Good

que les utilisateurs devaient entrer durant le temps de test constitue une limite, puisque certains utilisateurs n'ont pas eu le temps de constituer une grande base de fiches de lecture. Pourtant, le système a besoin de ces données pour analyser et compléter le profil de ces utilisateurs ;

3. le nombre d'utilisateurs : le nombre d'utilisateurs qui ont utilisé le prototype ne permettent pas d'analyser leurs collaborations dans le réseau social. La plupart de ces utilisateurs travaillaient dans des champs de recherche un peu différents les uns des autres. Cela n'a pas permis de tester la montée en charge du prototype.

7.3 Synthèse et discussion

L'évaluation utilisateur du prototype PRISE a permis de valider les contributions proposées dans ce manuscrit grâce à une technique d'évaluation sommative et une analyse statistique et qualitative des résultats. À travers ce sondage et l'analyse des résultats, plus de la moitié des utilisateurs est satisfaite de la plate-forme. Ils proposent des recommandations pour combler quelques défauts du prototype.

Les utilisateurs proposent, que PRISE soit connecté à plusieurs outils tiers, il s'agit de permettre dans l'environnement numérique du chercheur l'usage d'autres outils déjà adoptés par les chercheurs. Les ressources pourront ainsi collaborer avec ses outils tiers. Cette recommandation montre que les ressources numériques doivent permettre de facilement communiquer avec des services tiers. D'autres utilisateurs proposent une automatisation des tâches et une simplification du système.

Les utilisateurs ont éprouvé beaucoup de difficultés à remplir tous les champs d'une fiche. Ils proposent la mise en œuvre de nouvelles techniques automatisées pour assister les utilisateurs dans cette tâche.

Le réseau social est déjà une initiative permettant à plusieurs utilisateurs d'éditer des fiches. Mais souvent les points de vue de lecture et les interprétations des utilisateurs sont très divergents et cela soulève des problèmes quant à la complétion collaborative des fiches de lecture. Cette recommandation correspond aux travaux sur le compagnon et fait partie des perspectives de nos travaux. Il s'agit pour ces utilisateurs d'automatiser la complétion automatique des champs d'une fiche et d'identifier dans la plate-forme, les ressources numériques pertinentes provenant de notre réseau social (recommandation).

Les expérimentations réalisées avec PRISE et les évaluations des utilisateurs indiquent que la gestion adaptative et consolidée des ressources numériques intéresse les utilisateurs. Ils souhaitent acquérir une plate-forme qui les avantagera dans l'économie du temps concernant la gestion quotidienne de leurs activités et de leurs ressources numérique. La modélisation de l'utilisateur est nécessaire à la satisfaction de cette gestion adaptative et ces mécanismes d'assistance de l'utilisateur.

Le modèle de représentation des ressources numériques et les mécanismes d'usage adaptatifs des ressources dans l'environnement numérique du chercheur ont été appréciés par les utilisateurs. Mais ils recommandent que le système puisse automatiser la complétion de certains champs de descriptions des ressources numériques et que les mécanismes d'adaptation des ressources numériques soient proposés en fonction des préférences de chaque utilisateur.

Enfin, les mécanismes de sélection pertinente de ressources numériques ont été approuvés par les utilisateurs. Dans chaque situation, ils peuvent trouver la liste des fiches qui correspondent à leurs besoins. Dans l'expérimentation, il était possible de sélectionner des fiches publiques appartenant à d'autres utilisateurs de l'environnement.

Les résultats des évaluations permettent ainsi de valider nos contributions pour la conception d'un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques.

Evaluation	**Organisation et structuration des RN**	**Sélection de la ressource pertinente**	**Adaptation des RN**	**Partage et collaboration autour des RN**
Technique	Performance du module d'organisation	Performance des algorithmes	performance du module d'adaptation	Performance du module de partage
Acceptabilité	Facilité d'organisation et de complétion des champs de métadonnées (création d'une nouvelle ressource)	Ergonomie de présentation et de sélection des ressources	Ergonomie de présentation adaptative des RN	Ergonomie de la page sociale et de l'interface d'édition du profil
Fonctionnalité	Fonctionnalité d'édition de ressources numériques	Fonctionnalité de paramétrage de l'outil de recherche	Fonctionnalité des mécanismes d'adaptation	Fonctionnalité de partage, de suivi d'import de ressources numériques, fonctionnalité de création d'équipe et d'ajout de membres
Utilisabilité	Niveau d'adoption des concepts d'organisation	Niveau de réutilisation des mécanismes d'adaptation	Niveau d'utilisation des ressources proposées	Niveau de partage des ressources par les utilisateurs
Impact	Le modèle d'organisation des ressources améliore-t-il la qualité du travail ?	Les ressources utilisées ont-elles permis d'avoir un gain de productivité ?	L'adaptation de la ressource à l'utilisateur améliore-t-elle son expérience d'utilisation ?	Le partage des ressources améliore-t-il le temps de production ?

Tableau 7.1 – Critères d'évaluation des objectifs dans PRISE

Critère de validation	Technique	Acceptabilité	Fonctionnalité	Utilisabilité	Impact
Modélisation de l'utilisateur	3.5/5	3.5/5	3.5/5	3.5/5	3.5/5
Organisation et structuration des RN	3/5	3/5	4/5	3/5	3/5
Sélection de ressources pertinentes	3/5	3/5	4/5	4/5	3/5
Adaptation des RN	3/5	3/5	3/5	3.5/5	3/5
Partage et collaboration autour des ressource numériques	3/5	3/5	4/5	3/5	3/5
Plate-forme générale	3/5	3/5	4/5	3.2/5	3/5 Gestion RN 4/5 Collaboration 1/5 Gain de visibilité

Tableau 7.2 – Validation des objectifs dans PRISE

Partie V

Synthèse et perspective

8

Conclusion et perspectives

Ce chapitre présente une synthèse des contributions apportées par les travaux réalisés dans cette thèse. De plus, il présente les perspectives qui découlent de ces contributions. Il résume les trois contributions majeures de ce travail.
La première concerne la modélisation de l'utilisateur pour une application de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Dans cette contribution, ***l'accent a été placé sur les interactions de l'utilisateur et la méthode de mise à jour du profil des utilisateurs. Nous avons proposé dans cette contribution une extension du modèle IMS-LIP et un système à base de traces pour la maintenance du profil de chaque utilisateur.***
La deuxième concerne la pré-sélection pertinente de ressources numériques. Dans cette contribution, nous avons proposé des algorithmes permettant de ***pré-sélectionner en temps-réel les ressources numériques pertinentes pour un utilisateur en tenant compte de ses caractéristiques, des caractéristiques de sa situation et des données apportées par son réseau social.***
La dernière concerne les ***mécanismes de gestion adaptative des ressources****. Dans cette contribution, nous avons proposé un modèle de ressources numériques adaptatives et des mécanismes à* ***base de règles et d'opérateurs pour adapter chaque ressource numérique aux caractéristiques de l'utilisateur et pour permettre aux ressources numériques de communiquer entre elles****. Les perspectives qui en résultent sont essentiellement portées sur la gestion adaptative et consolidée des ressources numériques. La première concerne l'assistance à l'utilisateur afin d'anticiper les actions qu'il voudrait réaliser. La deuxième concerne la transparence des résultats de pré-sélection pour l'utilisateur. La troisième est relative à la connexion de ressources numériques.*

Sommaire

8.1 Résumé des contributions 208
8.1.1 Modélisation et gestion du profil de l'utilisateur 208
8.1.2 Pré-sélection pertinente de ressources numériques 210
8.1.3 Modèle et mécanismes des ressources numériques adaptatives 211
8.1.4 Architecture logicielle : système de gestion adaptative et consolidée 211
8.2 Bilan 212
8.3 Perspectives 212
8.3.1 Optimisation du système de gestion des traces 213
8.3.2 Connexion des ressources numériques 213
8.3.3 Transparence des résultats et amélioration des critères 214

8.1 Résumé des contributions

Les travaux réalisés dans cette thèse ont été motivés par le contexte actuel créé par l'explosion massive des données hétérogènes. Le développement massif des technologies de l'information et de communication a favorisé la production massive de données numériques dont l'usage nécessite leurs transformations en ressources numériques.

Aujourd'hui, tout utilisateur de système d'information est un producteur et consommateur potentiel de ressources numériques. L'une des plus grandes problématiques engendrées par ce contexte concerne la gestion de ces ressources numériques dans l'environnement personnel des utilisateurs. Les utilisateurs souhaitent disposer d'environnements numériques qui leur permettent de mieux organiser, sélectionner et utiliser leurs ressources numériques tout en collaborant avec d'autres utilisateurs autour de ses ressources numériques. Ils souhaitent disposer dans ces environnements des ressources numériques pertinentes parce que la qualité des ressources numériques est un élément très important dans la prise des décisions.

Le challenge pour les concepteurs de systèmes d'informations consiste à créer des environnements numériques avec une gestion adaptative et consolidée des ressources numériques produites et consommées par les utilisateurs. Il s'agit de développer des mécanismes et des méthodes qui permettent d'assister les utilisateurs dans l'organisation, la sélection et l'utilisation de leurs ressources numériques. L'objectif des contributions apportées dans cette thèse se décline comme une proposition pour relever ce défi et répondre aux besoins de ces utilisateurs.

Notre démarche est fondée sur le postulat que, pour assister les utilisateurs dans la gestion de leurs ressources numériques, le système doit nécessairement disposer : d'un modèle de caractérisation de chaque utilisateur ; de mécanismes pour optimiser la représentation les données qui les caractérisent et des mécanismes pour les assister dans la sélection et l'utilisation de ses ressources numériques.

Cette thèse a apporté trois contributions majeures pour la conception d'un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques :

1. un modèle de représentation des données qui caractérisent chaque utilisateur du système et mécanisme de mise à jour des ces données à base de traces ;
2. des algorithmes et mécanismes de pré-sélection et de représentation adaptative de ressources numériques candidates ;
3. des mécanismes pour l'utilisation de ressources numériques adaptatives dans une situation.

Ces contributions ont permis de proposer une architecture cohérente d'un système personnalisé de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Le tableau 8.1 présente une synthèse des contributions réalisées et des résultats obtenus.

8.1.1 Modélisation et gestion du profil de l'utilisateur

La première contribution apportée par ce travail concerne la modélisation de l'utilisateur dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Le profil de l'utilisateur dans un système d'information est capital pour adapter l'exécution du système aux caractéristiques de l'utilisateur. Il est perçu comme un composant important dans les applications adaptatives et plus particulièrement dans le contexte de la gestion adaptative et consolidée des ressources numériques car l'utilisateur est le centre de ce type d'application.

L'analyse de l'état de l'art a montré qu'il manquait un élément dans la modélisation du profil de l'utilisateur et surtout dans le contexte de gestion des ressources numériques. Il s'agit du profil d'interaction des utilisateurs. La gestion des ressources numériques exige un modèle d'interaction

Problématiques	Verrous scientifiques	Contributions apportées	Résultats obtenus
modélisation des utilisateurs dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques	Modélisation des interactions et système de gestion des mise à jour du profil des utilisateurs	1. Extension du modèle IMS-LIP 2. Système de gestion à base de traces pour la gestion du modèle	Résultat 1*
Pré-sélection de ressources numériques	Mécanismes de sélection des ressources numériques en fonction des caractéristiques de l'utilisateur, des caractéristiques de sa situation et des données de son réseau social	1. Mécanismes de pré-sélection des ressources numériques ; 2. Présentation adaptative des résultats ;	Résultat 2**
Utilisation adaptative des ressources numériques	Modélisation d'une ressource numérique avec des mécanismes d'adaptation en fonction du contexte d'utilisation et des caractéristiques de l'utilisateur	1. Modèle de ressources numériques adaptatives 2. Mécanismes d'adaptation des ressources numériques	Résultat 3***
Architecture PRISE	Modèle d'architecture pour la gestion adaptative et consolidée de ressources numériques	1. Architecture composant en micro-service 2. Modèle de plate-forme	Résultat 4****

*** Résultat 1 :**
— Nature : modèle et mécanismes de gestion du profil à base de traces.
— Résultat : les expérimentations réalisées ont montré que le modèle proposé permet de représenter et d'assurer la mise à jour de certaines données des utilisateurs dans l'environnement grâce aux traces d'utilisations.
**** Résultat 2 :**
— Nature : algorithmes et mécanismes
— Résultat : les expérimentations ont permis de valider la pertinence des résultats de pré-sélection des ressources numériques candidates et la représentation adaptative de ces résultats conformes aux utilisateurs.
***** Résultat 3 :**
— Nature : modèle de ressources numériques adaptatives et mécanismes d'adaptation
— Résultat : les expérimentations ont permis de valider la contribution sur l'adaptation des ressources numériques en fonction des outils et services disponibles et l'adaptation aux mots-clés et expertise des utilisateurs.
****** Résultat 4 :** Nature : Architecture logicielle
— Résultat : Architecture logicielle en composant et structuration en plate-forme de micro-services.

Tableau 8.1 – Synthèse des contributions et résultats

entre l'utilisateur et les ressources numériques. Elle exige aussi la connaissance des préférences de l'utilisateur.

Pour lever ce verrou, nous avons proposé une extension du standard IMS-LIP en ajoutant une nouvelle catégorie appelée *« Interaction »*. Nous avons également adapté ce modèle pour permettre au système de capturer les caractéristiques d'un utilisateur dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Le but est d'assister l'utilisateur dans les opérations de sélection de ressources numériques pour la réalisation d'une situation.

Nous avons proposé une méthode pour la maintenance du profil des utilisateurs. Cette méthode utilise un système à base de traces qui permet de sauvegarder les traces sur l'utilisateur et d'identifier les caractéristiques implicites de ce dernier. Le système à base de traces permet de compléter et de mettre à jour les informations du profil de l'utilisateur.

Ces contributions ont été implémentées dans le prototype de l'**environnement PRISE** que nous avons mis à la disposition des chercheurs. Nous avons évalué et validé ces apports scientifiques à travers cette expérimentation. Il en ressort que le modèle proposé est complet et pourrait être réutilisé par les environnements numériques dédiés aux chercheurs comme ResearchGate, Academia, profil dans Mendeley, Zotero, *etc.* L'expérimentation a montré que les utilisateurs sont intéressés par le système de mise à jour de leurs données avec un minimum d'efforts de leur part et qu'ils sont également préoccupés par la sécurité des données que le système possède. Plus la confiance de l'utilisateur concernant le système est élevée, mieux ils sont aptes à fournir suffisamment d'informations permettant au système de les assister. Le modèle utilisé est normalisé. L'implémentation utilise le format de données **JSON-LD** qui est un format optimisé pour l'échange avec d'autres environnements.

Enfin, cette contribution a fait l'objet de deux publications en workshop de la conférence UMAP 2014 (User Modeling, Adaptation, and Personalization). La première publication [Sawadogo et al., 2014b] concerne la modélisation des interactions d'un utilisateur dans un système de gestion adaptative de ressources numériques. La deuxième publication [Sawadogo et al., 2014d] présente l'architecture de l'environnement pour l'expérimentation.

8.1.2 Pré-sélection pertinente de ressources numériques

La deuxième contribution concerne les algorithmes et les méthodes de sélections pertinentes de ressources numériques dans une situation. Habituellement, les utilisateurs des systèmes d'information recherchent des ressources numériques afin d'atteindre des objectifs explicites ou implicites dans une situation. Ils souhaitent que ces informations soient adaptées à leurs caractéristiques et cohérentes à la situation dans laquelle ils se trouvent.

L'analyse des travaux existants dans la littérature montre que les moteurs de recherche de ressources numériques se fondent sur la qualité intrinsèque des ressources numériques et parfois sur le profil de l'utilisateur avec la requête qu'il exprime. L'élément manquant de cette littérature concerne la prise en compte réelle du contexte de l'utilisateur. Pour nous, la requête exprimée par l'utilisateur est certainement en lien avec des objectifs qu'il désire atteindre et des critères qu'il juge pertinents pour lui.

Nous avons proposé dans cette contribution une méthode et des algorithmes de pré-sélection de ressources numériques pour un utilisateur. Ces algorithmes tiennent compte des caractéristiques de l'utilisateur (ses préférences et son modèle d'interaction), des caractéristiques de la situation dans laquelle l'utilisateur se trouve et des données de son réseau social qui permettent de qualifier les ressources numériques. À travers cette contribution, nous avons proposé un algorithme de calcul de scores qui est une extension de l'algorithme de calcul de similarité **TF-IDF**.

Cette contribution a été expérimentée dans l'environnement PRISE et évaluée par les utilisateurs de l'environnement. Cette expérimentation a permis de prouver qu'un algorithme qui associe les

caractéristiques de l'utilisateur, les caractéristiques de la situation et les données du réseau social de ce dernier, permet de proposer des résultats pertinents qui répondent au mieux, aux besoins de l'utilisateur. Nous avons remarqué qu'il était important de bien représenter les résultats de recherche de sorte que l'utilisateur ait un choix éclairé. Nous avons proposé aux utilisateurs plusieurs modèles de représentations (en liste, dans un espace à deux dimensions, diagramme de Venn, *etc.*) des résultats de recherches de ressources numériques.

Enfin cette contribution a fait l'objet de deux publications dans deux conférences. La première publication [Sawadogo et al., 2015a] concerne le processus de pré-sélection des ressources numériques pertinentes dans une situation et la représentation adaptative de ces résultats. Elle a été publiée dans les actes de la conférence AIED 2015. La deuxième [Sawadogo et al., 2015b] concerne la représentation adaptative des résultats de recherche. Elle a été publiée dans les actes de la conférence EIAH 2015.

8.1.3 Modèle et mécanismes des ressources numériques adaptatives

La troisième contribution concerne la gestion adaptative des ressources numériques. Les utilisateurs récoltent plusieurs ressources numériques provenant de sources hétérogènes. La logique de conception de ces ressources est souvent différente de la logique d'usage voulue par l'utilisateur. Ainsi, chaque ressource numérique devrait s'adapter à la logique d'usage voulue par son utilisateur.

L'analyse de la littérature montre que la conception des ressources numériques est orientée vers l'accessibilité, l'interopérabilité, la réutilisation et le partage. La dimension adaptative des ressources numériques n'est pas encore bien établie. Cette adaptabilité est relative à deux niveaux : la sélection et l'utilisation, en un mot la gestion adaptative.

Dans cette contribution, nous avons proposé un modèle de ressources numériques adaptatives. Ce modèle intègre des opérateurs, des règles de manipulation qui permettent aux ressources numériques de s'adapter aux caractéristiques de leurs utilisateurs et aussi de pouvoir exécuter des fonctions internes de collaboration avec des services ou d'autres ressources.

Pour l'expérimentation, nous avons proposé dans l'environnement PRISE des mécanismes d'adaptation des ressources numériques. L'évaluation des utilisateurs a montré qu'ils sont plus intéressés par les fonctionnalités d'adaptation des ressources numériques. Ils préfèrent les ressources numériques qui s'adaptent à leurs caractéristiques, et qui utilisent des fonctions pour communiquer avec d'autres services.

Enfin, cette contribution à fait l'objet de trois publications. La première [Sawadogo et al., 2014a] discute du modèle de ressources numériques adaptatives et a été publiée dans les actes de la conférence CoDIT. La deuxième [Sawadogo et al., 2014e] concerne la connexion des ressources numériques pour un usage consolidé. Il s'agit de proposer la bonne configuration d'une ressource numérique en fonction des caractéristiques de l'utilisateur et des caractéristiques de sa situation. Elle a été publiée dans les actes de la conférence AETIE 2014. La troisième [Sawadogo et al., 2016] montre l'intérêt du modèle de ressources numériques adaptatives en termes d'interopérabilité, d'adaptabilité et de partage. Elle a été publiée dans le journal IJMO *(International Journal of Modeling and Optimization)*

8.1.4 Architecture logicielle : système de gestion adaptative et consolidée

Une quatrième contribution concerne l'architecture logicielle pour la conception d'un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Cette contribution a été validée à travers le prototype logiciel opérationnel de la plate-forme PRISE que nous avons mis en œuvre. À travers ce prototype, nous avons proposé les différents composants et les communications entre ces composants

qui permettent de concevoir une application de gestion adaptative de ressources numériques. Nous avons fait des choix architecturaux et des modèles de mise en œuvre de ces choix. Cette contribution a été validée à travers la robustesse et la performance du fonctionnement de l'environnement PRISE. Elle a fait l'objet d'une publication [Sawadogo et al., 2014d] qui présente l'architecture de l'environnement d'expérimentation.

8.2 Bilan

Les travaux réalisés ont permis de proposer une architecture d'un système personnalisé et collaborative de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Cette architecture intègre un modèle de représentation des données qui caractérise chaque utilisateur du système et un système à base de traces qui permet de maintenir ces données à jour. Elle intègre également des algorithmes et mécanismes pour assister l'utilisateur dans la sélection et l'utilisation de ressources numériques adaptatives dans une situation. Néanmoins, les contributions proposées présentent des limites que nous pouvons surpasser. Elles sont principalement dues à l'absence d'un système d'interprétation sémantique de haut niveau dans l'environnement. Il est nécessaire pour les environnements dont la vocation est d'assister les utilisateurs dans leurs tâches, d'intégrer un niveau de sémantique élevé afin d'améliorer le niveau d'interprétation des tâches, des actions, des caractéristiques et du comportement de ses utilisateurs par le système.

Une première limite est liée au passage à l'échelle et la performance des algorithmes développés dans ce contexte. Un algorithme doit être performant, efficace et rapide. Ces caractéristiques sont importantes pour juger de sa qualité et de la pertinence des résultats retournés. Même si un algorithme retourne de meilleurs résultats et que le temps d'attente de l'utilisateur est élevé, les critères d'évaluations seront faibles parce que les utilisateurs sont souvent impatients. Les algorithmes proposés n'ont pas été testés sur une base de ressources numériques très volumineuse (de plus de 10 000 ressources numériques). Les algorithmes que nous avons proposés ont une complexité linéaire indiquant que pour un nombre très élevé de ressources numériques, la performance et le temps de calcul n'est pas affecté. La qualité de l'architecture proposée et les choix technologiques adoptés dans l'expérimentation permettent de supporter un nombre très élevé de ressources numériques et d'optimiser les requêtes des utilisateurs pour une grande base de ressources numériques.

Une seconde limite est en rapport avec le nombre d'utilisateurs pour l'expérimentation de la plate-forme. Il se peut qu'une population plus élevée puisse influencer les résultats obtenus. Mais nous supposons que si pour n utilisateurs le résultat de l'évaluation est positif alors nous pouvons espérer que cette tendance soit maintenue pour $n + 1$ utilisateurs. Cette supposition est justifiée par les paramètres des algorithmes qui sont de complexités linéaires. L'architecture du système est *scalable* et les technologies choisies supportent un nombre très élevé d'utilisateurs et de traitements.

8.3 Perspectives

Les limites mentionnées ci-dessus ouvrent des perspectives pour les travaux futurs. Ainsi, travailler sur la gestion collective, la collaboration ou la connexion entre les ressources numériques disponibles dans l'environnement numérique des utilisateurs sera un point important dans la suite de nos travaux. Grâce au système à base de traces, il devrait être possible de reconstituer les trajectoires d'exploitation des ressources numériques et les connexions qui existent entre elles. Ces trajectoires permettront d'identifier des patrons ou des modèles de chemin pour la satisfaction des objectifs d'une situation. Ces modèles permettront d'améliorer l'expérience des utilisateurs du système en capitalisant les savoir-faire.

Plus l'activité des utilisateurs devient complexe, plus il faut des mécanismes avancés d'assistance à l'utilisateur dans l'environnement. Pour cela, le système devrait pouvoir anticiper les actions de l'utilisateur grâce à l'analyse de son profil. Il suffit pour nous, d'améliorer le système de gestion de traces afin de permettre au système de mieux comprendre l'utilisateur pour anticiper ses actions.

Pour assister l'utilisateur dans la gestion adaptative de ses ressources numériques, il doit être associé aux méthodes de calcul de sélection des ressources numériques. Les résultats de recherches doivent être transparents pour l'utilisateur. La transparence des résultats de recherche permet à l'utilisateur d'affiner les paramètres pouvant influencer ces résultats en les personnalisant. La perspective consiste à mettre à la disposition des utilisateurs, des outils pour rendre transparents les résultats de recherche et permettre à l'utilisateur de les influencer.

8.3.1 Optimisation du système de gestion des traces

La première perspective consiste à améliorer le système de gestion des traces sur les ressources numériques de l'utilisateur, ses collaborations et ses activités.

Exemple : ébauche d'une nouvelle ressource numérique

Par exemple, lorsqu'un chercheur dans l'environnement de PRISE a créé de nombreuses ressources numériques sur une thématique donnée, le système peut en analysant les conférences existantes sur cette thématique, proposer au chercheur de soumettre une publication à cette conférence. Cette proposition du système est accompagnée d'une ébauche de la publication, le système rassemble les fiches de lecture nécessaires à cette publication dans le modèle du format autorisé par la conférence. Quand le chercheur aura fini sa production, le système pourra exécuter des fonctions permettant la transmission de la publication à la conférence

Dans le but de réaliser cette perspective, le système de traces doit stocker et analyser les informations sur chaque ressource numérique. Il doit également créer des liens entre les ressources. Il doit analyser les activités de l'utilisateur pour déterminer son niveau d'évolution dans le système. Le système à base de traces permettra ainsi de déterminer les actions possibles à proposer à l'utilisateur en fonction de son évolution et des données collectées.

8.3.2 Connexion des ressources numériques

La deuxième perspective concerne la connexion des ressources numériques de l'environnement de l'utilisateur. Elle est liée à la première perspective. Cette perspective consiste à tracer les différentes trajectoires d'utilisation des ressources numériques, afin d'identifier le chemin le plus optimal permettant aux utilisateurs de réaliser leurs objectifs dans les situations. Les trajectoires des ressources sont analysées pour identifier les ressources numériques connexes auxquelles l'utilisateur n'avait pas pensé. Par exemple, lorsqu'un utilisateur utilise une ressource numérique, le système peut lui proposer une autre ressource complémentaire ou dépendant ou ayant une dépendance avec celle qu'il utilise. Cette connexion pourrait également permettre aux utilisateurs de collaborer dans la conception des ressources numériques.

8.3.3 Transparence des résultats et amélioration des critères

La dernière perspective concerne la transparence des résultats dans l'environnement. Lorsque le système pré-sélectionne des ressources numériques pour un utilisateur, il devrait explicitement notifier à l'utilisateur la manière dont ces ressources numériques ont été choisies (les paramètres utilisés) et les raisons pour lesquelles son score est plus élevé que les autres. Cette transparence permet à l'utilisateur de faire un choix éclairé et d'affiner également les critères. Pour cela, le système devrait offrir à l'utilisateur des outils lui permettant d'optimiser les critères de pré-sélection des ressources numériques. La transparence est un facteur permettant d'adapter les résultats de recherche aux spécificités de chaque utilisateur. Le système peut apprendre ces techniques de personnalisation voulue par l'utilisateur pour améliorer le fonctionnement des algorithmes et mécanismes de pré-sélection et d'adaptation.

Bibliographie

[360Learning, 2015] 360Learning (2015). Les LMS SCORM : prison invisible de l'entreprise digitale ? Technical report.

[ADL, 2009] ADL (2009). *SCORM 2004 4th Edition Run-Time Environment {RTE}*. Advanced Distributed Learning, scorm 2004 edition.

[Adnan et al., 2009] Adnan, S., Tahir, A., Basharat, A., and Cesare, S. d. (2009). Semantic agent oriented architecture for researcher profiling and association (semora). In *Proceedings of the 2009 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology - Volume 03*, WI-IAT '09, pages 559–562, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.

[Adomavicius and Kwon, 2007] Adomavicius, G. and Kwon, Y. (2007). New recommendation techniques for multicriteria rating systems. *IEEE Intelligent Systems*, 22(3) :48–55.

[Adomavicius et al., 2011] Adomavicius, G., Manouselis, N., and Kwon, Y. (2011). *Recommender Systems Handbook*, chapter Multi-Criteria Recommender Systems, pages 769–803. Springer US, Boston, MA.

[Ahn and Brusilovsky, 2009] Ahn, J.-w. and Brusilovsky, P. (2009). Adaptive visualization of search results : Bringing user models to visual analytics. *Information Visualization*, 8(3) :167–179.

[Ahn and Brusilovsky, 2010] Ahn, J.-w. and Brusilovsky, P. (2010). What you see is what you search : Adaptive visual search framework for the web. In *Proceedings of the 19th International Conference on World Wide Web*, WWW '10, pages 1049–1050, New York, NY, USA. ACM.

[Akiki et al., 2014] Akiki, P. A., Bandara, A. K., and Yu, Y. (2014). Adaptive model-driven user interface development systems. *ACM Computing Surveys*, 47(1) :1–33.

[Amiard et al., 2011] Amiard, a., Baczynski, C., Blanchet, C., De Brevern, a. G., Dorlanne-Messiaen, E., Grognard, E., Kisselova, G., Malpertuy, a., Menez Jamet, J., Racle, I., and Rouger, C. (2011). Le cahier de laboratoire électronique (CLE). *S.T.P. Pharma Pratiques*, 21(6) :475–503.

[Anderson, 2003] Anderson, T. (2003). Modes of interaction in distance education : Recent developments and research questions. *Handbook of distance education*, pages 129–144.

[Assad et al., 2007] Assad, M., Carmichael, D. J., Kay, J., and Kummerfeld, B. (2007). *Pervasive Computing : 5th International Conference, PERVASIVE 2007, Toronto, Canada, May 13-16, 2007. Proceedings*, chapter PersonisAD : Distributed, Active, Scrutable Model Framework for Context-Aware Services, pages 55–72. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

[Bachimont, 2004] Bachimont, B. (2004). *Arts et sciences du numérique : Ingénierie des connaissances et critique de la raison computationnelle*. Mémoire de HDR, Université de Technologie de Compiegne.

[Baldiris et al., 2009] Baldiris, S., Fabregat, R., Mejía, C., and Gómez, S. (2009). *Human-Computer Interaction. Interacting in Various Application Domains : 13th International Conference, HCI International 2009, San Diego, CA, USA, July 19-24, 2009, Proceedings, Part IV*, chapter Adaptation Decisions and Profiles Exchange among Open Learning Management Systems Based on Agent Negotiations and Machine Learning Techniques, pages 12–20. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

[Barker, 2005] Barker, P. (2005). What is ieee learning object metadata/ims learning resource metadata ? *Cetis standards briefings series*.

[Beaumont and By-nc, 2008] Beaumont, C. and By-nc, C. C. (2008). Center for open and sustainable Learning.

[Bergeron et al., 2011] Bergeron, F., Chaudron, S., Duval, E., Massart, D., Najjar, J., Paquette, G., Petrides, L., Putland, G., Ochoa, X., Shmueli, E., Assche, F. V., Yoo, J., and DeKoenigsbergns, G. (2011). GLOBE Metadata Application Profile Specification Document. (February).

[Berlanga et al., 2006] Berlanga, A. J., García, F. J., and Carabias, J. (2006). *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems : 4th International Conference, AH 2006, Dublin, Ireland, June 21-23, 2006. Proceedings*, chapter Authoring Adaptive Learning Designs Using IMS LD, pages 31–40. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

[Berners-Lee, 1994] Berners-Lee, T. (1994). Universal Resource Identifiers in WWW : A Unifying Syntax for the Expression of Names and Addresses of Objects on the Network as used in the World-Wide Web. *Network Working Group , Category : Informational, June 1994*.

[Berners-Lee et al., 1998] Berners-Lee, T., Fielding, R., Irvine, U. C., and Masinter, L. (1998). Uniform Resource Identifiers (URI) : Generic Syntax. *Rfc*, 2396 :40.

[Bethard et al., 2009] Bethard, S., Wetzer, P., Butcher, K., Martin, J. H., and Sumner, T. (2009). Automatically characterizing resource quality for educational digital libraries. In *Proceedings of the 9th ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries*, JCDL '09, pages 221–230, New York, NY, USA. ACM.

[Bostandjiev et al., 2012] Bostandjiev, S., O'Donovan, J., and Höllerer, T. (2012). Tasteweights : A visual interactive hybrid recommender system. In *Proceedings of the Sixth ACM Conference on Recommender Systems*, RecSys '12, pages 35–42, New York, NY, USA. ACM.

[Bouvier et al., 2014] Bouvier, P., Sehaba, K., and Lavoué, É. (2014). A trace-based approach to identifying users' engagement and qualifying their engaged-behaviours in interactive systems : application to a social game. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 24(5) :413–451.

[Boyer, 2011] Boyer, A. (2011). Les Universités Numériques Thématiques : Bilan. *STICEF*, pages 1–9.

[Brusilovsky,] Brusilovsky, P. Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 6(2) :87–129.

[Brusilovsky and Millán, 2007] Brusilovsky, P. and Millán, E. (2007). The adaptive web. chapter User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems, pages 3–53. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

[Brusilovsky et al., 2005] Brusilovsky, P., Sosnovsky, S., and Shcherbinina, O. (2005). *User Modeling 2005 : 10th International Conference, UM 2005, Edinburgh, Scotland, UK, July 24-29, 2005. Proceedings*, chapter User Modeling in a Distributed E-Learning Architecture, pages 387–391. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

[Cafolla and Cafolla, 2006] Cafolla, R. and Cafolla, R. (2006). Project MERLOT : Bringing Peer Review to Web-Based Educational Resources. *Journal of Technology and Teacher Education*, 14(2) :313–323.

[Calvary et al., 2004] Calvary, G., Demeure, A., Coutaz, J., and Dâassi, O. (2004). Adaptation des interfaces homme-machine à leur contexte d'usage : Plasticité des ihm. *Revue d'intelligence artificielle*, 18(4) :577–606.

[Camara et al., 2010] Camara, F., Calvary, G., Demumieux, R., and Ganneau, V. (2010). Premiers retours d'expérience sur l'utilisabilité et les usages de systèmes interactifs plastiques. *Journal d'Interaction Personne-Système*, 1 :1–37.

[Carmagnola et al., 2011] Carmagnola, F., Cena, F., and Gena, C. (2011). User model interoperability : a survey. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 21(3) :285–331.

[Carter and Lange, 2005] Carter, R. and Lange, M. (2005). Successful elearning strategies : interactive elearning for an interactive age. *Retrieved May*, 1 :2009.

[Casey and Krishnan, 1994] Casey, J. and Krishnan, M. R. (1994). A gopher url format.

[Cechinel et al., 2011] Cechinel, C., Sánchez-Alonso, S., and García-Barriocanal, E. (2011). Statistical profiles of highly-rated learning objects. *Computers and Education*, 57(1) :1255–1269.

[Cena and Furnari, 2012] Cena, F. and Furnari, R. (2012). Umis : A service for user model interoperability. *Advances in Internet of Things*, 2(4) :91–105.

[Chatti et al., 2010] Chatti, M. A., Agustiawan, M. R., Jarke, M., and Specht, M. (2010). Toward a Personal Learning Environment Framework. *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments*, 1(4) :66–85.

[Chen et al., 2014] Chen, Y.-C., Shang, R.-A., and Li, M.-J. (2014). The effects of perceived relevance of travel blogs' content on the behavioral intention to visit a tourist destination. *Computers in Human Behavior*, 30 :787–799.

[Chen et al.,] Chen, Z., Lin, F., Liu, H., Liu, Y., Ma, W.-Y., and Wenyin, L. User intention modeling in web applications using data mining. *World Wide Web*, 5(3) :181–191.

[Cheung et al., 2013] Cheung, S. K. S., Li, K. C., and Yuen, K. S. (2013). *Knowledge Sharing through Technology : 8th International Conference on Information and Communication Technology in Teaching and Learning, ICT 2013, Hong Kong, China, July 10-11, 2013, Revised Selected Papers*, chapter An Overview of Open Education Resources for Higher Education, pages 26–34. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

[CIGREF, 2000] CIGREF (2000). Gérer les connaissances : Défis, enjeux e conduite de projet. Technical report, CIGREF.

[Compagnon, 2014] Compagnon, A. (2014). Moocs et vaches à lait. *Le Débat*, 180(3) :170–178.

[Consortium et al., 2005] Consortium, I. G. L. et al. (2005). Ims eportfolio best practice and implementation guide. *Lake Mary, FL : IMS GLOBAL Learning Consortium*.

[Costagliola et al., 2006] Costagliola, G., Ferrucci, F., and Fuccella, V. (2006). Scorm run-time environment as a service. In *Proceedings of the 6th International Conference on Web Engineering*, ICWE '06, pages 103–110, New York, NY, USA. ACM.

[Cram et al., 2007] Cram, D. L., Jouvin, D. L., and Mille, A. L. (2007). Visualisation interactive de traces et réflexivité : application à l'EIAH collaboratif synchrone eMédiathèque. *Sticef 2007*, 14(Sticef) :1–33.

[Croxton, 2014] Croxton, R. A. (2014). The Role of Interactivity in Student Satisfaction and Persistence in Online Learning. *MERLOT Journal of Online Learning and Teaching*, 10(2) :314–325.

[Dang, 2013] Dang, K. D. (2013). *Aide à la réalisation de systèmes de pilotage de narration interactive : validation d 'un scénario basée sur un modèle en logique linèaire*. Thèse de doctorat, Université de La Rochelle.

[Daniel and Furlan, 2013] Daniel, F. and Furlan, A. (2013). The interactive api (iapi). In *ICWE Workshops*, pages 3–15.

[Davenport and Prusak, 1997] Davenport, T. H. and Prusak, L. (1997). *Information ecology : Mastering the information and knowledge environment*. Oxford University Press.

[David et al., 1997] David, B., Fasquel, P., et al. (1997). Qualité d'une base de données géographique : concepts et terminologie. In *Bulletin d'Information de l'IGN*, volume 67. IGN.

[De La Passardière and Jarraud, 2005] De La Passardière, B. and Jarraud, P. (2005). LOM et l'indexation de ressources scientifiques Vers de bonnes pratiques pour l'Université en Ligne. In *Actes de la conférence EIAH'2005*.

[Delmas, 2005] Delmas, G. (2005). *Pilotage de récits interactifs et mise en œuvre de formes narratives dans le contexte du jeu vidéo*. Thèse de doctorat, Université de La Rochelle.

[Denaux et al., 2004] Denaux, R., Dimitrova, V., and Aroyo, L. (2004). Interactive ontology-based user modeling for personalized learning content management. In *Proc. of AH'04 Semantic Web for E-Learning Workshop*, pages 338–347. Citeseer, SWEL'04.

[Denguir, 2007] Denguir, A. (2007). *Possibilistic framework for multicriteria and multi actors decision aiding : Application for marketing and benchmarking of e-commerce websites*. Thèse de doctorat, Université de Savoie.

[Devlin, 1995] Devlin, K. (1995). *Logic and information*. Cambridge University Press.

[DGME/SDAE-APROGED, 2006] DGME/SDAE-APROGED (2006). La maîtrise du cycle de vie du document numérique Présentation des concepts. Technical report.

[DGME/SDAE-APROGED, 2009] DGME/SDAE-APROGED (2009). Gestion des documents numeriques et de leur Contenu. Technical report, Direction Générale de la modernisation de l'Etat.

[Djamasbi and Strong, 2008] Djamasbi, S. and Strong, D. M. (2008). The effect of positive mood on intention to use computerized decision aids. *Information & Management*, 45(1) :43–51.

[Djouad, 2009] Djouad, T. (2009). *Ingénierie des indicateurs d'activités à partir de traces modélisées pour un Environnement Informatique d'Apprentissage Humain*. Thèse de doctorat, Université de Constantine.

[Dublin Core, 2012] Dublin Core (2012). Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1. http ://dublincore.org/documents/dces/. Consulté le 07-03-2014.

[Dubreuil, 2012] Dubreuil, B. (2012). Usages de Ressources Numériques - Rapport. Technical report, Académie d'Aix-Marseille.

[Duthil, 2012] Duthil, B. (2012). *De l'extraction des connaissances à la recommandation*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II.

[Duval, 2006] Duval, E. (2006). *Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning*, chapter LearnRank : Towards a real quality measure for learning, pages 457–463. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

[Duval et al., 2002] Duval, E., Hodgins, W., Sutton, S., and Weibel, S. L. (2002). Metadata principles and practicalities. *D-lib Magazine*, 8(4) :16.

[Ehlers and Pawlowski, 2006] Ehlers, U.-D. and Pawlowski, J. M. (2006). *Handbook on quality and standardisation in e-learning*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[Elastic, 2014] Elastic (2014). Lucene's Practical Scoring Function. http ://goo.gl/wIy5kw. Consulté le 15-10-2015.

[Elastic, 2015a] Elastic (2015a). Elastic vous révèle ce que vos données ont à dire (auparavant elasticsearch). https ://www.elastic.co/fr/. Consulté le 10-09-2015.

[Elastic, 2015b] Elastic (2015b). Pluggable Similarity Algorithms. http ://goo.gl/Eqz3Kg. Consulté le 03-02-2015.

[Fage, 2005] Fage, C. (2005). Vous avez dit « SCORM » ? *eLearning Agency*, pages 1–14.

[FlatWorldBuzz, 2015] FlatWorldBuzz (2015). Web 1.0 vs web 2.0 vs web 3.0 vs web 4.0 vs web 5.0 – a bird's eye on the evolution and definition | flat world business. https ://flatworldbusiness.wordpress.com/flat-education/previously/web-1-0-vs-web-2-0-vs-web-3-0-a-bird-eye-on-the-definition/. Consulté le 09-09-2015.

[Frias-Martinez et al., 2006a] Frias-Martinez, E., Chen, S. Y., and Liu, X. (2006a). Survey of data mining approaches to user modeling for adaptive hypermedia. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 36(6) :734–749.

[Frias-Martinez et al., 2009] Frias-Martinez, E., Chen, S. Y., and Liu, X. (2009). Evaluation of a personalized digital library based on cognitive styles : Adaptivity vs. adaptability. *International Journal of Information Management*, 29(1) :48–56.

[Frias-Martinez et al., 2006b] Frias-Martinez, E., Magoulas, G., Chen, S., and Macredie, R. (2006b). Automated user modeling for personalized digital libraries. *International Journal of Information Management*, 26(3) :234–248.

[Friesen and Kuskis, 2013] Friesen, N. and Kuskis, A. (2013). Modes of interaction. *Handbook of Distance Education,*, pages 351–371.

[Friesen et al., 2002] Friesen, N., Mason, J., and Ward, N. (2002). Building educational metadata application profiles. In *Proceedings of the International Conference on Dublin Core and Metadata for e-Communities*, pages 63–69. Firenze University Press.

[FUN, 2015] FUN (2015). Moteur des ressources pédagogiques numériques - france université numérique - FUN. http ://www.france-universite-numerique.fr/moteur-des-ressources-pedagogiques-numeriques.html. Consulté le 03-09-2015.

[Gabillon et al., 2007] Gabillon, Y., Calvary, G., and Fiorino, H. (2007). Composing interactive systems by planning. In *Proceedings of the 4th French-speaking Conference on Mobility and Ubiquity Computing*, UbiMob '08, pages 37–40, New York, NY, USA. ACM.

[Ganneau et al., 2007] Ganneau, V., Calvary, G., and Demumieux, R. (2007). Emma : Modèle utilisateur pour la plasticité des interfaces homme-machine en mobilité. In *Proceedings of the 4th French-speaking Conference on Mobility and Ubiquity Computing*, UbiMob '08, pages 1–8, New York, NY, USA. ACM.

[Gantz and Reinsel, 2012] Gantz, J. and Reinsel, D. (2012). The digital universe in 2020 : Big data, bigger digital shadows, and biggest growth in the far east. *IDC iView : IDC Analyze the Future*, 2007 :1–16.

[Gao, 2013] Gao, X. (2013). Business process management : 11th international conference, bpm 2013, beijing, china, august 26-30, 2013. proceedings. pages 4–9, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.

[García-Valdez et al., 2004] García-Valdez, J. M., Rodríguez-Díaz, A., Castañón Puga, M., and Cristóbal-Salas, A. (2004). Adaptive Learning Objects. In *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence ICAI04*, volume 4, pages 21–24.

[Gardoni et al., 2005] Gardoni, M., Frank, C., and Vernadat, F. (2005). Knowledge capitalisation based on textual and graphical semi-structured and non-structured information : case study in an industrial research centre at EADS. *Computers in Industry*, 56(1) :55–69.

[Gauch et al., 2007] Gauch, S., Speretta, M., Chandramouli, A., and Micarelli, A. (2007). *The Adaptive Web : Methods and Strategies of Web Personalization*, chapter User Profiles for Personalized Information Access, pages 54–89. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

[Gligor-Calin, 2008] Gligor-Calin, L. (2008). *Observer un Environnement Numérique de Travail pour réguler les activités qui s'y déroulent*. Thèse de doctorat, Université Technique de Cluj-Napoca(Roumanie) et Université de Savoie(France).

[GLOBAL, 2001] GLOBAL, I. (2001). IMS learner information best practices and implementation guide | IMS global learning consortium. http ://www.imsglobal.org/profiles/lipbest01.html. Consulté le 21-10-2015.

[GLOBAL, 2015] GLOBAL, I. (2015). IMS learner information packaging information model specification | IMS global learning consortium. http ://www.imsglobal.org/profiles/lipinfo01.html. Consulté le 21-10-2015.

[GLOBAL, 2015] GLOBAL, I. (2015). IMS reusable definition of competency or educational objective - information model. http ://www.imsglobal.org. Consulté le 02-09-2015.

[GLOBE, 2015] GLOBE (2015). GLOBE | connecting the world and unlocking the deep web. http ://globe-info.org/. Consulté le 02-09-2015.

[Gonçalves et al., 2007] Gonçalves, M. A., Moreira, B. L., Fox, E. a., and Watson, L. T. (2007). "What is a good digital library ?" - A quality model for digital libraries. *Information Processing and Management*, 43(5) :1416–1437.

[Gou et al., 2011] Gou, L., You, F., Guo, J., Wu, L., and Zhang, X. L. (2011). Sfviz : Interest-based friends exploration and recommendation in social networks. In *Proceedings of the 2011 Visual Information Communication - International Symposium*, VINCI '11, pages 1–15, New York, NY, USA. ACM.

[Grandbastien and Monceaux, 2008] Grandbastien, M. and Monceaux, A. (2008). Les ontologies du prototype LUISA, une architecture fondée sur des Web Services Sémantiques pour les ressources de formation. *19es Journées Francophones dIngénierie des Connaissances IC 2008 Nancy France 2008*, (IC 2008) :61–72.

[Hill and Hannafin, 2001] Hill, J. R. and Hannafin, M. J. (2001). Teaching and learning in digital environments : The resurgence of resource-based learning. *Educational Technology Research and Development*, 49(3) :37–52.

[Ho, 2015] Ho, H. N. (2015). *Trace-Based Multi-Criteria Decision Making in Interactive Application for Adaptive Execution*. Thèse de doctorat, Université de La Rochelle.

[Holden and Westfall, 2007] Holden, J. T. and Westfall, P. J.-L. (2007). An instructional media selection guide for distance learning. *Online Submission*.

[Hudlicka, 2008] Hudlicka, E. (2008). What are we modeling when we model emotion ? In *AAAI Spring Symposium : Emotion, Personality, and Social Behavior*, pages 52–59.

[IDC, 2014] IDC (2014). The Digital Universe of Opportunities : Rich Data and Increasing Value of the Internet of Things. Technical Report April, IDC.

[IDPF, 2014] IDPF (2014). EPUB EDUPUB profile. http ://www.idpf.org/epub/profiles/edu/spec/. Consulté le 20-07-2014.

[IEEE LTSC, 2014] IEEE LTSC (2014). Ltsc public and private information for learners, http ://www.cen-ltso.net/main.aspx ?put=230. http ://www.cen-ltso.net/main.aspx ?put=230. Consulté le 01-02-2014.

[IFLA, 2012] IFLA (2012). Functional requirements for bibliographic records. Technical report, IFLA.

[IMS GLC, 2001] IMS GLC (2001). IMS Learner Information Packaging Information Model Specification. http ://www.imsglobal.org/profiles/lipinfo01.html. Consulté le 31-01-2014.

[IMS Global, 2014] IMS Global (2014). What is edupub. http ://www.imsglobal.org/edupub/WhatisEdupubBelfantiGylling.pdf. Consulté le 07-03-2014.

[Interactif, 2003] Interactif, B. (2003). Etude LCMS. eduscol.education.fr/chrgt/EtudeLCMS-20030526.doc ?

[ISO, 2015] ISO (2015). ISO 9000 quality management - ISO. http ://www.iso.org. Consulté le 23-09-2015.

[Jérôme et al., 2011] Jérôme, A., Nicolas, B., Laure Berti, E., Sylvie, G., Mathieu, R., and Fatiha, S. (2011). Qualité des données et des connaissances. In QDC, editor, *QDC - EvalECD*, page 87, Brest, France. QDC.

[JSON-LD, 2014] JSON-LD (2014). JSON-LD - JSON for Linking Data. http ://json-ld.org/. Consulté le 30-12-2014.

[Karampiperis and Sampson, 2005] Karampiperis, P. and Sampson, D. (2005). Adaptive Learning Resources Sequencing in Educational Hypermedia Systems. *Educational Technology & Society*, 8 :128–147.

[Keenoy et al., 2004] Keenoy, K., de Freitas, S., Levene, M., Jones, A., Brasher, A., Waycott, J., Kaszas, P., Turcsanyi-Szabo, M., and Montandon, L. (2004). Personalised trails and learner profiling within e-learning environments. *Personalised and Collaborative Trails of Digital and Non-Digital Learning Objects*, 22(4.1) :1–43.

[Kirkpatrick, 1996] Kirkpatrick, D. L. (1996). Techniques for evaluating training programs. *Classic writings on instructional technology*, 1(192) :119.

[Kiy et al., 2014] Kiy, A., Lucke, U., and Zoerner, D. (2014). An Adaptive Personal Learning Environment Architecture. *Architecture of Computing Systems–ARCS 2014*, pages 60–71.

[Kobsa, 2007] Kobsa, A. (2007). The adaptive web : Methods and strategies of web personalization. pages 136–154, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.

[Kobsa and Fink, 2006] Kobsa, A. and Fink, J. (2006). An ldap-based user modeling server and its evaluation. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 16(2) :129–169.

[Kumar et al., 2011] Kumar, S., Gankotiya, A. K., and Dutta, K. (2011). A comparative study of moodle with other e-learning systems. In *Electronics Computer Technology (ICECT), 2011 3rd International Conference on*, volume 5, pages 414–418. IEEE.

[Lainé-Cruzel, 2004] Lainé-Cruzel, S. (2004). Documents, ressources, données : les avatars de l'information numérique. *Information-Interaction-Intelligence*, 4 :105–120.

[Laroussi, 2012] Laroussi, M. (2012). Extension d'ims-lip pour supporter l'apprentissage pervasif extending ims-lip to support pervasif learning. *francetice*, 4.

[Lavalette et al., 1998] Lavalette, B. C., Danech-Pajouh, M., Tijus, C., and Urdapilleta, I. (1998). Modele de fonctionnement et modèle d'utilisateur d'un système d'information routiere : Les panneaux à messages variables. In *Ergonomie et informatique avancée. Colloque*, pages 151–159.

[Leacock et al., 2004] Leacock, T., Richards, G., and Nesbit, J. C. (2004). Teachers need simple, effective tools to evaluate learning objects : Enter eLera.net. In *Proceedings of the Seventh IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education (2004)*, pages 333–338. CATE 2014.

[Learning, 2009] Learning, A. D., editor (2009). *SCORM 2004 4th Edition Content Aggregation Model {CAM}*. Advanced Distributed Learning.

[Liris et al., 2007] Liris, L.-s. S., Liris, Y. P., Syscom, J.-c. M., Mille, A., Settouti, L., Prié, Y., and Marty, J. (2007). Vers des Systèmes à Base de Traces modélisées pour les EIAH. *Rapport de recherche RR-LIRIS-2007*, pages 1–30.

[LORNET, 2015] LORNET (2015). LORNET. http ://www.globe-info.org. consulté le 16-07-2015.

[LTSC, 2002] LTSC, I. (2002). IEEE P1484.2.1/D8, PAPI Learner — Core Features. Technical report, IEEE.

[Lv and Zhai, 2011] Lv, Y. and Zhai, C. (2011). Adaptive term frequency normalization for bm25. In *Proceedings of the 20th ACM International Conference on Information and Knowledge Management*, CIKM '11, pages 1985–1988, New York, NY, USA. ACM.

[Lynch, 1997] Lynch, C. (1997). Searching the internet. *Scientific American*, 276 :52–56.

[Marcia Lei Zeng, Maja Žumer, 2012] Marcia Lei Zeng, Maja Žumer, A. S. (2012). Fonctionnalités requises des données d ' autorité matière (FRSAD) Un modèle conceptuel. Technical report, FRSAD.

[Mark Richards, 2015] Mark Richards (2015). *Software Architecture Patterns*, volume 32. O'REILLY.

[Martins et al., 2013] Martins, C., Faria, L., Fernandes, M., Couto, P., Bastos, C., and Carrapatoso, E. (2013). *Intelligent and Adaptive Educational-Learning Systems : Achievements and Trends*, chapter PCMAT – Mathematics Collaborative Educational System, pages 183–212. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

[McCandless et al., 2010] McCandless, M., Hatcher, E., and Gospodnetic, O. (2010). *Lucene in Action, Second Edition : Covers Apache Lucene 3.0*. Manning Publications Co., Greenwich, CT, USA.

[McGreal et al., 2004] McGreal, R., Anderson, T., Babin, G., Downes, S., Friesen, N., Harrigan, K., Hatala, M., MacLeod, D., Mattson, M., Paquette, G., et al. (2004). Edusource : Canada's learning object repository network. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 1(3).

[Michel, 1969] Michel, F. (1969). *L'archéologie du savoir*. Gallimard.

[Mombrun et al., 2010] Mombrun, Y., Pauchet, A., Grilhères, B., and Canu, S. (2010). Collecte, analyse et évaluation d'informations en sources ouvertes. In *Atelier COTA des 21es Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances*, Nimes, France.

[Moore, 1989] Moore, M. G. (1989). Editorial : Three types of interaction. *American Journal of Distance Education*, 3(2) :1–7.

[Moustakas et al., 2010] Moustakas, K., Nikolaos, K., Dimitrios, T., Matthias, P., Michael, L., Yehya, M., Pradipta, B., and Volker, H. (2010). Accessible and Assistive ICT User Model Interoperability Requirements. Technical Report January, VERITAS.

[Nepal et al., 2012] Nepal, S., Sherchan, W., and Paris, C. (2012). Advances in user modeling : Umap 2011 workshops, girona, spain, july 11-15, 2011, revised selected papers. chapter Building Trust Communities Using Social Trust, pages 243–255. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

[Nepom, 2013] Nepom, J. (2013). Knerds on the board : What is adaptive learning ? http ://goo.gl/6zq1N4. Consulté le 20-07-2014.

[Nesbit et al., 2003a] Nesbit, J., Belfer, K., and Leacock, T. (2003a). *Learning Object Review Instrument (LORI)*.

[Nesbit et al., 2003b] Nesbit, J., Belfer, K., and Leacock, T. (2003b). Learning object review instrument (LORI) - User Manual. *E-learning research and assessment network*, pages 1–12.

[Nesbit et al., 2002] Nesbit, J., Belfer, K., and Vargo, J. (2002). A convergent participation model for evaluation of learning objects. *Canadian Journal of Learning and Technology/La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*, 28(3).

[Nesbit and Leacock, 2006] Nesbit, J. C. and Leacock, T. L. (2006). Web-Based Tools for Collaborative Evaluation of Learning Resources. *Systemics, Cybernetics and Informatics*, 3(5) :102–112.

[Nichols, 1997] Nichols, D. M. (1997). Implicit rating and filtering. In *Proceedings of the Fifth DELOS Workshop on Filtering and Collaborative Filtering*, pages 31–36. ERCIM, ERCIM.

[Nieters, 2012] Nieters, J. (2012). Defining an interaction model : The cornerstone of application design. http ://www.uxmatters.com/mt/archives/2012/01/defining-an-interaction-model-the-cornerstone-of-application-design.php. Consulté le 08-09-2015.

[Novasys, 2003] Novasys, I. (2003). *La description normalisée des ressources : vers un patrimoine éducatif - Normetic version 1.0*. Inc. Novasys.

[Oberle and Spyns, 2004] Oberle, D. and Spyns, P. (2004). *Handbook on Ontologies*, chapter The Knowledge Portal "OntoWeb", pages 499–516. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

[Ognjanovic et al., 2014] Ognjanovic, I., Sendelj, R., and Ljucovic, J. (2014). Analyses of op4l services for personalized recommendation of learning resources. In *Embedded Computing (MECO), 2014 3rd Mediterranean Conference on*, pages 289–293.

[OQLF, 2015] OQLF (2015). Le grand dictionnaire terminologique. http ://www.granddictionnaire.com. Consulté le 22-10-2015.

[Ouari, 2011] Ouari, S. (2011). *Adaptation à la volée de situations d'apprentissage modélisées conformément à un langage de modélisation pédagogique*. Thèse de doctorat, Université de Grenoble.

[Oubahssi and Grandbastien, 2006] Oubahssi, L. and Grandbastien, M. (2006). Intelligent tutoring systems : 8th international conference, its 2006, jhongli, taiwan, june 26-30, 2006. proceedings. pages 288–297, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.

[Oubahssi and Grandbastien, 2007] Oubahssi, L. and Grandbastien, M. (2007). Un modèle pour améliorer l'interopérabilité des données pédagogiques apprenant. In *3ième conférence en Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain - EIAH 2007*, pages 437–448, Lausane, Switzerland. INRP.

[Pappano, 2012] Pappano, L. (2012). The year of the mooc. *The New York Times*, 2(12) :1–7.

[Paquette et al., 2004] Paquette, G., Lundgren-Cayrol, K., Miara, A., and Guérette, L. (2004). The explor@ 2 learning object manager. *Online education using learning objects. London : Tourledge/Falmer*.

[Paramythis and Loidl-Reisinger, 2004] Paramythis, A. and Loidl-Reisinger, S. (2004). Adaptive learning environments and e-learning standards. *Electronic Journal on e-Learning Volume*, 2(1) :181–194.

[Parra et al., 2014] Parra, D., Brusilovsky, P., and Trattner, C. (2014). See what you want to see : Visual user-driven approach for hybrid recommendation. In *Proceedings of the 19th International Conference on Intelligent User Interfaces*, IUI '14, pages 235–240, New York, NY, USA. ACM.

[Pearl, 2014] Pearl, J. (2014). *Probabilistic reasoning in intelligent systems : networks of plausible inference*. Morgan Kaufmann.

[Pedauque, 2006] Pedauque, R. T. (2006). *Le Document à la lumière du numérique*. {C&F} éditions.

[Pernin, 2003] Pernin, J. (2003). Objets pédagogiques : unités d'apprentissage, activités ou ressources. *Revue" Sciences et Techniques Educatives", Hors series*, numéro special :179–210.

[PFIA, 2013] PFIA, A. (2013). SOS-DLWD 2013 Des sources Ouvertes au Web de Données. In PFIA, A., editor, *Atelier SOS-DLWD'2013*, page 116. Atelier PFIA, PFIA.

[Pham, 2013] Pham, P. T. (2013). *Architecture à base de situations pour le traitement des quiproquos dans l'exécution adaptative d'applications interactives*. Thèse de doctorat, Université de La Rochelle.

[Picard, 2011] Picard, F. (2011). *Contextualisation & Capture de Gestuelles Utilisateur Contributions à l'Adaptativité des Applications Interactives Scénarisées*. Thèse de doctorat, Université de La Rochelle.

[Pinon et al., 1997] Pinon, J., Calabretto, S., and Poullet, L. (1997). Document Semantic Model : an experiment with patient medical records. *ELPUB*.

[Plantié et al., 2008] Plantié, M., Roche, M., Dray, G., and Poncelet, P. (2008). Data warehousing and knowledge discovery : 10th international conference, dawak 2008 turin, italy, september 2-5, 2008 proceedings. chapter Is a Voting Approach Accurate for Opinion Mining ?, pages 413–422. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

[Poste, 2006] Poste, L. (2006). La maîtrise du cycle de vie du document numérique Présentation des concepts. Technical report, La Poste.

[Razmerita, 2008] Razmerita, L. (2008). Modeling behavior of users in adaptive and semantic-enhanced information systems : The role of a user ontology. In *A3H : Sixth international workshop on authoring of adaptive and adaptable hypermedia*, page 69.

[Razmerita et al., 2003] Razmerita, L., Angehrn, A. A., and Maedche, A. (2003). Ontology-based user modeling for knowledge management systems. In *User Modeling*, pages 213–217.

[Rey-López et al., 2009a] Rey-López, M., Díaz-Redondo, R. P., Fernández-Vilas, A., Pazos-Arias, J. J., García-Duque, J., Gil-Solla, A., and Ramos-Cabrer, M. (2009a). An extension to the ADL SCORM standard to support adaptivity : The t-learning case-study. *Computer Standards and Interfaces*, 31(2) :309–318.

[Rey-López et al., 2009b] Rey-López, M., Díaz-Redondo, R. P., Fernández-Vilas, A., Pazos-Arias, J. J., García-Duque, J., Gil-Solla, A., and Ramos-Cabrer, M. (2009b). An extension to the adl scorm standard to support adaptivity : The t-learning case-study. *Comput. Stand. Interfaces*, 31(2) :309–318.

[Rich, 1979] Rich, E. (1979). Building and exploiting user models. In *Proceedings of the 6th international joint conference on Artificial intelligence-Volume 2*, pages 720–722. Morgan Kaufmann Publishers Inc.

[Rich, 1989] Rich, E. (1989). *User Models in Dialog Systems*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

[Roose, 2008] Roose, P. (2008). *From reuse to adaptability*. Mémoire de HDR, University of Pau and Adour Country.

[Rowe et al., 2013] Rowe, M., Fernandez, M., and Alani, H. (2013). Modelling and analysis of user behaviour in online communities. *IEEE Computer Society Special Technical Community on Social Networking E-Letter*, 1(2).

[Saint-Réquier, 2012] Saint-Réquier, A. (2012). Sélection adaptative de Services de Recherche d'Information web par analyse du besoin et du comportement de l'utilisateur. *CORIA*, pages 395–400.

[Salaün, 2012] Salaün, J.-M. (2012). *Vu, lu, su Les architectes de l'information face à l'oligopole du Web*. La découverte, Paris.

[Sánchez and Lobo, 2009] Sánchez, N. d. L. and Lobo, T. P. (2009). LUISA - Learning Content Management System Using Innovative Semantic Web Services Architecture - Publishable Final Activity Report. Technical Report March 2008, ATOS Origin.

[Saracevic, 2007] Saracevic, T. (2007). Relevance : A review of the literature and a framework for thinking on the notion in information science. part iii : Behavior and effects of relevance. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(13) :2126–2144.

[Sawadogo et al., 2014a] Sawadogo, D., Champagnat, R., and Estraillier, P. (2014a). Adaptive digital resource modelling for interactive system. In *Control, Decision and Information Technologies (CoDIT), 2014 International Conference on*, pages 663–668. IEEE.

[Sawadogo et al., 2014b] Sawadogo, D., Champagnat, R., and Estraillier, P. (2014b). PRISE : Adaptive environment for consolidated management of digitals resources. In *Posters, Demos, Late-breaking Results and Workshop Proceedings of the 22nd Conference on User Modeling, Adaptation, and Personalization co-located with the 22nd Conference on User Modeling, Adaptation, and Personalization (UMAP2014), Aalborg, Denmark, July 7-11, 2014.*, pages 27–30.

[Sawadogo et al., 2014c] Sawadogo, D., Champagnat, R., and Estraillier, P. (2014c). User profile modelling for digital resource management systems. In *Proceedings of the International Workshop on Personalization Approaches in Learning Environments*, pages 16–23.

[Sawadogo et al., 2014d] Sawadogo, D., Champagnat, R., and Estraillier, P. (2014d). User profile modelling for digital resource management systems. In *Posters, Demos, Late-breaking Results and Workshop Proceedings of the 22nd Conference on User Modeling, Adaptation, and Personalization co-located with the 22nd Conference on User Modeling, Adaptation, and Personalization (UMAP2014), Aalborg, Denmark, July 7-11, 2014.*, pages 16–23.

[Sawadogo et al., 2016] Sawadogo, D., Champagnat, R., and Estraillier, P. (2016). Adaptive digital resource modeling as service provider and consumer. *International Journal of Modeling and Optimization*, 6(1) :15–21.

[Sawadogo et al., 2014e] Sawadogo, D., Champagnat, R., and Pascal, E. (2014e). Connected Digital Resource Management in Personal Learning Environment. In *Proceedings of International Conference on Advanced Educational Technology and Information Engineering (AETIE 2014)*.

[Sawadogo et al., 2015a] Sawadogo, D., Suire, C., Champagnat, R., and Estraillier, P. (2015a). *Artificial Intelligence in Education : 17th International Conference, AIED 2015, Madrid, Spain, June 22-26, 2015. Proceedings*, chapter Adaptive Representation of Digital Resources Search Results in Personal Learning Environment, pages 562–565. Springer International Publishing, Cham.

[Sawadogo et al., 2015b] Sawadogo, D., Suire, C., Champagnat, R., and Estraillier, P. (2015b). Représentation Adaptative de Résultats de Recherche de Ressources Numériques dans un Environnement Personnalisé d'Apprentissage. In *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Agadir, Morocco. ATIEF.

[Schell and Burns, 2002] Schell, G. P. and Burns, M. (2002). Merlot : A Repository of e-Learning Objects for Higher Education. *e-Service Journal*, 1(2) :53–64.

[Settouti et al., 2006] Settouti, L. S., Prié, Y., Mille, A., and Marty, J.-C. (2006). Systèmes à base de trace pour l'apprentissage humain. In *Colloque international TICE*.

[Sicilia et al., 2009] Sicilia, M. A., Sánchez-Alonso, S., García-Barriocanal, E., and Rodríguez-García, D. (2009). Exploring structural prestige in learning object repositories : Some insights from examining references in merlot. In *Intelligent Networking and Collaborative Systems, 2009. INCOS '09. International Conference on*, pages 212–218. IEEE.

[Siemens, 2013] Siemens, G. (2013). Massive Open Online Courses : Innovation in Education ? *Open Educational Resources : Innovation, Research and Pratice*, 1833 :5–16.

[Simon et al., 2004] Simon, B., Dolog, P., Miklós, Z., Olmedilla, D., and Sintek, M. (2004). Conceptualising smart spaces for learning. *Journal of Interactive Media in Education*, 2004(1).

[Simon et al., 2005] Simon, B., Massart, D., Van Assche, F., Ternier, S., Duval, E., Brantner, S., Olmedilla, D., and Miklós, Z. (2005). A simple query interface for interoperable learning repositories. *CEUR Workshop Proceedings*, 143.

[Siolas et al., 2013] Siolas, G., Caridakis, G., Mylonas, P., Kollias, S., and Stafylopatis, A. (2013). Context-aware user modeling and semantic interoperability in smart home environments. pages 27–32.

[SOS-DLWD, 2013] SOS-DLWD (2013). SOS-DLWD'2013. http ://weblab-project.org/workshop/sos-dlwd2013/. Consulté le 08-01-2016.

[Steiner et al., 2014] Steiner, C. M., Agosti, M., Sweetnam, M. S., Hillemann, E.-C., Orio, N., Ponchia, C., Hampson, C., Munnelly, G., Nussbaumer, A., Albert, D., and Conlan, O. (2014). Evaluating a digital humanities research environment : the cultura approach. *International Journal on Digital Libraries*, 15(1) :53–70.

[Tang et al., 2007] Tang, J., Zhang, D., and Yao, L. (2007). Social network extraction of academic researchers. In *Data Mining, 2007. ICDM 2007. Seventh IEEE International Conference on*, pages 292–301. IEEE.

[Tarpin-Bernard, 2006] Tarpin-Bernard, F. (2006). *Interaction homme-machine adaptative*. Thèse de doctorat, INSA de Lyon.

[Theodorakis, 2001] Theodorakis, M. (2001). *Contuextualization : An Abstraction Mechanism for Information Modeling*. Doctoral dissertation, University of Crete.

[Thevenin and Coutaz,] Thevenin, D. and Coutaz, J. Plasticity of user interfaces : Framework and research agenda. In *Proceedings of INTERACT'99*, volume 99, pages 110–117. IFP IOS Press.

[THINKING, 2015] THINKING, P. (2015). Home - platform thinking labs. http ://platformthinkinglabs.com/. Consulté le 06-10-2015.

[Trillaud, 2013] Trillaud, F. (2013). *Architecture pour le contrôle des interactions et le pilotage d'une application interactive multi-utilisateurs à éxecution adaptative : application à un environnement de FOAD"*. Thèse de doctorat, Université de La Rochelle.

[Trillaud et al., 2012] Trillaud, F., Pham, P. T., Rabah, M., Estraillier, P., and Malki, J. (2012). Online distant learning using situation-based scenarios. In *CSEDU 2012*, pages 313–316.

[Van Acker et al., 2013] Van Acker, F., van Buuren, H., Kreijns, K., and Vermeulen, M. (2013). *PERSPECTIVES ON OPEN AND DISTANCE LEARNING : Open Educational Resources : Innovation, Research and Practice*. Commonwealth of Learning.

[VanLehn, 1988] VanLehn, K. (1988). Student modeling. *Foundations of intelligent tutoring systems*, 55 :78.

[Vento, 2013] Vento, C. (2013). IMS Quarterly Briefing EDUPUB Proposed Approach to Analytics Data Feeds.

[Verbert et al., 2013] Verbert, K., Parra, D., Brusilovsky, P., and Duval, E. (2013). Visualizing recommendations to support exploration, transparency and controllability. In *Proceedings of the 2013 International Conference on Intelligent User Interfaces*, IUI '13, pages 351–362, New York, NY, USA. ACM.

[Viviani et al., 2010] Viviani, M., Bennani, N., and Egyed-Zsigmond, E. (2010). A survey on user modeling in multi-application environments. In *Advances in Human-Oriented and Personalized Mechanisms, Technologies and Services (CENTRIC), 2010 Third International Conference on*, pages 111–116. IEEE.

[Wagner, 1994] Wagner, E. D. (1994). In support of a functional definition of interaction. *American Journal of Distance Education*, 8(2) :6–29.

[Webb et al.,] Webb, G. I., Pazzani, M. J., and Billsus, D. Machine learning for user modeling. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11(1) :19–29.

[Wetzler et al., 2013] Wetzler, P., Bethard, S., Leary, H., Butcher, K., Bahreini, S. D., Zhao, J., Martin, J. H., and Sumner, T. (2013). Characterizing and predicting the multifaceted nature of quality in educational web resources. *ACM Trans. Interact. Intell. Syst.*, 3(3) :1–25.

[Wikidictionnaire, 2015] Wikidictionnaire (2015). consolidation — wiktionnaire. https ://fr.wiktionary.org/wiki/consolidation. Consulté le 27-11-2015.

[Wikipédia, 2013] Wikipédia (2013). Ressource du World Wide Web - Wikipédia. http ://fr.wikipedia.org/wiki/Ressource_du_World_Wide_Web. Consulté le 07-03-2013.

[Wikipedia, 2015] Wikipedia (2015). Consolidation — wikipédia. https ://fr.wikipedia.org/wiki/Consolidation. Consulté le 27-11-2015.

[Wiley and Edwards, 2002] Wiley, D. and Edwards, E. (2002). Online self-organizing social systems. *Quarterly Review of Distance Education*, 3(1) :33.

[Wu et al., 2008] Wu, H. C., Luk, R. W. P., Wong, K. F., and Kwok, K. L. (2008). Interpreting tf-idf term weights as making relevance decisions. *ACM Transactions on Information Systems*, 26(3) :1–37.

[Yen et al., 2010] Yen, N. Y., Shih, T. K., and Chao, L. R. (2010). Adaptive learning resources search mechanism. In *Proceedings of the Second ACM International Workshop on Multimedia Technologies for Distance Leaning*, MTDL '10, pages 7–12, New York, NY, USA. ACM.

[Zadeh, 1965] Zadeh, L. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 :338–353.

[Zhang and Ghorbani, 2007] Zhang, J. and Ghorbani, A. A. (2007). Gumsaws : A generic user modeling server for adaptive web systems. In *Communication Networks and Services Research, 2007. CNSR '07. Fifth Annual Conference on*, pages 117–124. IEEE.

Glossaire

Acteur	élément actif (humain ou automatisé) intervenant dans le système. De point de vue de l'application, un acteur peut être l'utilisateur de l'application. Du point de vue du système, un acteur est représenté par un agent logiciel (autonome ou non).
Adaptabilité	un système est appelé adaptatif s'il a la capacité de changer ses caractéristiques propres automatiquement selon les besoins et les tâches de l'utilisateur.
API	Application Programming Interface
Application	l'application désigne la partie logicielle visible de la part des utilisateurs. Elle regroupe les différentes interfaces d'entrée-sortie et d'interaction, et contient les traitements de la logique métier.
Cohérence	La cohérence est un indicateurs de qualité « social » puisqu'elle est une relation entre l'information portée par un objet numérique et le besoin d'information d'un acteur. Il dépend fortement de la connaissance de l'acteur, ses compétences, la tâche en cours, *etc.* etc.[Gonçalves et al., 2007]
Consolidation	**Wikidictionnaire :** La consolidation est une rassemblement de banques de données afin d'obtenir un fichier structuré, agrégeant l'information brute présente initialement avec le moins de perte d'informations possible [Wikidictionnaire, 2015]. **Wikipédia :** La consolidation est le regroupement cohérent de données, et concerne généralement des données organisées logiquement ou liées entre elles[Wikipedia, 2015]. **Notre définition :** la consolidation est la connexion de plusieurs ressources numériques dans une situation pour permettre à l'utilisateur de mieux atteindre l'objectif de cette situation.
Contenu numérique	Un contenu numérique est un ensemble de données représentant les informations utiles sur un support évolutif [Poste, 2006].
Contexte	Le contexte est l'information utilisé pour décrire la situation d'une entité. Une entité est une personne, une place, ou un objet qui est considéré pertinent dans l'interaction entre un utilisateur et une application, incluant la localisation, le temps, les activités et les préférences de chaque entité [Siolas et al., 2013].
Document numérique	Un document numérique est un ensemble de données organisées selon une structure stable associée à des règles de mise en forme permettant une lisibilité partagée entre son concepteur et ses lecteurs [Pedauque, 2006]
Données numériques	Les **données** sont des informations stockées sous forme numérique, considérées indépendamment de tout contexte de production et d'interprétation [Lainé-Cruzel, 2004].
E-learning	electronic learning : Le e-learning est, selon la définition de la Commission Européenne, l'« utilisation des nouvelles technologies multimédias et de l'Internet pour améliorer la qualité de l'apprentissage

	en facilitant l'accès à des ressources et des services, ainsi que les échanges et la collaboration à distance ». Cela suppose donc l'utilisation d'outils électroniques, informatiques, pour se former.
EDUPUB	EPUB for Education
EIAH	Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain
ELK	Elasticsearch, Logstash et Kibana
EPUB	Electronique PUBlication
GACRN	Gestion Adaptative et Consolidée de Ressources Numériques
Gestion adaptative	La gestion adaptative est la capacité d'un système à offrir un environnement de conception, d'organisation et d'utilisation des ressources numériques pour que le système offre à chaque utilisateur une configuration des ressources numériques qui respectent ses caractéristiques et le contexte de son activité.
Gestion consolidée	La gestion consolidée de ressources numériques est définie comme l'organisation cohérente de ressources numériques permettant à son propriétaire une sélection pertinente et une utilisation adaptée à la réalisation d'une activité.
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IEEE-LOM	IEEE Learning Object Metadata
IHM	Interface Homme Machine
IMS-LD	IMS Learning Design
IMS-LIP	IMS Learner Information Package
IMS-LIP	IMS Learner Information Packaging
Indicateur	Un indicateur est une variable au sens mathématique à laquelle est attribuée une série de caractéristiques. Les valeurs de l'indicateur peuvent prendre des formes numériques, alphanumériques ou même graphiques. La valeur possède un statut, c'est-à-dire qu'elle peut être brute (sans unité définie), calibrée ou interprétée [Djouad, 2009].
Information numérique	Association significative de données portées sur un support selon un code prédéfini [DGME/SDAE-APROGED, 2006].
Interaction	Une interaction est ensemble d'*« **Événements réciproques qui nécessitent au moins deux objets et deux actions. Une interaction se produit lorsque ces deux objets et leurs événements s'influencent mutuellement.** »* [Wagner, 1994]
JSON	JavaScript Object Notation
JSON-LD	JavaScript Object Notation for Linked Data
L3I	Laboratoire Informatique, Image et Interaction
LMS	Learning Management System ou système de gestion de l'apprentissage désigne une plate-forme pour la formation ouverte et à distance. Il s'agit d'un logiciel qui fournit aux trois principaux utilisateurs – formateur, apprenant, administrateur - un dispositif qui a pour premières finalités la mise à disposition, la consultation à distance de contenus pédagogiques, l'individualisation de l'apprentissage et le tutorat.

Modèle de l'utilisateur	Un modèle d'utilisateur est un ensemble de caractéristiques de l'utilisateur nécessaires pour décrire l'utilisateur d'un système. Les caractéristiques sont représentées en tant que variables. Le modèle de l'utilisateur est établi par la déclaration de ces variables. Il est formellement décrit dans un format lisible par machine et lisible par l'homme. Une instanciation du modèle d'utilisateur est un profil d'utilisateur [Moustakas et al., 2010].
MOOC	Massive Open Online Courses
Métadonnées	Donnée qui renseigne sur la nature de certaines autres données et qui permet ainsi leur utilisation pertinente [OQLF, 2015].
Observable	La notion d'observable répond à la nécessité de disposer de points d'observation sur la situation et les différents éléments qui la composent [Ouari, 2011]
Observé	Un observé est une unité interactionnelle qui compose la trace. Il contient tous les éléments de contexte de l'action effectuée qu'il représente : l'acteur qui la réalise, le type d'action réalisée, le ou les entités impactées, etc. [Cram et al., 2007]
OER	Open Education Resource
Pertinence	Une ressource numérique est pertinente [Saracevic, 2007] dans le contexte de l'expression d'un besoin d'information (une requête) ou des intérêts (le profil) ou un service (la recherche, la recommandation). Le rôle d'un service de satisfaction de l'information est de fournir des moyens pour trouver l'information la plus pertinente pour l'utilisateur, qui dans le cas des gestionnaire de ressources numériques, est réalisée par des ressources numériques et leurs métadonnées. La pertinence d'une ressource numérique à une requête est une fonction d'indicateur de Pertinence(rn, q) défini comme suit : 1, si rn est jugé pertinent rapport avec q ; 0, autrement. [Gonçalves et al., 2007]
PLE	Personal Learning Environment
Postconditions	Ensemble de conditions devant être validées à la fin d'une situation. Elle peuvent être perçues comme les résultats attendus ou obtenus de la situation et impliquent les modifications de l'état des participants après la situation
PRISE	PeRsonal Interactive research Smart Environment
Profil d'application	un profil d'application est un ensemble d'éléments choisis parmi un ou plusieurs schémas de métadonnées et combinés dans un schéma composite. Son objet est d'adapter des schémas existants pour constituer un ensemble taillé à la mesure des exigences fonctionnelles d'une application particulière, tout en restant interopérable avec les schémas d'origine [Duval et al., 2002].
Profil de l'utilisateur	Le profil d'utilisateur se réfère à une instance d'un modèle d'utilisateur représentant un utilisateur spécifique lisible par machine [Moustakas et al., 2010].
Préconditions	Ensemble de conditions devant être vérifiées avant l'entrée dans une situation

QCM	Questionnaire à Choix Multiple
Qualité	la norme ISO 9000 définit la qualité comme étant « L'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou d'un service qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites » (ISO9000, 2000)
RBLE	Resource-Based Learning Environment
Ressource adaptative	Une ressource numérique adaptative est une ressource numérique intégrant des règles de manipulation, des opérateurs associés et des fonctions automatisées qui s'exécutent suivant le contexte d'usage et de l'utilisateur. Ce composant fait l'objet d'une définition validée en termes de qualité.
Ressource numérique	Nous définissons une ressource numérique comme un composant structuré contenant des documents avec une **intention d'usage (l'intention d'usage est décrite par des métadonnées d'usage)**.
REST	Representational State Transfer
RLO	Reusable Learning Object – objet d'apprentissage réutilisable : Unité d'apprentissage numérique qui peut être transférer à diverses infrastructures ou mécanismes d'exécution, habituellement sans modifications.
RN	Ressource Numérique
RPC	Remote Procedure Call
RTE	Runtime Environment
SCORM	Sharable Content Object Reference Metadata : Le standard SCORM est une initiative de l'ADL (Advanced Distributed Learning : Apprentissage Distribué Avancé) qui laisse la possibilité de pouvoir réutiliser les composants des objets d'apprentissage dans des applications et environnements multiples, sans avoir à se soucier des outils utilisés pour les créer. Ceci implique, entre autres choses, que le contenu soit séparé des contraintes liées au contexte et aux spécificités du logiciel d'exécution de telle sorte qu'il puisse être inclus dans d'autres applications. Le standard SCORM est la réponse apportée par l'ADL à la demande d'interopérabilité entre les contenus d'apprentissage et les plate-formes de formation.
Scénario	Ensemble de situation
SGRN	Système de Gestion de Ressources Numériques
Situation	Une « situation » est un composant du système ou des acteurs interagissent en utilisant des ressources locales dans un contexte spécifique pour réaliser un ou plusieurs objectifs communs[Ho, 2015]
SQL	Structured Query Language
Système à base de trace	Un SBT est un système informatique permettant et facilitant l'exploitation des traces[Settouti et al., 2006].
TF-IDF	Term Frequency - Inverse Document Frequency

Trace	Collection d'observés temporellement situés où un observé dénote toute information structurée issue de l'observation d'une interaction, d'un événement ou d'un action survenu(e) dans le système ou dans l'application [Liris et al., 2007].
UX	User eXperience : Expérience Utilisateur

A

Annexes

Sommaire :

Annexe 1 Application scénarisée à base de situations

Annexe 2 Formulaire d'évaluation de la plate-forme PRISE

Annexe 3 Manuel d'utilisation PRISE

Annexe 4 Système à base de traces dans PRISE

Annexe 5 Profil d'application du IEEE-LOM pour les ressources numériques de la recherche

Annexe 6 Extension IMS-LIP pour système de gestion de ressources numériques

Annexe 7 Étude de cas : environnement numérique du chercheur

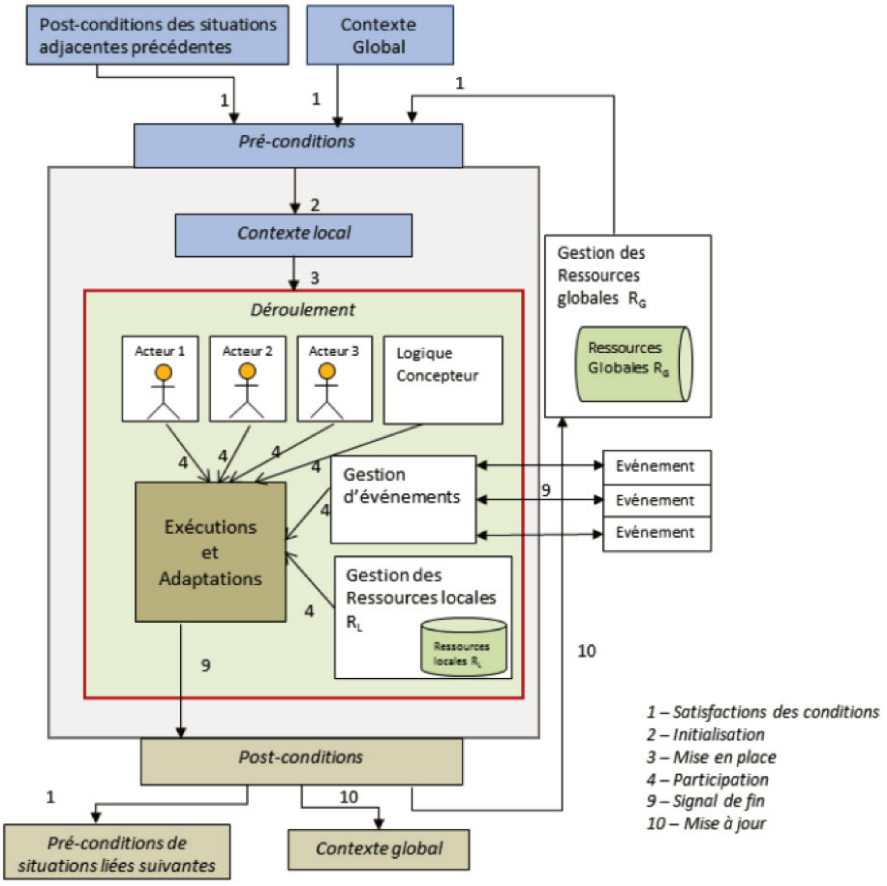


Figure A.1 – Une situation

A.1 Annexe 1 : application scénarisée à base de situations

L'exécution d'une application interactive peut être vue comme une suite d'actions et d'événements réalisés par les utilisateurs et le système. L'exécution adaptative dans une application interactive permet d'adapter les comportements en fonction du contexte et des objectifs à atteindre. En effet, au cours de l'exécution de l'application, la logique de l'utilisateur peut être différente de la logique du concepteur, car il existe souvent plusieurs façons d'atteindre les objectifs définis dans une activité. Les différentes façons d'atteindre ces objectifs ne sont pas toujours optimales. En fonction des caractéristiques de chaque utilisateur et des caractéristiques de chaque activité, une façon peut être optimale dans un contexte avec un utilisateur donné et non-optimale dans un autre contexte avec un autre utilisateur. Il est donc nécessaire de gérer l'adaptation pendant l'exécution d'une application interactive.

La scénarisation d'une application interactive a généralement déjà des structures scénarisées. Pourtant, ces structures ne sont pas suffisantes pour structurer les scénarios complexes et libres au sens que les interactions ou les actions sont imprévisibles. En plus, elles ne sont pas conçues pour supporter la gestion de cohérence ainsi que l'adaptation à l'intérieur de l'application. Dans notre contexte spécifique, nous cherchons une structure qui permet de piloter facilement le scénario de l'application et de faciliter l'adaptation tout au long de l'exécution. Cette structure devra tenir compte des acteurs, du système et de la gestion de cohérence de l'application. Pour

cette raison, nous proposons une nouvelle définition qui considère la situation comme un gabarit d'interaction qui fait évoluer l'exécution de l'application. La notion de situation est présentée et détaillée par **Pham** dans [Pham, 2013] et [Trillaud et al., 2012].

La Figure A.1 est une illustration des éléments d'une situation. Une situation est un composant où les acteurs interagissent en utilisant des ressources locales dans un contexte précis pour atteindre un ou plusieurs objectifs. À côté des données internes, il existe aussi des données externes venant de différentes sources telles que les variables globales du système d'information, les ressources physiques, *etc.* Il faut gérer toutes ces informations pour bien utiliser dans la représentation d'une situation. Nous n'abordons que la situation élémentaire (les travaux de **Pham** introduisent les structures de situations composées). Ce point de vue n'est finalement pas restrictif dans la mesure où les situations composées sont constituées de regroupements de situations élémentaires. Nous considérons que l'exécution d'une application interactive produit une séquence de situations élémentaires réalisées liée à la dynamique de l'exécution de la situation. Une pré-condition est un ensemble de conditions devant être vérifiées afin de commencer une nouvelle situation. Ce sont des valeurs pré-requises quand le système veut suivre la logique d'exécution du concepteur. Une pré-condition est constituée d'un ensemble de conditions basiques. Chacune porte une valeur qui permet de quantifier ou mesurer les états des participants contribuant dans cette situation ainsi que l'état du système. Une post-condition est le résultat attendu après avoir exécuté la situation. Elle représente les conditions de sortie d'une situation. Au cours de l'exécution de la situation, les états des participants ou du système changent effectivement. Lorsque les conditions sont vérifiées la sortie de la situation permet d'enregistrer tous les changements survenus au niveau des valeurs des états impliqués. La post-condition est organisée aussi en blocs indépendants de conditions basiques.

Nous proposons donc de structurer et de formuler le déroulement d'une application interactive adaptative en situations qui seront les briques de base permettant de décrire la trame scéna-

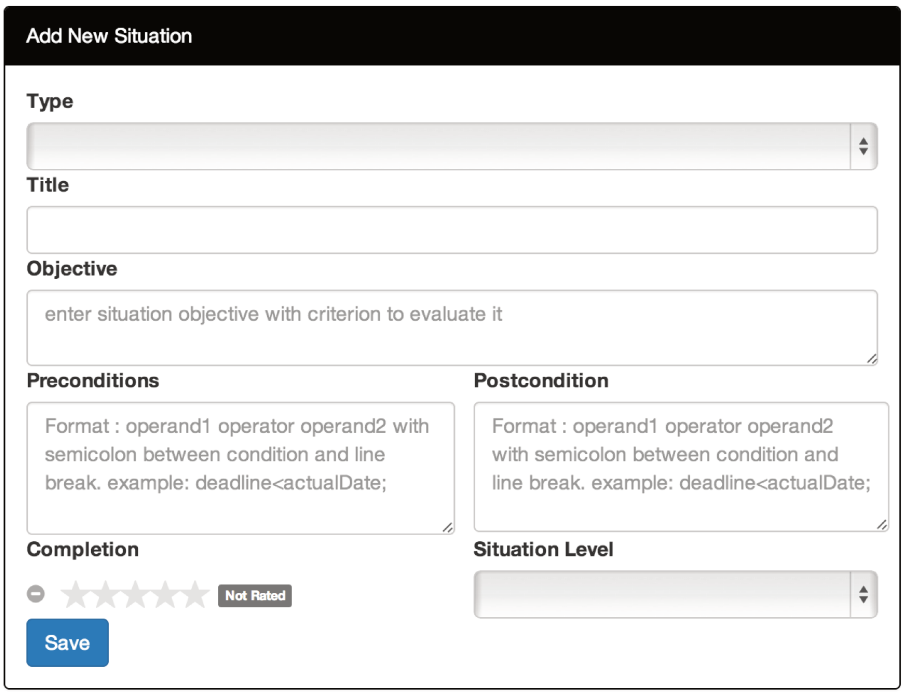


Figure A.2 – Le modèle de situation

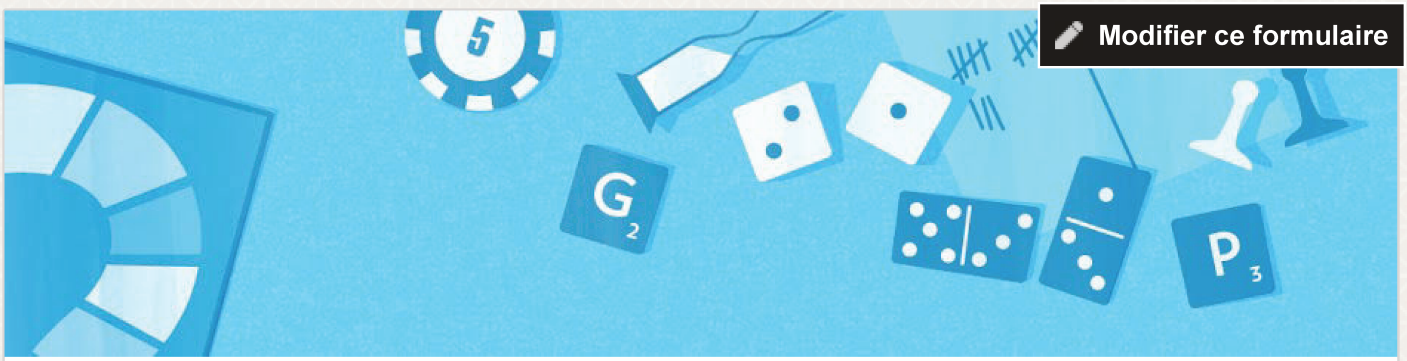
ristique de l'application. L'utilisateur d'une application interactive exécute et participe à des situations successives jusqu'à atteindre un objectif prédéfini par le concepteur. L'exécution d'une situation est subordonnée par la satisfaction de pré-conditions. À l'issue de son exécution, des post-conditions permettent de valider la sortie.

Les travaux de **Nam** [Ho, 2015] ont permit de proposer des solutions pour l'enchaînement des situations. La thèse de Nam propose des solutions pour sélectionner la meilleure situation en fonctions des critères de l'objectif à atteindre, du profil de l'utilisateur et des traces du système. Cette thèse a permis de répondre à la question suivante : lorsqu'un utilisateur sort d'une situation, quelle est la prochaine situation appropriée en fonction de l'état de l'utilisateur, de l'état du système et des objectifs à atteindre ?

Notre travail propose des mécanismes pour permettre à une utilisateur de sélectionner la ou les « meilleures » ressources numériques à utiliser pour atteindre l'objectif de la situation. Ainsi, la disponibilité des ressources numériques fait partir des critères qui participent à l'exécution adaptative du scénario. La figure A.2 présente un modèle de situation dans l'environnement de notre étude de cas pour le chercheur.

A.2 Annexe 2 : formulaire d'évaluation de PRISE

o



Modifier ce formulaire

Evaluation of Prise Platform

PRISE (PeRsonal Interactive research Smart Environment) is an environment for smart management of digital resources dedicated to scientific research. It aims to assist their users :

1) In their digital resource organization
2) In their digital resources selection for an activity
3) To propose some adaptation mechanisms of their digital resources
4) To share their digital resources.

Username (optional)

Position

Gender

Study Field

Years of experience in research

Your Experience in PRISE

0=Strongly disagree 1=Disagree 2=Slightly disagree 3=Slightly agree 4=Agree 5=Strongly agree

The functionalities provided by PRISE were useful

0 1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○ ○

The functionalities provided by PRISE were complete

0 1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○ ○

The functionalities provided by PRISE fulfilled my expectations

0 1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○ ○

PRISE supports very well digital resources management process

0 1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○ ○

In general, the functionalities support very well navigation processes

0 1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○ ○

PRISE supports very well digital resource querying (searching/ process)

0 1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○ ○

PRISE supports very well digital resource sharing process

0 1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○ ○

PRISE supports very well adaptive digital resource usage

0 1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○ ○

PRISE supports very well pertinent resource selection

0 1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○ ○

PRISE supports very well digital resource management

0 1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○ ○

What have you enjoyed the most in your experience using the PRISE Platform

What have you disliked in the PRISE Platform

General Evaluation of PRISE Platform

for this section evaluation range is : 1=Very poor; 2=Poor; 3=Acceptable; 4=Good; 5= Very Good

Functionalities provided

1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○

Interface design

1 2 3 4 5

Ergonomics

1 2 3 4 5

Friendliness

1 2 3 4 5

Usability

1 2 3 4 5

Help level

1 2 3 4 5

Response time

1 2 3 4 5

Effort to load data

1 2 3 4 5

Effort required to use the tool

1 2 3 4 5

What have you perceived as the main strengths and weaknesses of the different tools?

0=Strongly disagree 1=Disagree 2=Slightly disagree 3=Slightly agree 4=Agree 5=Strongly agree

Digital resources management

1 2 3 4 5

Situation management

1 2 3 4 5

Retrieve relevant digital resource in situation execution

1 2 3 4 5

Digital resource sharing

1 2 3 4 5

Digital resource graphical view in situation execution

1 2 3 4 5

Digital resource list view in situation execution

1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○

User Profile Model

1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○

Are you happy to disclose personal data in exchange of personalization, adaptation, and collaboration facilities?

1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○

Would you prefer to enter your data explicitly using the user profile editor or to be modeled implicitly through user modeling techniques (based on your activity in the system, e.g. based on your queries, based on your browsing behavior)?

1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○

Are you concerned with any privacy issues related to your personal data being available in the system? If yes, what particular aspects are you concerned with?

PRISE Platform - Adaptation effects and mechanisms

What kind of adaptations would you prefer to be included in a next generation of digital resources management Tools? (Check the feature that you would enjoy to be available, send a question if it's unclear for you daouda.sawadogo@univ-lr.fr)

Adaptation of content

- ☐ Filtering of content according to my interests and expertise;
- ☐ Adding optional/complementary detailed information
- ☐ Aggreating similar digital resource

- [ ] Fusioning/summarizing digital resource

Adaptation of the presentation

- [ ] Different type of format
- [ ] Adapting format of presentation according to my interaction level (static or dynamic)
- [ ] Different type of layout
- [ ] Adapting format of presentation according to my usage needs

Adaptation of the system

- [ ] Personalized view of the PRISE system and adapted functionality according to my preferences and my needs;

Adaptation of associated tools for the digital resource

- [ ] Adding a language translator
- [ ] Adding third party services for the digital resource (like Easychair(to send), ShareLatex (to write), HAL(to publish))

Which type of adaptations mechanism amongst the previous is the most important for you? If you have other ideas suggest other types of adaptation of digital resources and adaption in digital resources management system's coulld include:

Sharing Digital Resource - Social Network

What is the most important way to share digital resource for you?

- [ ] Through shared document repositories (databases, file systems, ontologies)
- [ ] Through informal ways to share digital resource (via your social network, via email, coffee-room)
- [ ] Through structured processes (for instance your department organize regular meetings)

Efficiency of the process

In your opinion, are these digital resource sharing processes adequate?

What is working well or not working well in these digital resource sharing processes? What are the actual barriers?

General conclusion about digital resource sharing as it is now

Does it work well? What are the really important digital resource sharing processes or the ones that do not work? How do you think they could be improved?

What would be the appropriate incentives for you to be active in a digital resource management system and to share your digital resources (a better recognition, promotion versus other types of incentives e.g. bonus, money, virtual rewards)?

Can you assess the value of using PRISE for groups or inter-groups communication?

- [ ] It enables modelling goodly the digital resource
- [ ] It enables connecting digital resource with people, other digital resource, etc.
- [ ] It helps people to gain visibility as it connects digital resource with the people who authored them or commented them.
- [ ] Other reasons

What type of notification of news (e.g. new digital resource available in your domain of interest, new events in PRISE) would you prefer?

- [ ] Character-based notification
- [ ] E-mail notification
- [ ] Pop-up windows

PRISE Platform - Future Perspective

Could you see yourself using a similar system in three years time?

What would be your recommendations for further development of the system?

If you had to focus some efforts on the design of the next generation digital resource management system, where would it be? Can you imagine another usage of adaptive system to support the digital resource management processes?

Envoyer

100 % : vous avez réussi.

N'envoyez jamais de mots de passe via Google Forms.

Fourni par Google Forms

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google.

Signaler un cas d'utilisation abusive - Conditions d'utilisation - Clauses additionnelles

A.3 Annexe 3 : manuel d'utilisation PRISE

PRISE PLATFORM MANUAL

1. LOGIN PAGE

When you enter http://prise.univ-lr.fr you get the first page of PRISE platform.

You could login if you have already an account or sign up to get an account.

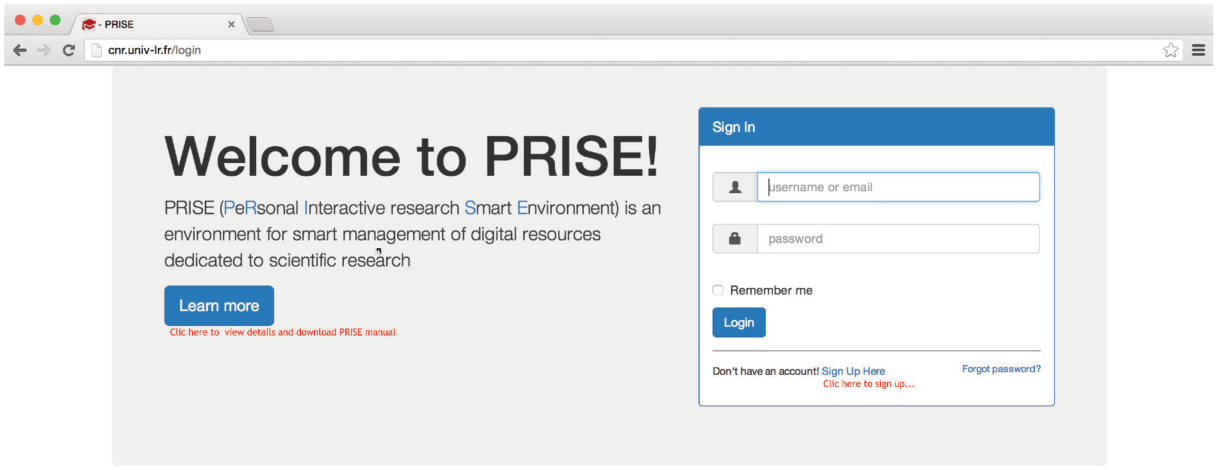


Figure 1: Login page

2. RESOURCE MANAGEMENT PAGE

After you successful login you could now manage your digital resource.

1) Create folder to classify you digital resource
2) Select the folder and add Fiche in your folder.
3) Fill your fiche information
    a. Biblio = Bibliographical information
    b. Summarize = your reading summary
    c. Review = your evaluation
    d. Comment = add comment in the fiche

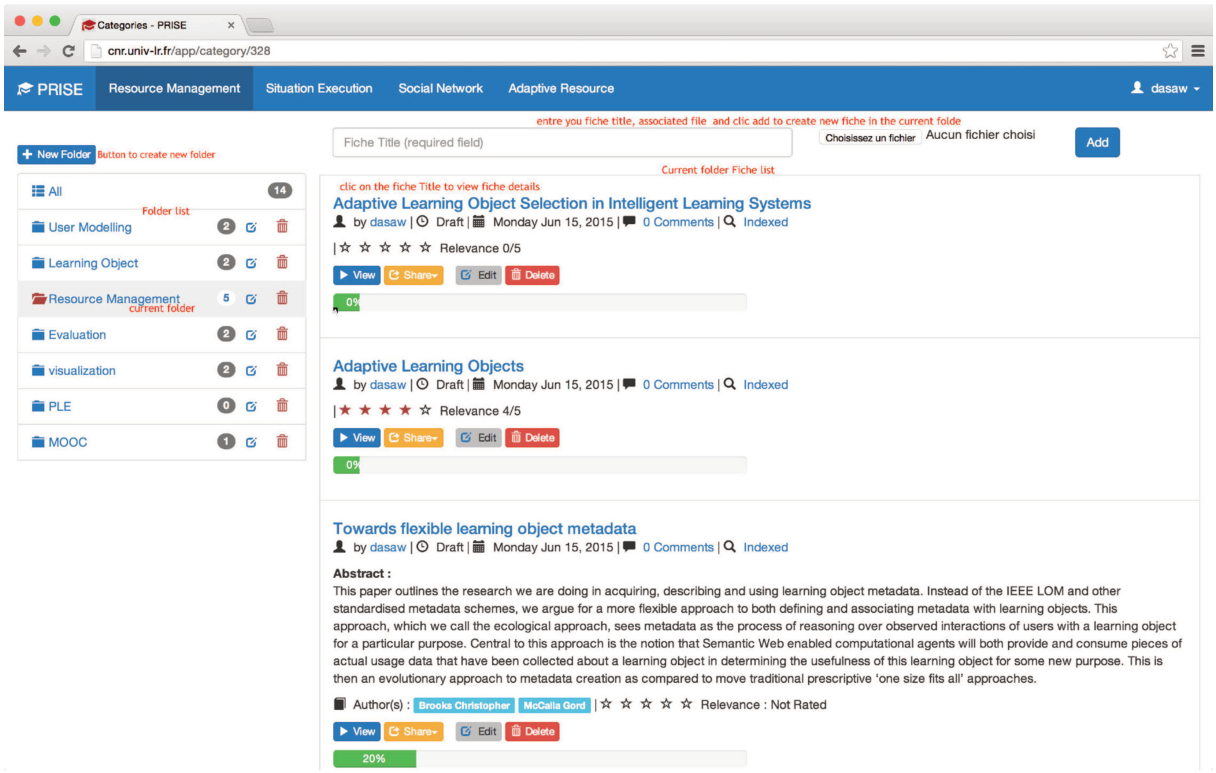


Figure 2: Resource Management page

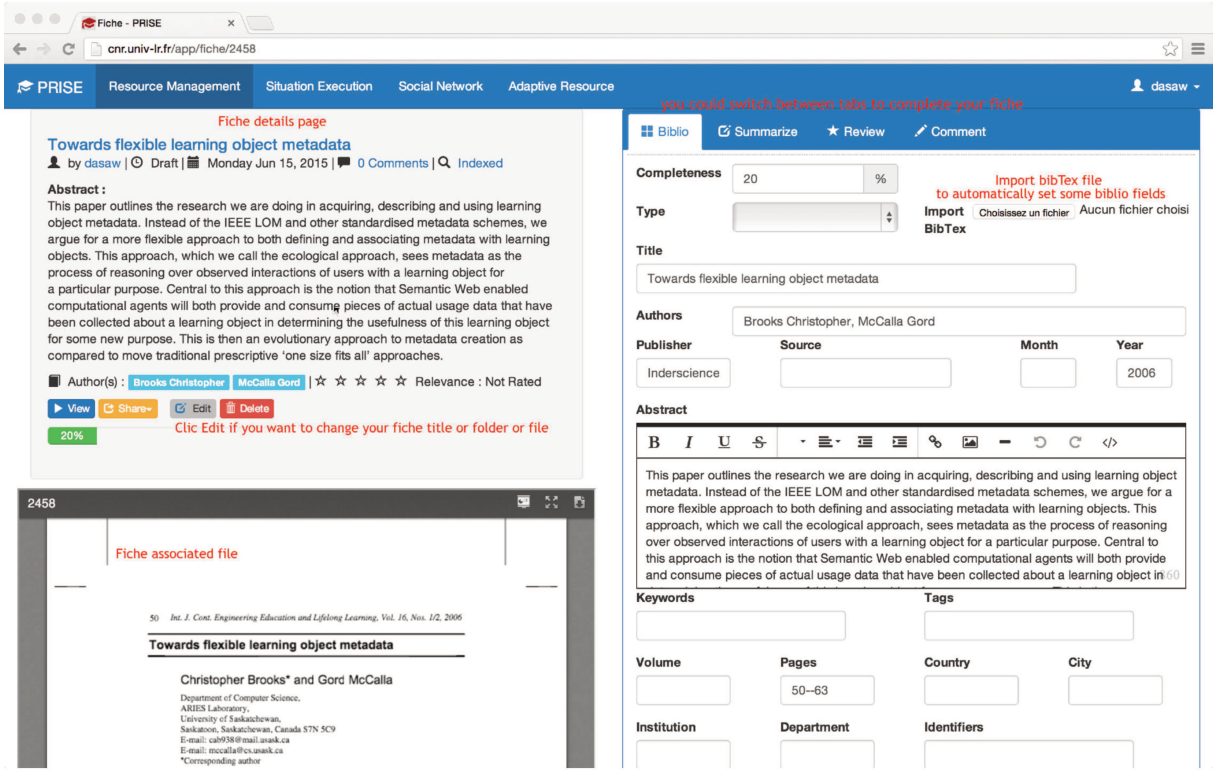


Figure 3: Fiche details page

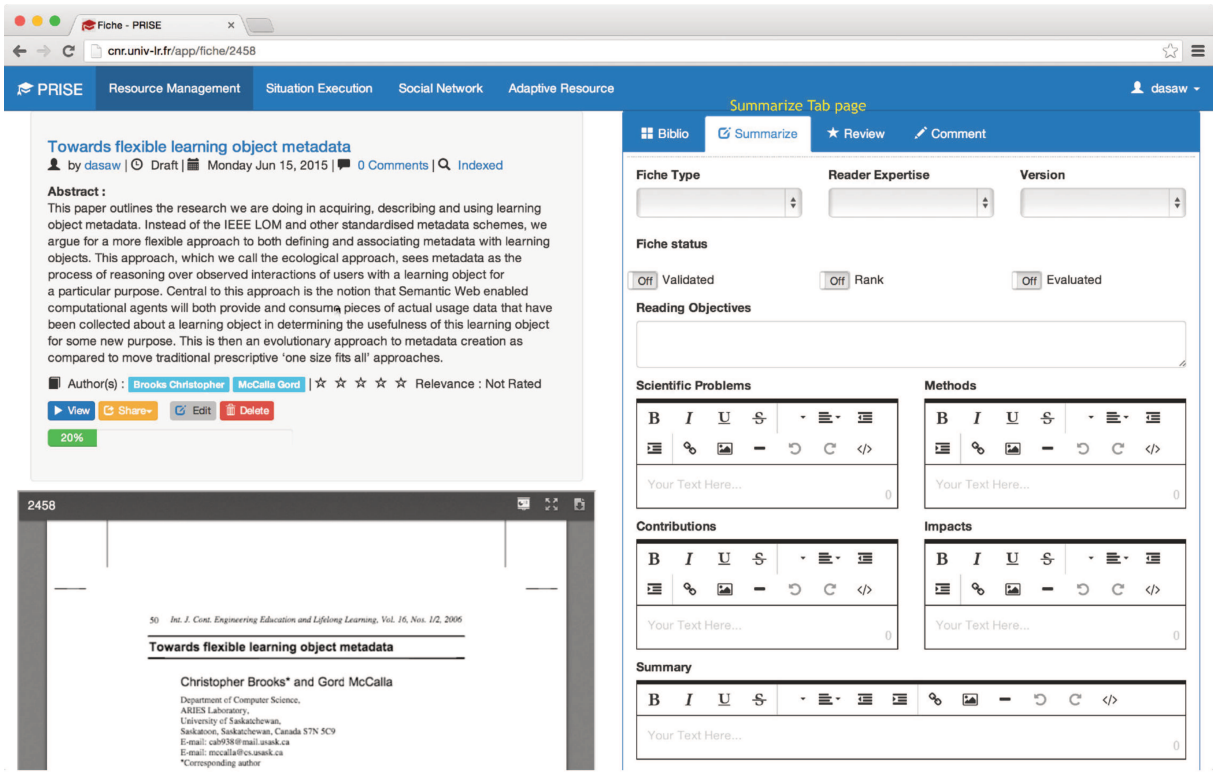


Figure 4: Summarize tab page

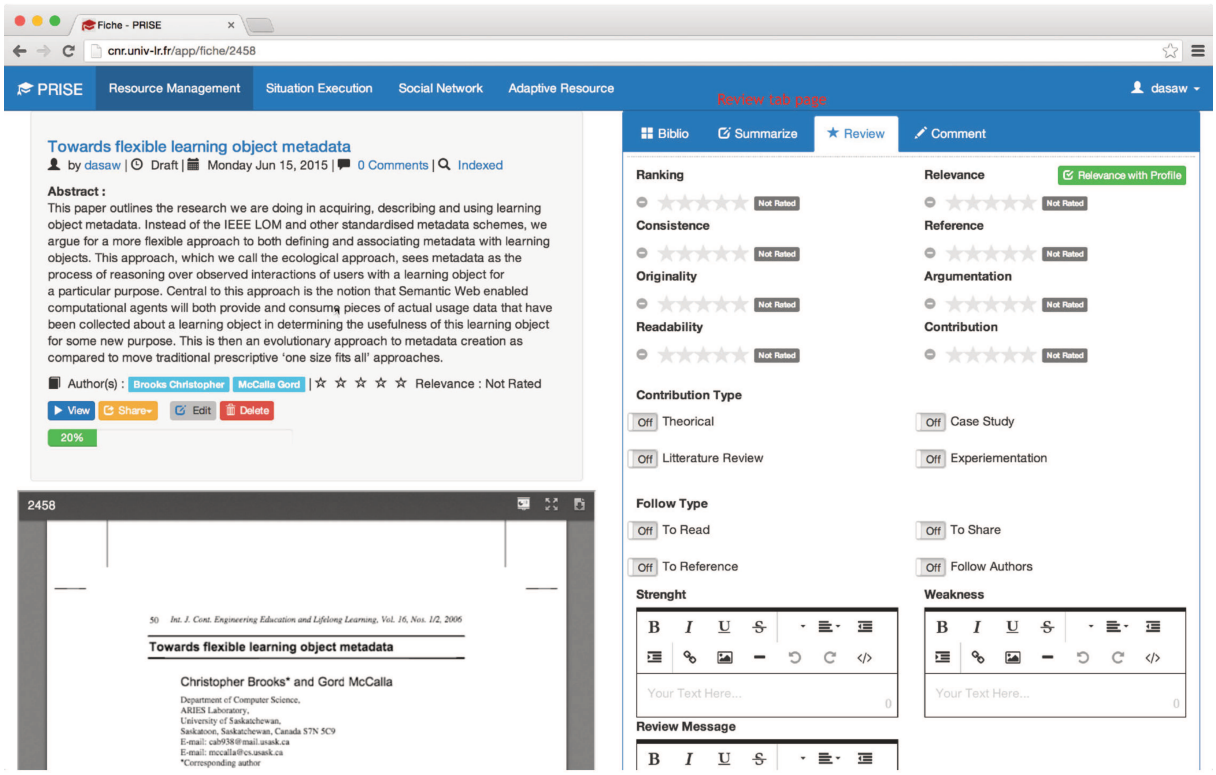


Figure 5: Review tab page

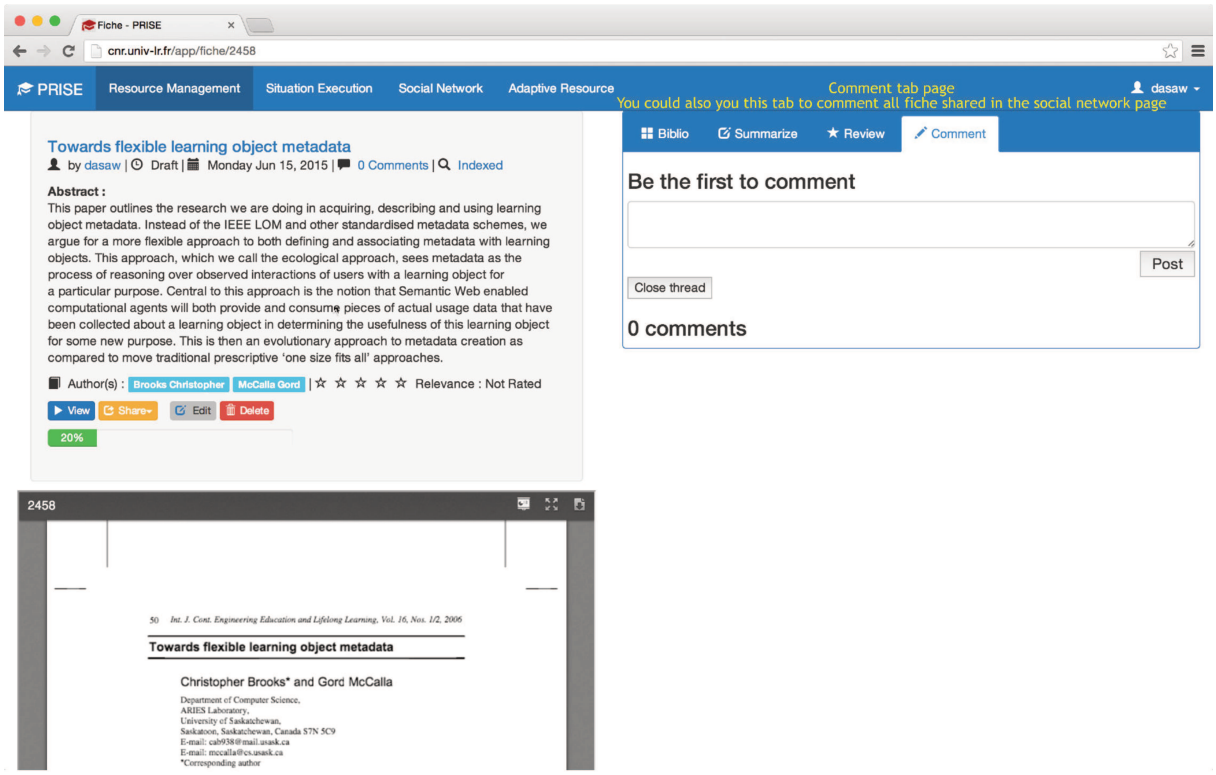


Figure 6: Comment tab page

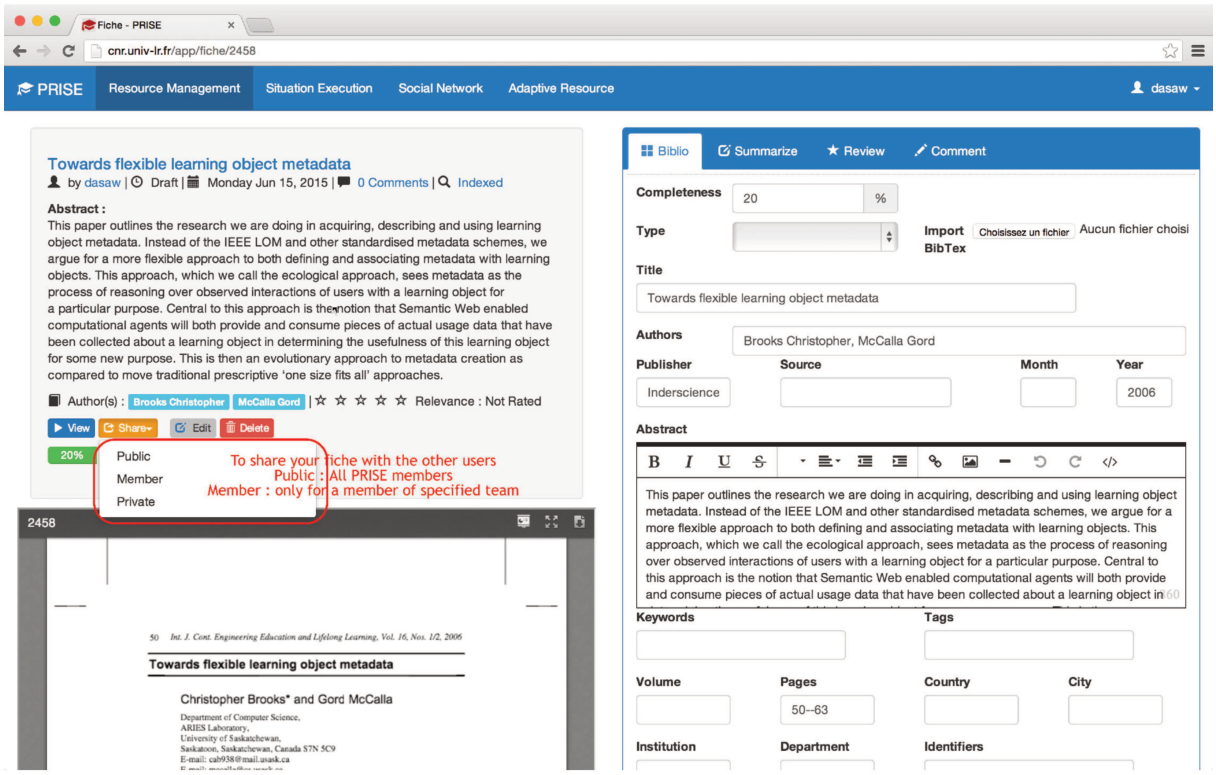


Figure 7: Share button option

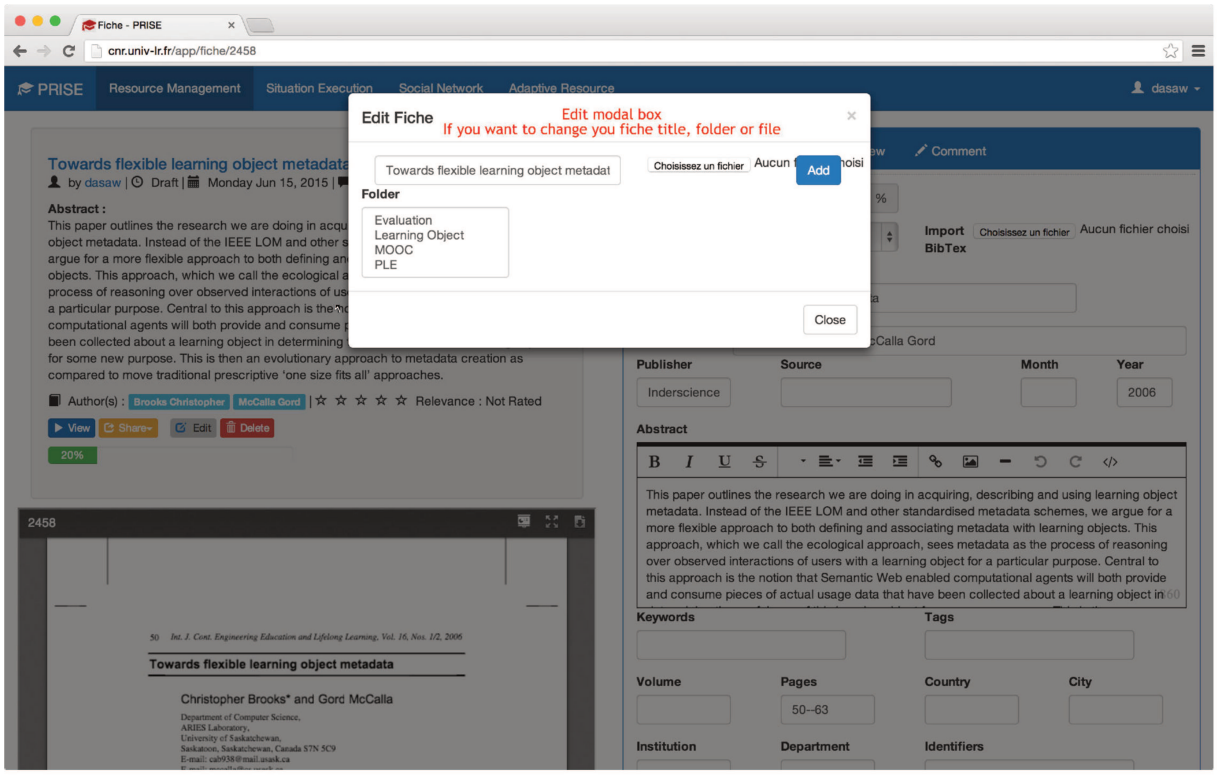


Figure 8: Fiche edit button

3. SITUATION PAGE

In the situation page you can:

1) Create situation (activity you want to do)
2) Launch the situation
3) Configure your settings and retrieve the relevant digital resource.
4) Select a digital resource and get the adaptive rules and parameter

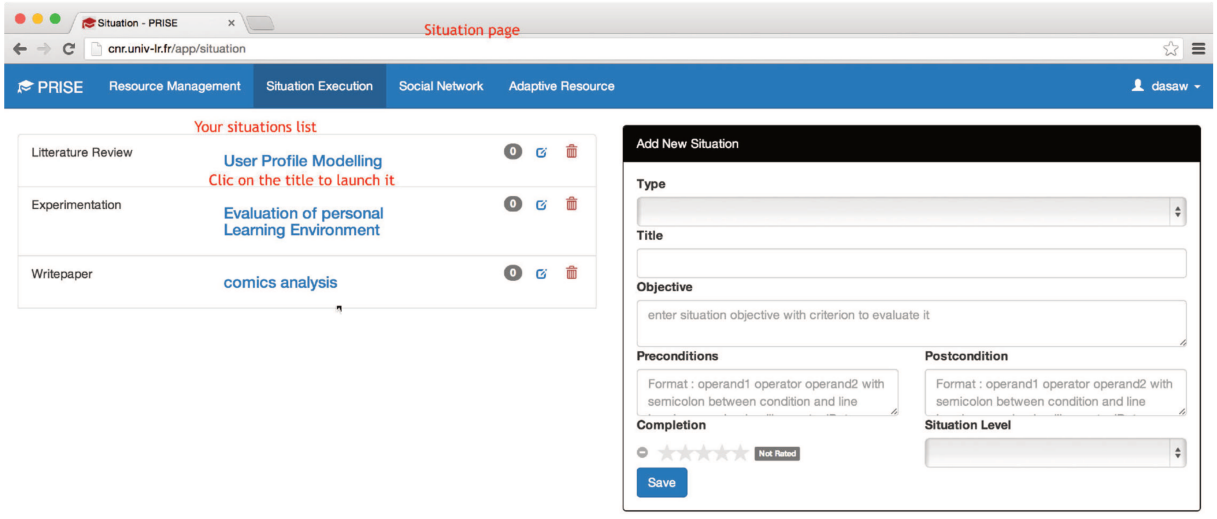


Figure 9: Situation page

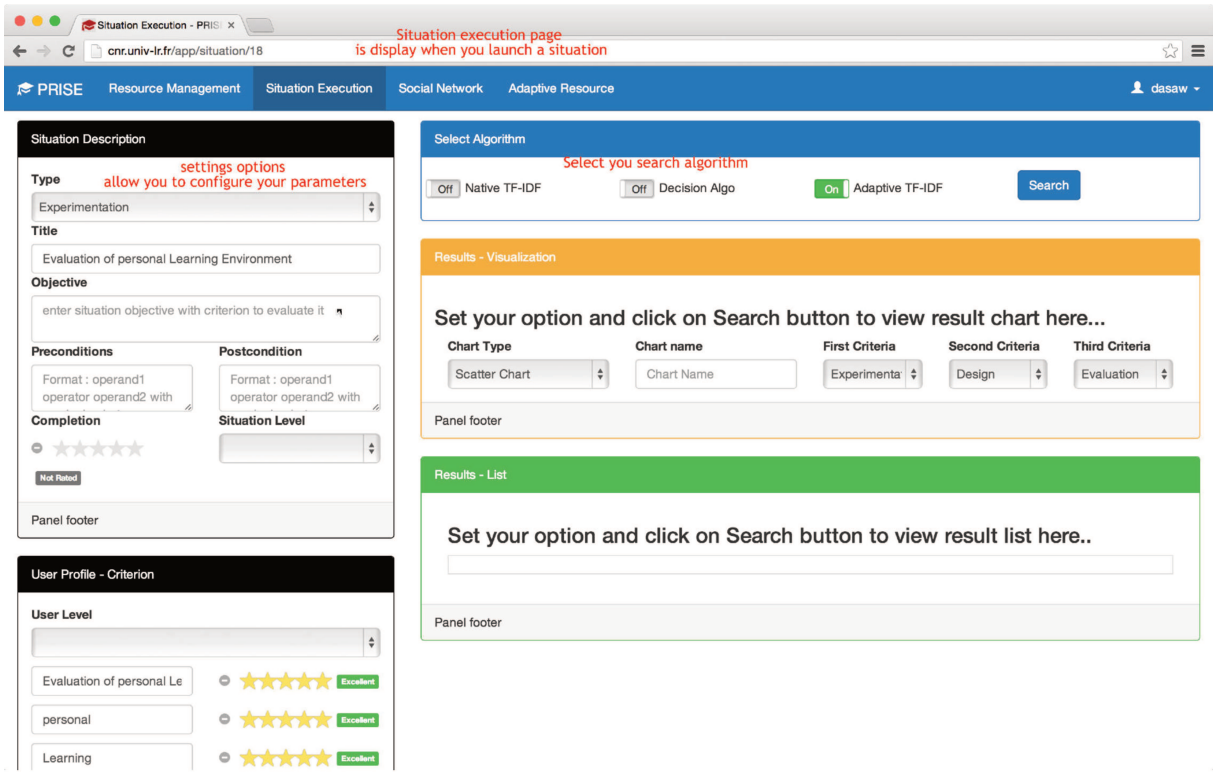


Figure 10: Situation settings options

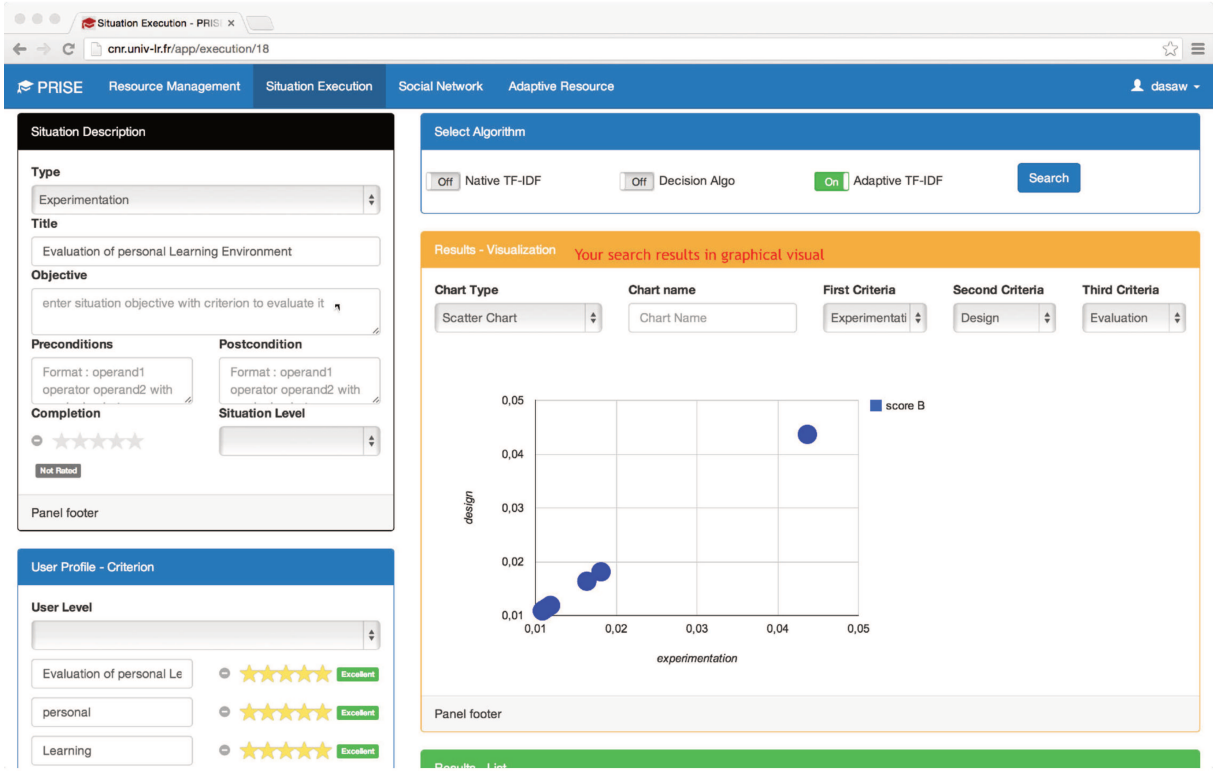


Figure 11: Visual result graphic

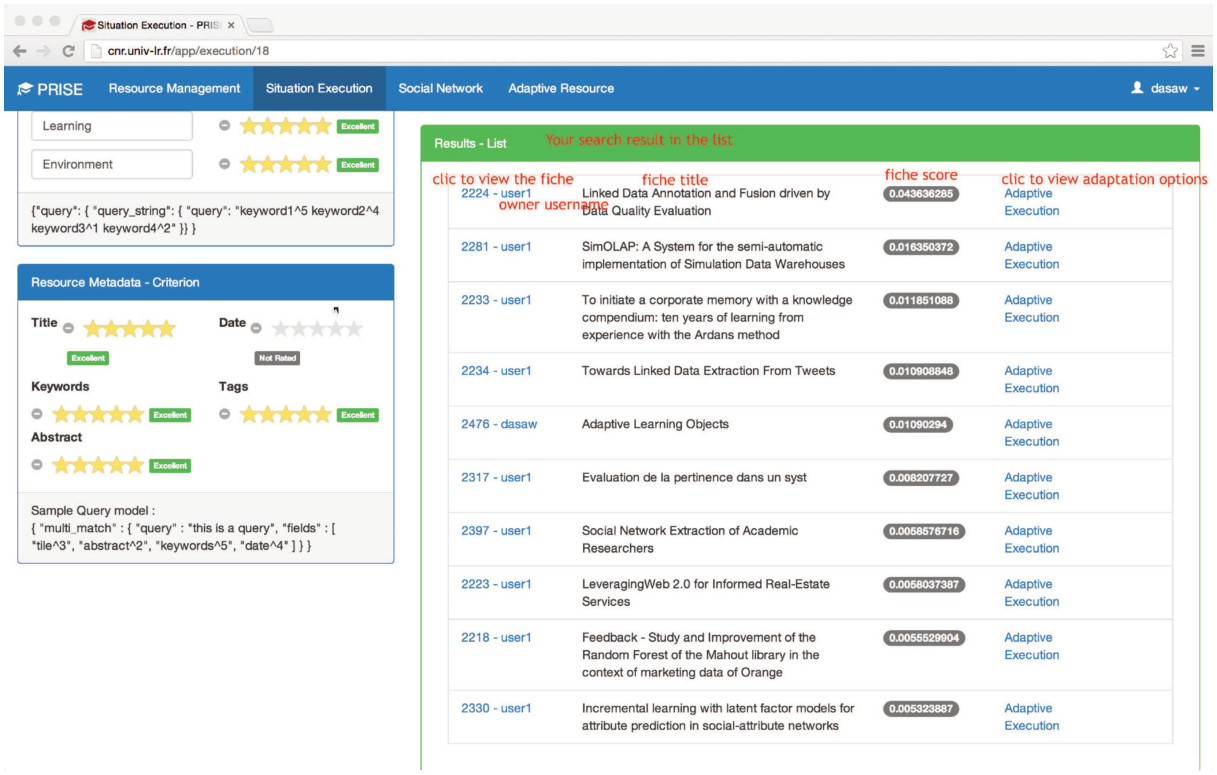


Figure 12: Search result list in situation

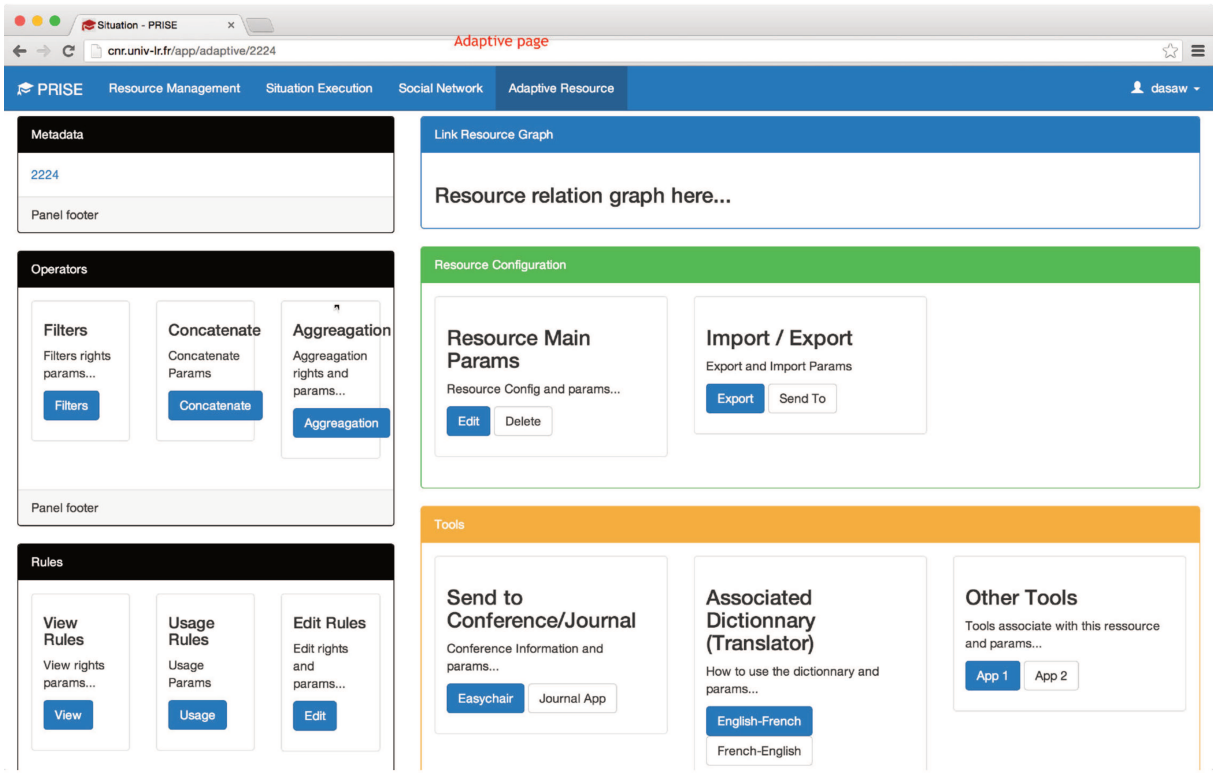


Figure 13: Adaptive page

Below are the descriptions of social menu content. The page allow you:

1) To view the share digital resource,
2) To manage your team and member
3) To follow or fork digital resource

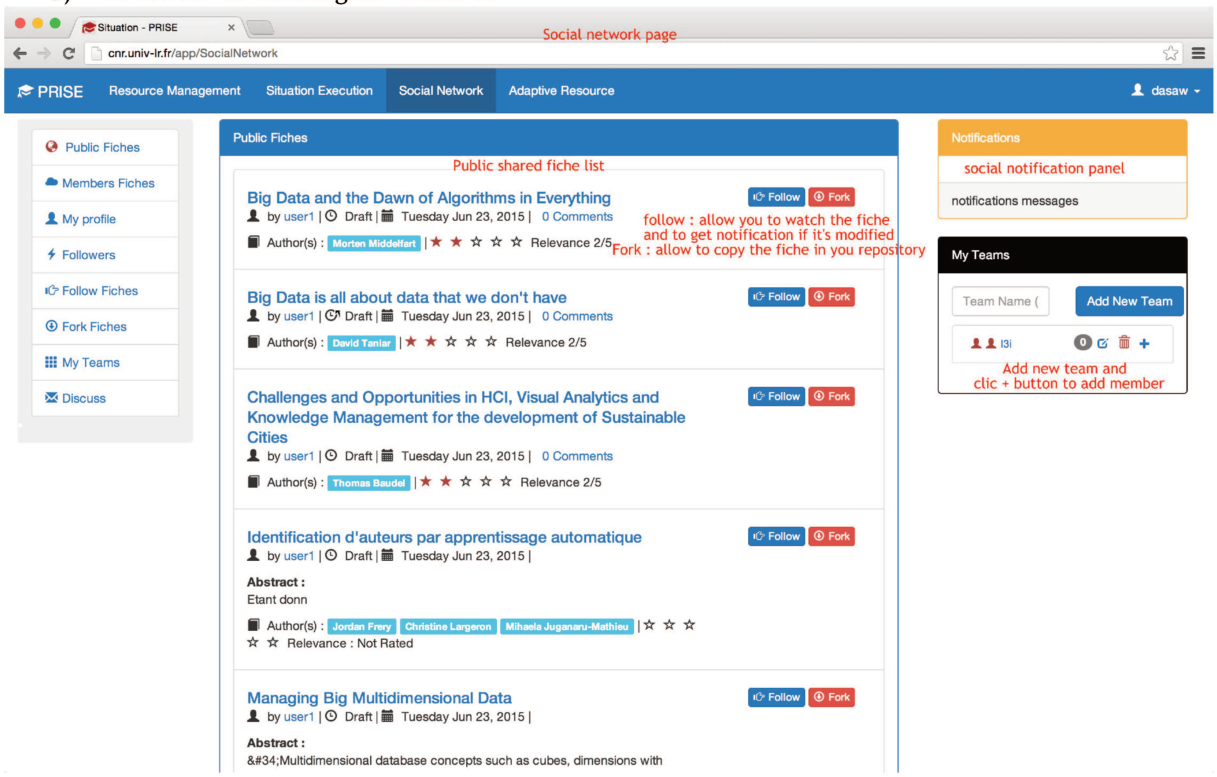


Figure 14: Social page

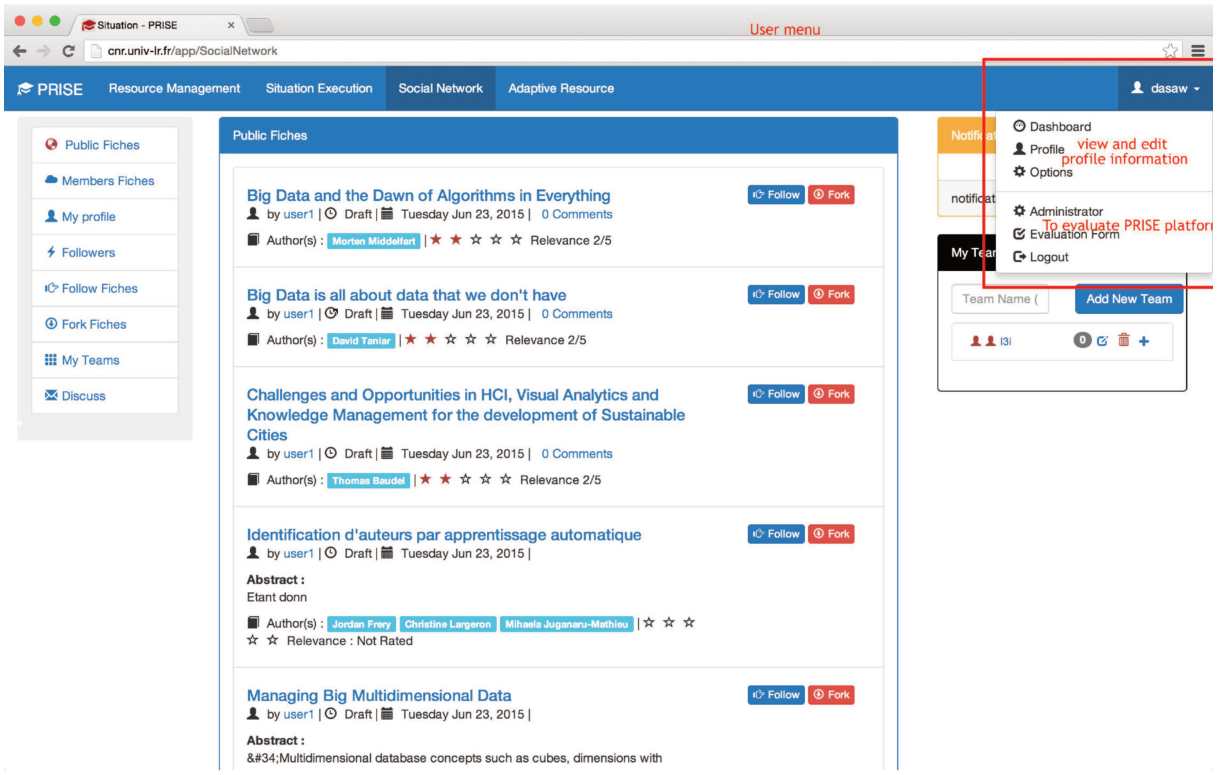


Figure 15: Profile view page

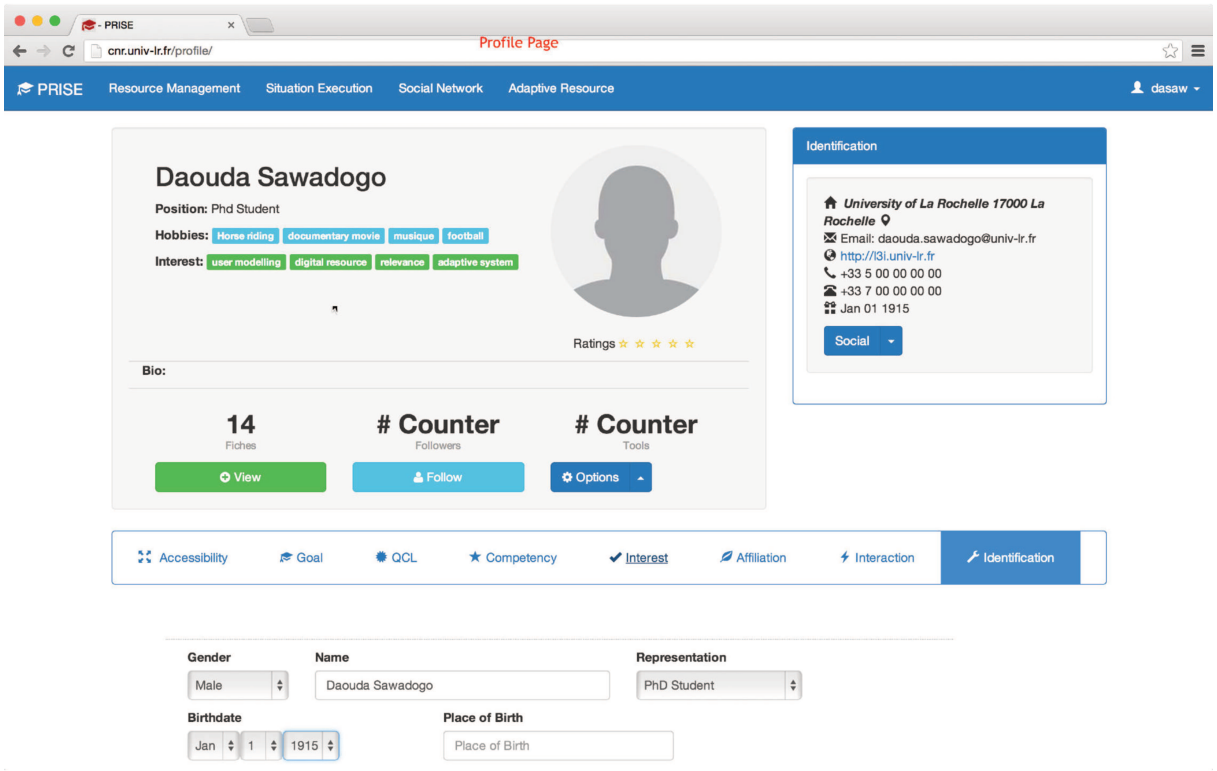


Figure 16: Profile information page

A.4 Annexe 4 : système à base de traces dans PRISE

PRISE est un environnement numérique dont l'objectif est d'assister ses utilisateurs dans la gestion adaptative et consolidée de leurs ressources numériques. Il est système interactif et adaptatif permettant d'assister son utilisateur dans :

— conception et l'organisation de ses ressources numériques ;
— la sélection et l'évaluation de la qualité de ses ressources numériques ;
— l'usage adaptatif de ses ressources numériques.

La sélection, l'évaluation et l'usage adaptatif des ressources numériques nécessitent une connaissance du contexte et de l'utilisateur. Le contexte et le profil de l'utilisateur sont deux caractéristiques importantes des systèmes adaptatifs. Ils permettent au système d'adapter leur comportement en fonction de chaque utilisateur. Lorsque l'utilisateur est dans une situation, dans l'environnement, il génère des informations qui sont important pour caractériser son expérience d'usage. Ces nouvelles informations que nous appellerons « traces » apportent des informations nécessaires au système d'améliorer son comportement et son expérience dans le système. Dans ce document nous nous intéressons à la gestion de ces traces dans notre système.

A.4.1 Objectif

Dans le contexte de notre système, la gestion des traces a pour objectif d'assister l'utilisateur dans la choix de la meilleure ressource en fonction de son expérience passé ou de l'expérience de la communauté (de ses pairs). Elle permet d'offrir à chaque utilisateur la meilleure configuration de la ressources numériques en gardant une traces des configurations précédentes. Elle permet surtout de mieux caractériser les besoins des utilisateurs à travers une configuration plus complète du profil de chaque utilisateur (grâce aux traces d'usage qu'il laisse dans l'environnement). Le système à base de traces permet au système d'être plus adaptatif et de permettre à chaque utilisateur une gestion adaptative et consolidée de ses ressources.

Pour satisfaire ces objectifs, le système de gestion de traces doit permettre :

1. d'obtenir un profil cohérent de chaque utilisateur du système : bien que le profil soit un élément majeur dans notre environnement, demander à l'utilisateur de fournir un profil cohérente s'avère une tâche difficile. Par expérience, les utilisateurs ne complète pas toutes les informations de leur profil. Le système de gestion de traces doit permettre grâce aux traces et à l'analyse de traces collecter sur l'utilisateur de compléter son profil ;
2. de caractériser l'expérience de l'utilisateur dans l'environnement : bn système adaptatif est un système qui permet à l'utilisateur de capitaliser sur son expérience d'usage et d'améliorer cette expérience. Le système de gestion de traces doit permettre de caractériser l'expérience d'usage de chaque utilisateur dans le système.

Bien que nous aimerions pouvoir tracer les actions et les événements du système dans sont ensemble, nous délimiterons notre travail aux situations. Ainsi l'exécution de chaque situation devrait être tracé et stocké en mémoire. Dans une situation, chaque utilisateur peut :

— créer, utiliser et évaluer une ressource ;
— interagir avec d'autres utilisateurs pour réaliser l'activité.

Le système de gestion de traces doit avoir les fonctionnalités suivantes :

— définir des points d'observation ;
— créer et enregistrer des observés dans la base de traces ;

— transformer une trace dans un autre modèle de traces à travers des opérations de filtrage, sélection, fusion, *etc.* ;
— visualiser les traces enregistrer ;
— calculer des indicateurs sur les traces ;
— fournir au système de décision les traces demandées dans le format et le modèle exiger.

A.4.2 Architecture et mécanisme de gestion des traces

A.4.2.1 Mécanisme de gestion des traces

Une trace est considérée comme une collection d'observés temporellement situés où un observé dénote toute information structurée issue de l'observation d'une interaction [Liris et al., 2007]. Dans le cadre des applications interactives, en particulier pour l'environnement numérique du chercheur, les traces sont gérer suivant la méthodologie définie dans la figure A.3.

Dans cette figure, la première étape consiste à définir les traces que l'utilisateur souhaite obtenir du système. Ces traces peuvent être prédéfinies dans le système sous formes de logs où chaque action et interaction avec le système est sauvegardée sous forme de fichier log selon un modèle de traces. C'est dans cette première étape que nous définissons les observateurs ainsi que les règles d'observations en fonction des objectifs d'observation.

La deuxième étape consiste à produire des traces. Dans cette étape, les moyens et outils nécessaires pour la collecte et la sauvegarde des traces sont mise en œuvre dans le système. La production des traces est associée à un modèle cohérent et une sémantique afin de donner plus de sens aux traces qui sont produites.

La dernière étape consiste à exploiter les traces collectées et sauvegardées. Cette étape est nécessaire pour la prise de décision concernant la suite du scénario pédagogique ou pour l'adaptation du système. Par ailleurs ces traces peuvent éventuellement subir des transformations (sélection, fusion, réécriture etc.) afin de faciliter l'interprétabilité et l'utilisabilité. C'est dans cette étape que l'analyse et le calcul des indicateurs se déroulent. L'exploitation peut consister à la visualisation des résultats des traces afin de permettre à un utilisateur humain de décider pour la suite.

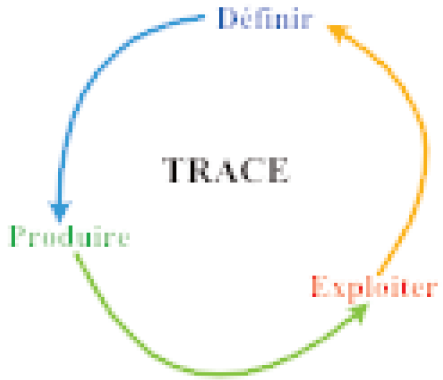


Figure A.3 – Méthodologie de gestion de traces

Enfin l'ensemble de ces étapes constituent une boucle qui est appelée **« boucle de pertinence »**. Cette boucle de pertinence permet d'améliorer dynamiquement le système de gestion de traces. Elle permet de redéfinir les besoins d'observation ainsi que les règles d'observation. Elle permet également d'améliorer le processus de production et d'exploitation des traces dans le système de gestion de traces.

A.4.2.2 Architecture

Grâce aux fonctionnalités définies ci-dessus nous pouvons définir l'architecture ci-dessous. L'architecture du système de gestion de traces, présente les différentes composantes de ce système.

Le schéma de la figure A.4 présente les différentes composants du système de gestion de traces.

Dans le système de gestion des traces, il existe trois grandes phases associées à la méthodologie de la figure A.3. La première phase c'est « Avant », à cette étape le concepteur peut définir les observateurs. La deuxième phase c'est « Pendant », pendant l'exécution de la plate-forme les traces sont produites et collectées. La dernière phase c'est « Après », à cette étape les traces sont utilisées pour assister les utilisateurs dans la gestion adaptative et consolidée de leurs ressources numériques. Dans l'architecture proposée, les différentes étapes se déroule pendant l'exécution du système.

Dans la figure A.4, les différents composants assurent plusieurs fonctionnalités :

- le système d'observation : le système d'observation permet de définir les besoins d'observation, de définir les règles d'observation, choisir les observables et reconfigurer les éléments d'observation. Dans les PRISE l'observation se fait principalement dans les situations. C'est dans les situation qu'on peut adapter les ressources en fonction des caractéristiques de l'utilisateur et de son contexte. C'est dans une situation qu'il est possible de sélectionner les bonnes ressources numériques pour l'utilisateur ;
- le système de collecte : le système de collecte permet de choisir les sources de traçage, modéliser les traces en fonction du modèle prédéfini, enregistrer les traces et importer les traces à partir d'autres outils ou système. Dans PRISE les traces sont collecté à partir des enregistrement dans un fichier et importer dans un base de traces géré par un système d'indexation et de visualisation ;

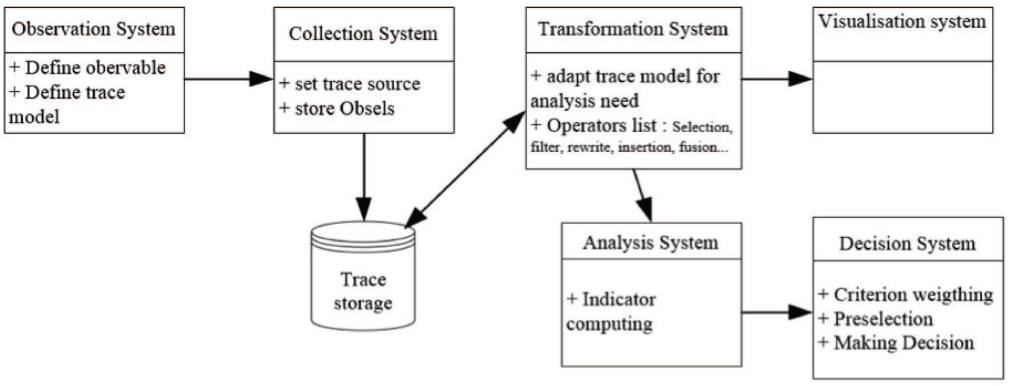


Figure A.4 – Architecture à base de traces pour PRISE

— le système de transformation : le système de transformation permet de sélectionner les traces pertinentes, de fusionner des traces ou des les filtrées. Il s'agit de préparer les traces pour l'analyse ;
— le système d'analyse : le système d'analyse permet de calcul de modéliser les règles de calculs des indicateurs et leurs calcul en temps-réel ;
— Le système de visualisation : le système de visualisation permet de visualisation les traces enregistré par le système de collecte ;
— Le système de décision : le système de décision permet d'exploiter les résultats du calcul des indicateurs pour décider.

Dans cette architecture, le modèle de traces est comme suit. Ce modèle est stocké comme une liste d'objet JSON dans un fichier JSONLD. Ce qui permet une meilleure lecture et exploitation des données. JSONLD permet également de faciliter les lien entre les différentes traces.

{
@context : http ://prise.univ-lr.fr/situation.jsonld
@type :
@ID :
Title : Objectives : [. . . ,. . . .,]
PreConditions : [. . . ,. . . .,],
User :ID, role, interactivityType, interactivityLevel,..
Resource :ID,..,
Duration :
CompletionLevel :[],
ObjectivesCompletion :[1,2,3,4,5],
PostConditions :[. . . . .]
ExecutionDate :[BeginDate, EndDate],
ExecutionEnvironment :
}
- Modèle de trace -

A.4.3 Implémentation

L'implémentation de notre système de gestion de trace dans PRISE utilise les outils d'elastic-Search (Logstash + Kibana). Nous utilisons des techniques de *Datamining* pour l'analyse des traces du système. L'approche de *Datamining* ou précisément la technique du **Web Usage Mining(WUM)** est une alternative particulière et intéressante pour la transformation et l'analyse des traces d'utilisation [Gligor-Calin, 2008]. Le tableau A.1 présente les différents types de situations définies dans PRISE. Des traces sont produites lors du déroulement d'une situation. Les traces produites respectées le modèle défini plus haut.

Situation	**Nature**
Litterature Review	Faire l'état de l'art sur un sujet
Review	Examiner un article
Publish	Publier un article
Meeting	Réunion de travail
Thesis writing	Écrire une thèse
Expérimentation	Faire une expérimentation
Write paper	Écrire un article
Write Presentation	Rédiger une présentation
Apply for grant	Rechercher du financement

Tableau A.1 – Types de situations dans PRISE

A.5 Annexe 5 : profil d'application du IEEE-LOM

IEEE-LOM (Learning Object Metadata) est un standard pour la mise en œuvre de métadonnée pour les objets d'apprentissage *(Learning Object)*. Il est utilisé dans les environnements numériques d'apprentissage et dans les systèmes de gestion d'objet d'apprentissage. L'intérêt pour l'interopérabilité des ressources ont conduit plusieurs projets à adapter ce standard à leur besoin. « Des exemples bien connus de profils d'application déjà développés sont :

— le profil d'application CELEBRATE,
— Learning Resource Exchange (LRE) du Schoolnet (EUN) partenariat européen ;
— le profil UK-LOM Core Application ;
— le profil JORUM ;
— le ministère de l'Éducation et de la Formation (DET) Learning Resource Metadata (DET-LRM) Profil d'application ;
— l'Australie Nouvelle-Zélande LOM (ANZ-LOM) Profil ;
— de la Resource Discovery Network (RDN) / Apprentissage et support Network enseignement (LTSN) Profil LOM d'application.

Dans notre contexte nous avons définis un ensemble de métadonnées pour une fiche de lecture dont une partie est déjà normalisé. La partie bibliographique d'une ressources numériques respecte déjà une norme, qui est la norme de catalogage (ISBD). Pour les autre éléments il n'y pas de standard pour le point de lecture et la partie évaluation. Pour cela le modèle adapté consiste à proposer un profil d'application pour la recherche scientifique. La figure A.5 présente les différent champs défini pour les fiches de lecture.

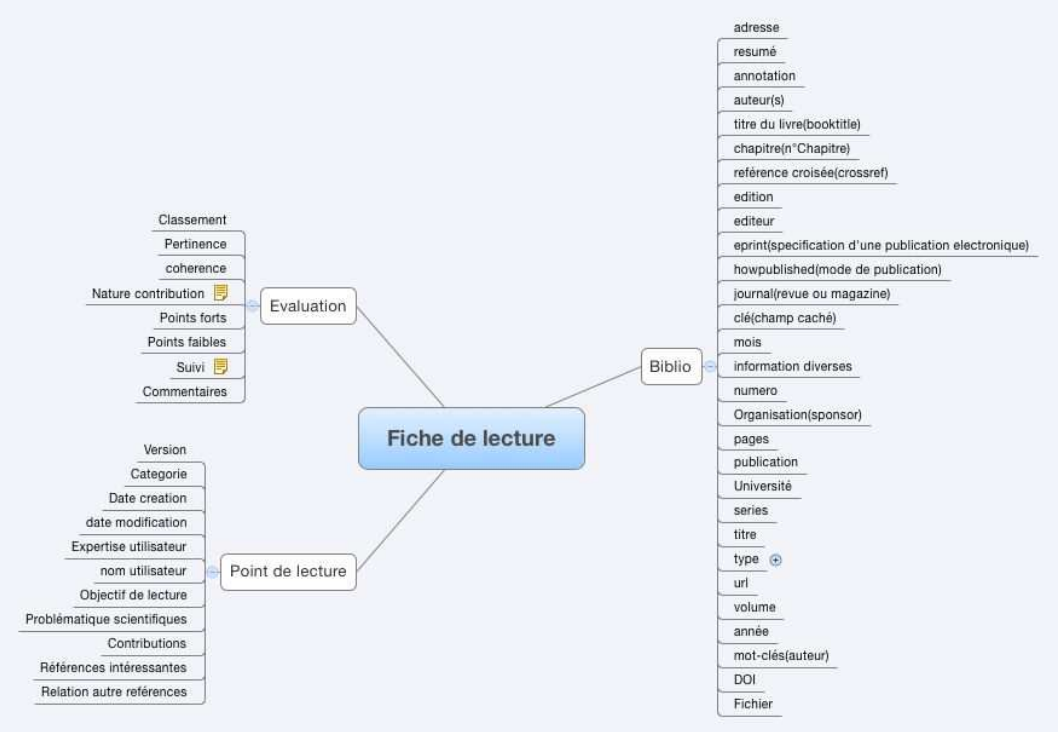


Figure A.5 – Les information d'une fiche de lecture

A.5.1 Métadonnée d'une fiche de lecture

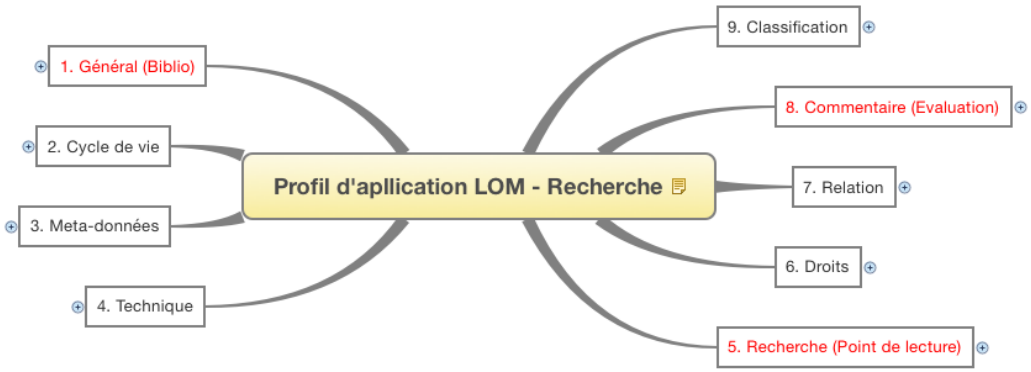


Figure A.6 – Profil IEEE-LOM pour une fiche de lecture

Pour permettre au format de ressources numériques gérer par PRISE d'être utilisable dans d'autres environnements numériques, nous avons estimé nécessaire de formaliser les métadonnées dans notre environnement. Pour cela nous avons adapté le modèle de métadonnées du IEEE-LOM à notre besoin. Le profil d'application du IEEE-LOM proposé permet de décrire des ressources dédié au domaine de la recherche scientifiques. La figure A.6 présente le profil d'application IEEE-LOM pour le domaine de la recherche scientifique que nous appelons SRRMI (Scienfic Research Resource Metadata Intiative). Dans cette figure les éléments en rouge on subit une modification. Dans la catégorie « Générale » nous avons ajouté les champs pour la description bibliographique d'un document numérique (figure A.7). Cette catégorie est exportable dans le format BibTex.

Dans la catégorie 5 du LOM, nous proposons de remplacer le nom de la catégorie « Education » par « Recherche ». La catégorie Recherche contient le point de lecture du concepteur de la fiche de lecture. La figure A.8 présente les éléments de la catégorie Recherche.

Dans la catégorie 8 du LOM, nous proposons de remplacer « Commentaire » en « Evaluation ». Elle contient l'évaluation de l'utilisateur sur le document numériques. La figure A.9 présente les éléments de cette catégorie.

Dans la catégorie 2 (Cycle de vie) nous avons ajouté un nouveau champ qui donne le status de la ressource (Brouillon,final,...). Parmi les champs de métadonnées, il existe deux champs obligatoire : l'identifiant qui est générer automatiquement par le système et le titre de la ressource. Le reste des champs sont de type texte, numérique et booléen.

A.5.2 Implémentation

Les métadonnées du IEEE-LOM sont implémenté en XML. Le XML est un langage très verbeux et souvent difficile à lire par l'humain et coûteux en temps de traitement par les services web. Pour ces raisons le choix du JSONLD s'est imposé comme inévitable pour implémenter le modèle de métadonnée du SRRMI. Il existe aussi des interface qui permet à l'utilisateur de visualiser et de remplir les champs de métadonnées.

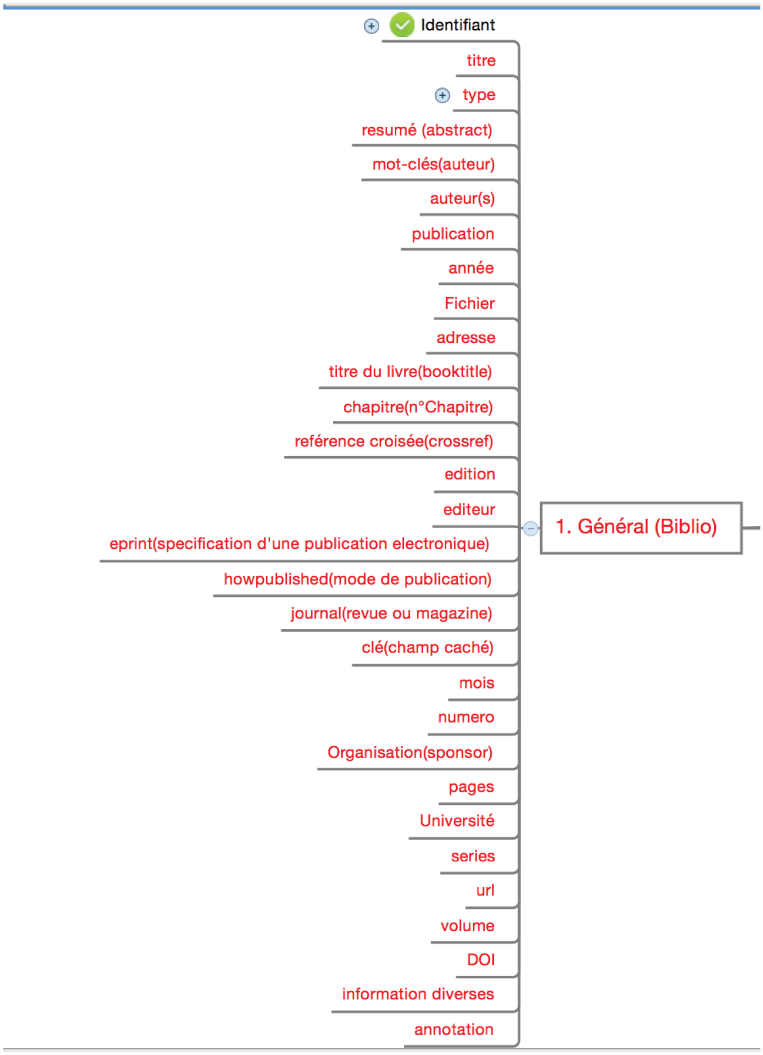


Figure A.7 – Nouvelle catégorie générale de SRRMI

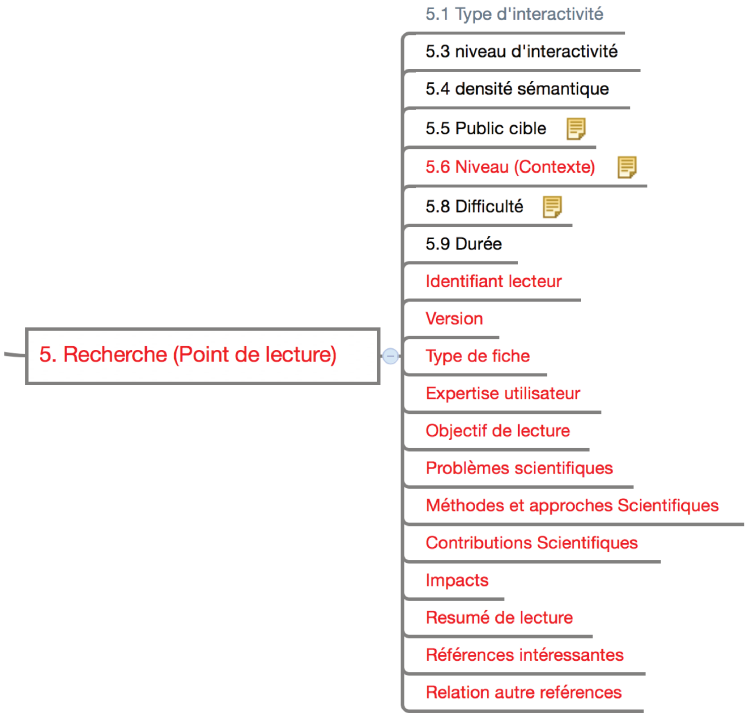


Figure A.8 – Nouvelle catégorie Recherche de SRRMI

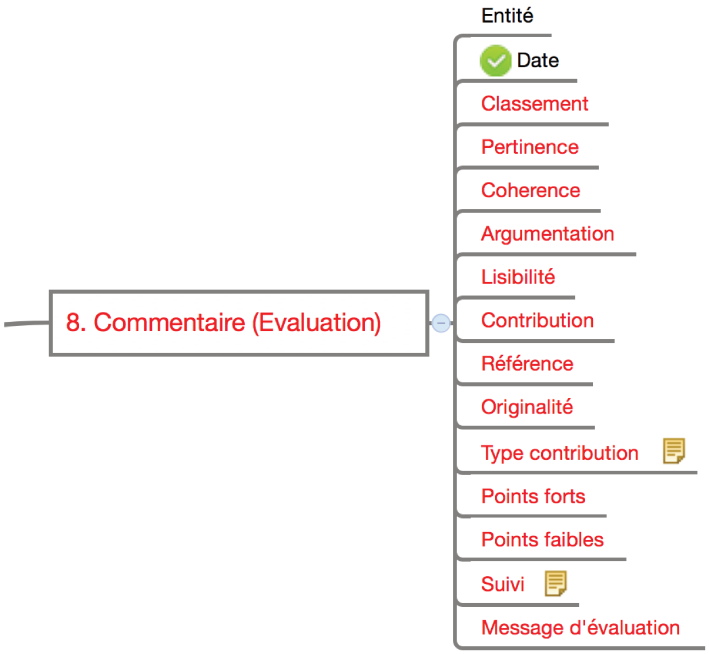


Figure A.9 – Nouvelle catégorie Evaluation de SRRMI

Champ	Type	Description
Bibliographie		
Complétude	Numérique	Pourcentage de complétude
Type^{+}	Texte	Type de document
Titre*	Texte	Titre du document
Auteurs	Texte	Liste des auteurs
Editeur	Texte	-
Source	Texte	provenance du document
Mois	Texte	-
Année	Numérique	-
Résumé$^{+}$	Texte	abstract
Mots-clés^{+}	Texte	-
Tags^{+}	Texte	tags ajoutés par l'utilisateur
Volume	Texte	-
Pages	Texte	-
Pays	Texte	-
Ville	Texte	-
Institution	Texte	-
Département	Texte	-
Identifiants	Texte	doi ; isbn ; pmid ; issn ; arxiv
Plan	Texte	plan du document
Point de lecture		
Type fiche^{+}	Texte	Etat de l'art, expérimentation
Expertise^{+}	Texte	Débutant ; Avancé ; Expert ;
Version	Texte	Brouillon ; Révision ; Finale
Status	Texte	Validée ; Classée ; Évaluée
Objectifs	Texte	Objectif d'utilisation
Problèmes	Texte	-
Méthodes	Texte	-
Contributions	Texte	-
Impacts	Texte	-
Résumé utilisateur	Texte	-
Référence intéressants	Texte (liste)	-
Fiche liées	Texte (liste)	-
Evaluation		
Classement^{+}	Numérique	-
Pertinence^{+}	Numérique	-
Cohérence^{+}	Numérique	-
Qualité référence	Numérique	-
Originalité	Numérique	-
Argumentation	Numérique	-
Lisibilité	Numérique	-
Contribution	Numérique	-
Type de contribution	Texte	-
Type de suivi	Texte	A Lire ; A référencer ; A suivre
Points forts	Texte	-
Points faibles	Texte	
Message d'évaluation	Texte	Message général d'évaluation
Général		
Commentaire	Texte (liste)	liste de commentaires
Date de création*	Date	Date de création
Date de modification*	Date	Date de dernière modification
Auteur de la fiche*	Texte	auteurs et contributeurs
Status de partage*	Texte	Public, membre, privé
Langue^{+}	Texte	Langue de la fiche
Fichier^{+}	File	-
Catégorie*	Texte	-

* : obligatoire ; + : recommandé ; néant : optionnel

Tableau A.2 – SRRMI : Profil d'application du IEEE-LOM pour la recherche scientifique

A.6 Annexe 6 : extension IMS-LIP pour la recherche

L'avènement des système adaptatifs a accentué les problématiques sur la modélisation de l'utilisateur. Un système adaptatif est un système que adapte son comportement en fonction des caractéristiques de chaque utilisateur. Pour que le système fonctionne, il doit connaître les caractéristiques de chaque utilisateurs. Alors, la question suivante surgit : Comment modéliser les caractéristiques de chaque utilisateur ?

Pour répondre à cette question, les systèmes adaptatifs ont essayé de représenter les caractéristiques de l'utilisateur en fonction de leurs besoins. Ainsi, chaque système avait son propre modèle de représentation et ne permettant pas ainsi l'interopérabilité du profil de l'utilisateur entre les plate-formes. Ce manque d'interopérabilité à conduit IEEE à proposer un standard pour la modélisation des apprenants dans un système d'apprentissage, il s'agit du **IEEE-PAPI**. Ce standard a été amélioré par l'IMS qui a proposé en 2001 l'**IMS-LIP** qui ajourd'hui est un standard utilisé pour représenter les caractéristiques des apprenants dans un environnement d'apprentissage. Ce était initialement conçu pour les environnements numériques d'apprentissage, mais il s'est répandu aussi pour d'autre type de systèmes d'informations. A travers des profil d'application les autres systèmes d'informations ont adapté le modèles du IMS-LIP à leur besoin. Parmi ces systèmes nous pouvons citer :

- SERPOLET [Oubahssi and Grandbastien, 2007] : extension du IMS-LIP permettant d'améliorer l'interopérabilité des données des apprenants entre différents systèmes de e-formation ;
- C-LIP [Laroussi, 2012] : extension du IMS-LIP permettant de supporter l'apprentissage pervasif ;
- OntobUMf [Razmerita et al., 2003] : extension du IMS-LIP pour les systèmes de gestion de connaissance.
- etc.

Notre proposition consiste à modéliser la représentation des données des utilisateur dans un système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques. Le modèle que nous proposons est une extension du IMS-LIP, que nous avons adapté à nos besoin. L'objectif est de permettre son utilisateur dans différent plate-forme de gestion de ressources numériques. En plus le profil d'application que nous proposons concerne les chercheurs. Ce modèle peut être utilisé dans des application qui représente les caractéristiques des chercheurs.

La figure A.10 présente les données que nous avons ajouté pour étendre les modèle du IMS-LIP. Dans cette figure, nous avons ajouté une nouvelle catégorie appelé « Interaction » et des données spécifiques pour les plate-forme dédiées aux chercheurs (Mendeley, Researchgate, Academia, Zotero, etc.). Par ailleurs le cadre contextuel de nos travaux, nous a conduit à changer les activités en des situations.

A.6.1 Implémentation

Le modèle IMS-LIP représente les données en XML. Le XML est un langage verbeux de représentation des données, l'échange des données en webservice avec format est coûteux et temps et le format n'est pas très lisible par l'humain. Pour ces raison nous avons choisi de représenter les données dans un format plus lisible et moins verbeux et facilement échangeable par webservice. Il s'agit du format JSONLD. Nous avons réalisé un système de webservice API-REST permettant d'échanger les données sur l'utilisateur dans la plate-forme.

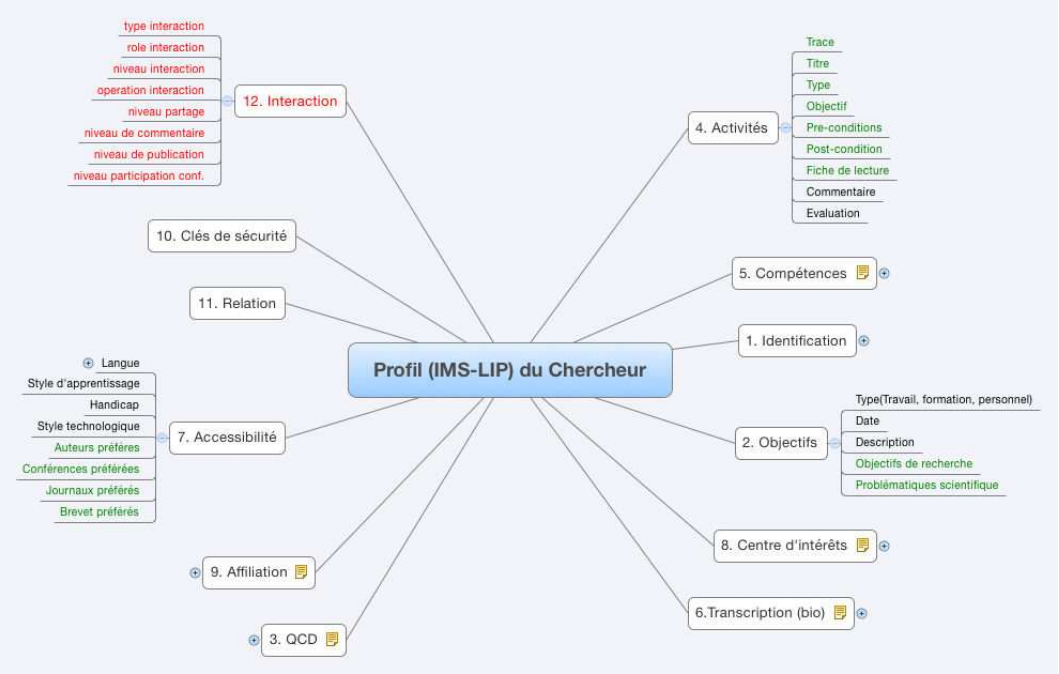


Figure A.10 – Les informations d'une fiche de lecture

Le tableau A.3 présente les nouveaux champs que nous avons ajoutés et ceux qui nous avons adapté en fonction de nos besoins.

Champ	Type	Description
Identification		
Identifiant réseau social	Texte	ResearchGate, Mendeley, Zotero, Linkedin
Intérêts		
Intérêt de recherche $^{+}$	Texte	champs d'intérêt de recherche
Objectifs		
Objectif de recherche^{+}	Texte	-
Problématique de recherche^{+}	Texte	-
Contribution de recherche	Texte	-
Projet de recherche	Texte	-
Mots-clés de recherche^{+}	Texte	-
Situation		
Titre*	Numérique	-
Type^{+}	Texte	-
Objectif^{+}	Texte	-
Pré-condition	Texte	-
Post-condition	Texte	-
Niveau	Texte	Niveau d'importance de la situation
Trace	Texte (liste)	-
Accessibilité		
Auteurs préférés	Texte (liste)	-
Conférences préférées	Texte	-
Journaux préféres	Texte	-
Brevet préférés	Texte	-
Article préférés	Texte	-
Interaction		
Type	Texte (liste)	type d'interaction (actif, expositive, mixte)
Rôle	Texte	Rôle dans l'interaction (lecture, édition, contribution, validation, examination)
Niveau	Texte	Niveau d'interaction (Passif, modérer, simulation)
opération interaction	Texte	Nature des opération dans la situation (Filtrage, modification, validation, etc.)
Niveau partage	Texte	-
Niveau commentaires	Texte	Niveau de participation aux commentaires
Niveau publication	Texte	Niveau de publication
Niveau participation conf.	Texte	Niveau de participation à des conférences

* : obligatoire ; + : recommandé ; néant : optionnel

Tableau A.3 – IMS-LIP ++ pour système de gestion adaptative et consolidée de ressources numériques

A.7 Annexe 7 : étude de cas environnement numérique du chercheur

A.7.1 Expression fonctionnelle du besoin

L'élaboration d'un cahier des charges passe par un recueil des besoins avec les utilisateurs concernés. Dans cette perspective, deux réunions ont été organisée avec les jeunes chercheurs du laboratoire L3I. La première réunion a eu lieu le Mardi 11 Décembre 2012 dans les locaux du laboratoire L3I. Lors de cette réunion, dix jeunes chercheurs ont participé à la définition du cahier des charges pour la conception de l'environnement numérique du chercheur. Cette réunion a permis aux jeunes chercheurs de décrire leurs parcours et les besoins en matière d'outils d'assistance dans la réalisation de leurs travaux quotidiens. La deuxième réunion a eu lieu le vendredi 15 Février 2013 toujours dans les locaux du laboratoire L3I. L'ordre du jour de cette réunion était la validation du cahier des charges. Lors de cette réunion, huit jeunes chercheurs ont participé à la validation du cahier des charges. Les deux réunions avec les utilisateurs concernés par le cahier des charges ont permis à travers plusieurs discussions et propositions de retenir les éléments qui suivent pour la conception et la mise en œuvre de l'environnement numérique du chercheur.

A.7.1.1 Parcours du chercheur

L'expression des besoins commence par une analyse générale du processus de travail du jeune chercheur. Le parcours est un modèle classique de tout chercheur en début de carrière. Le schéma de la figure A.11 présente les différentes activités de ce parcours. Ce schéma commence par l'activité de proposition de sujet de thèse qui est réalisé par les futurs encadrants, qui sont les premiers collaborateurs du jeune chercheur. Lorsque le sujet est validé et accepté par consensus entre le jeune chercheur et les encadrants, le travail de recherche peut commencer. La direction du laboratoire de recherche s'occupe des tâches administratives pour permettre au jeune chercheur d'être dans de bonnes conditions de travail et participe à la mobilisation des moyens nécessaire à la réalisation de ses travaux. Durant le parcours du jeune chercheur, il est amené à tisser des collaborations, à participer à des séminaires et à des conférences en lien avec ses thématiques de recherche. Ce parcours correspond au modèle de fonctionnement du laboratoire dans lequel ce travail est réalisé. Des éléments peuvent être spécifiques en fonction de la discipline de recherche.

Dans le parcours du jeune chercheur que nous appelons souvent *« doctorant »*, il existe des étapes avec production et acquisition de connaissances que nous n'avons pas explicitement représentées dans la figure A.11. Ces éléments seront détaillés au besoin dans la suite du chapitre. Durant son parcours le chercheur utilise plusieurs types de documents avec des formats divers et provenant de différentes sources.

A.7.1.2 Types de documents utilisés

En rappel, l'objectif de l'étude de cas consiste à proposer un environnement permettant une meilleure gestion des ressources utilisées et une meilleure collaboration autour de ces ressources

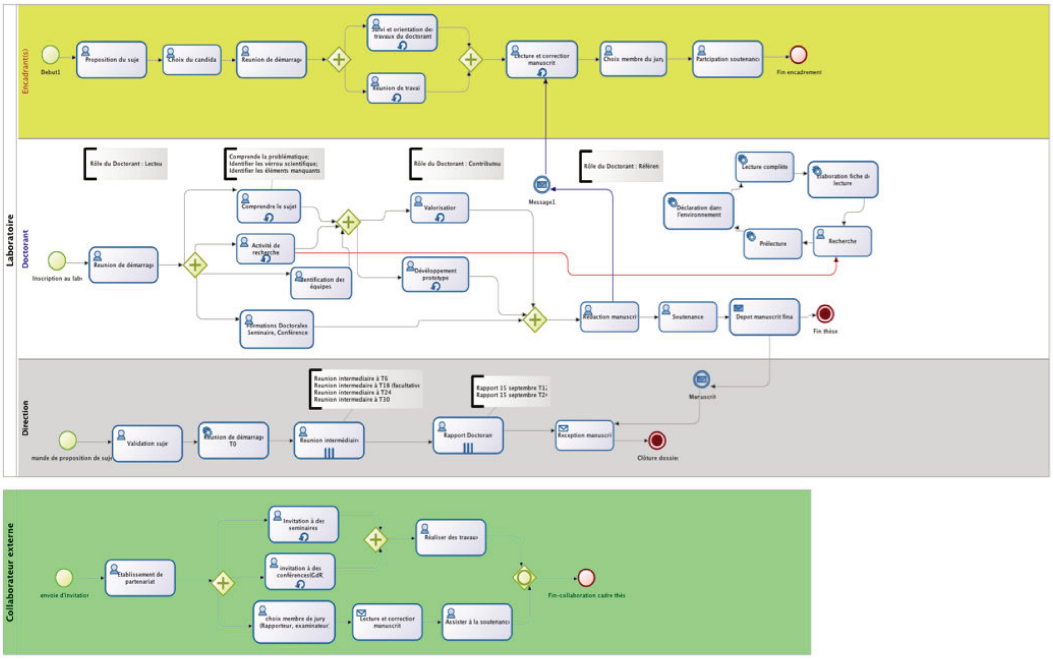


Figure A.11 – Diagramme BPMN du chercheur

numériques. Le jeune chercheur pendant ses activités utilise plusieurs types de documents. Le tableau A.4 présente les formats les plus utilisés par les chercheurs.

Type	Nature
Texte	Article (Journal, Revue, magazine, conférence, encyclopédie...), Livre, Thèse, Brevet, Rapport, Chapitre de livre,
Audio	Témoignage, enregistrement d'une présentation, enregistrement d'une interview, etc.
Vidéo	Témoignage, présentation dans une conférence, vidéo d'analyse, etc.
Images	photo, carte géographique, croquis, schéma, etc.
Autre	Programme informatique, page web,

Tableau A.4 – Types de documents utilisés par les chercheurs

Ces formats sont généralement de type numérique et/ou papier. Dans cette étude de cas, le format numérique des supports est celui qui seras traité. Par ailleurs il est possible de créer une entrée dans l'environnement pour un document non numérique. En raison des traitements d'analyse de texte et d'extraction de métadonnées, nous nous intéresserons plus aux documents à caractère scientifiques pour cette étude de cas. Grâce au parcours général du chercheur et aux documents qu'il utilise, nous identifions un processus répétitif dans son travail et les outils qu'il utilise pour réaliser ces travaux.

A.7.1.3 Processus et Outils

L'activité de recherche consiste à apporter de nouvelles contributions sur un problème scientifique. Pour cela, les chercheurs procèdent de différente manières. Dans le contexte de l'étude de cas, le processus qui est commun aux chercheurs de la discipline informatique a été élaboré avec des membres du laboratoire L3I. La figure A.12 présente le processus de recherche du jeune chercheur dans sa recherche de solutions à sa problématique de thèse.

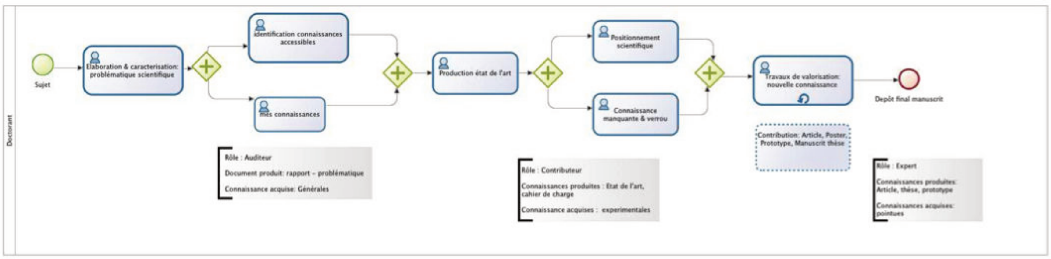


Figure A.12 – Proccess d'activité de recherche

Dans cette figure (figure A.12), les activités du jeune chercheur consistent à :

1. **Élaboration et caractérisation de la problématique scientifique** : Le premier processus du cycle de travail du jeune chercheur consiste à identifier à travers ses lectures les mots-clés concernant son sujet. Ensuite, il peut utiliser ces mots-clés pour faire des recherches dans les différentes bases de données existantes (dans les sources de données universelles). Les outils utilisés dans cette partie sont les **moteurs de recherches**. Les *« connaissances accessibles »* ayant une valeur pertinente pour le jeune chercheur sont transformées en *« mes connaissances »*.

   Les résultats de recherches sont soumis à un trie et à un filtrage de pertinence. Les champs de filtre peuvent être : *l'auteur, la date, le type de document, type de conférence* à travers une lecture rapide du document. Les documents trouvés lors de la recherche sont ensuite importés dans l'environnement numérique de travail et le classement de ce dernier dans sa base de données. Pour certains jeunes chercheurs, cette opération d'importation est très basique, elle consiste à enregistrer le document comme un fichier dans son ordinateur ou à l'imprimer.

2. **production de l'état de l'art** : Dans cette activité le jeune chercheur exploite véritablement le document à travers une lecture plus complète pour déterminer la valeur de ce document dans son travail. Il procède à des surlignages et/ou des insertions de post-it. Cette partie du processus permet d'identifier les méthodes ou solutions existantes, leurs points forts et leurs points faibles. Ces informations peuvent être rassemblées dans une fiche de lecture pour chaque document. Les exemples de réalisation de fiche sont :
   - édition d'un tableau manuscrit avec des champs *(Objet, Méthode, résultat, orientation future, date, auteur, titre, etc.)*
   - remplissage d'une fiche de note Mendeley (avec annotation et complétion des champs disponibles)
   - édition d'une feuille de tableur avec des champs à compléter
   - édition d'un fichier *« .bib »* avec complétion du champ commentaire
   - impression du document avec une évaluation par étoile et classification dans un tableau point fort(+) point faible (-)
   - édition d'un rapport de lecture.

L'assemblage cohérent de ces fiches peuvent constituer une première version du document de l'état de l'art pour le jeune chercheur.

3. **identification des connaissances manquantes et positionnement** : Après la production de l'état de l'art, la prochaine activité pour le jeune chercheur consiste à identifier les éléments manquants parmi les connaissances existantes et dont des fiches ont été réalisées. Ensuite, il doit positionner ses travaux dans ce contexte et présenter les contributions envisagées.
4. **travaux de valorisation** : Cette activité est très importante dans le processus de la recherche scientifique. Elle permet au doctorant d'apporter des propositions de solutions à sa problématique par des expérimentations et des évaluations. Ces propositions sont ensuite discuter avec les travaux connexes de la communauté scientifique à travers la rédaction d'articles et la participation à des conférences. Les travaux du jeune chercheur s'achève par la rédaction d'un manuscrit de thèse qui présente ses contributions, ses résultats et sa méthodologie de travail. Ce manuscrit est présenté devant un jury lors d'une soutenance pour validation par la communauté scientifique.

Les activités des jeunes chercheurs ont permis d'identifier les outils nécessaires dans chaque activité pour l'assister dans ses activités. Ces outils ont été explicitement exprimés à travers leurs besoins.

A.7.1.4 Besoins exprimés et fonctionnalités

Grâce aux réunions avec les jeunes chercheurs et l'analyse de leur parcours et de leurs activités, les jeunes chercheurs ont exprimé leurs besoins. Ils estiment qu'un environnement numérique pour un chercheur devrait comporter un :

1. **système collaboratif et de capitalisation** L'environnement numérique doit permettre un partage des annotations entre un chercheur et ses collaborateurs (par exemple, le jeune chercheur et ses encadrants). Ce système permet au jeune chercheur d'avoir des commentaires structurés (feedback) des encadrants ou des autres membres de son équipe. Il peut à son tour les ré-commenter, pour que le travail se fasse sur le même document avec des évolutions qualitatives. Cet environnement devrait inclure un un système de recommandation, permettant aux utilisateurs de recommander de documents liés au sujet de recherche du chercheur. Il devra faciliter la capitalisation de ses documents.
2. **système d'annotation** : Le système d'annotation sert à faire des annotations sur les différents documents qui ont été déclarés dans l'environnement (surlignage, post-it, etc.).
3. **système de gestion consolidation** L'environnement numérique doit permettre une classification automatique des documents ayant les mêmes mots-clés et/ou les mêmes auteurs (classification plus pertinente). Il doit permettre de synthétiser automatiquement les fiches de lecture en fonction des paramètres choisis par l'utilisateur. En effet, le système de consolidation devra vérifier la cohérence des fiches de lecture, faciliter la composition, assurer la qualité et la pertinence de ces fiches.
4. **recherche contextualisée** Pour les jeunes chercheurs, la gestion consolidée passe par la sélection pertinente des documents dans l'environnement. Pour cela, le système de recherche doit être contextualisé. Il doit intégrer une fonction de recherche plus pertinente et plus contextualisée qui ne se fonde pas seulement sur les mots-clés, mais sur le contexte de l'activité de l'utilisateur.
5. **système de planification** Ce système permet au chercheur d'organiser et de planifier ses tâches. Il pourra exécuter les rappels. Il devrait être composé d'un outil de :

- gestionnaire de tâches ;
- gestion de rendez-vous (réunions, conférences, soumissions, deadlines, formations, missions, cours, etc.) ;
- partage d'agenda avec ses collaborateurs pour faciliter le choix de rendez-vous ou de réunion de travail.

6. **système de compagnon** Ce système permet d'accompagner le chercheur dans la réalisation de ses tâches afin de le décharger de certains opérations automatisables.
7. **système de communication FAQ & FORUM :** L'environnement numérique doit intégrer des fonctionnalités permettant de demander des articles, des documents, poser des questions. **Podcast :** Il doit avoir une fonction permettant d'enregistrer ses réunions avec ses encadrants et de contextualiser les commentaires avec les documents présentés lors des travaux en équipe. Cela permet d'avoir un bon retour et de capitaliser l'intérêt des réunions de travail. **Vidéo conférence :** Il doit inclure une fonctionnalité permettant de travail à distance avec ses collaborateurs ou avec d'autres équipes faisant partie de son réseau social.
8. **boîte à outils** Il doit avoir un espace où les utilisateurs peuvent stocker les outils spécifiques qu'ils utilisent. Cela peut être des des programmes en lien avec les thématiques de recherches, des modèles de sondage, des outils spécifiques de communication etc.

Au-delà des besoins exprimés par les jeunes chercheurs, ils ont exprimé des suggestions pour la mise en œuvre de l'environnement, l'environnement devrait permettre :

- d'afficher le nombre de fois où la ressource a été citée.
- d'afficher le nombre de crédits obtenu au niveau des formations doctorales
- de proposer les fiches du réseau social dès la saisie du titre de la nouvelle ressource si elle existe.
- relier les fiches avec les références (si une fiche a été créée à partir des références d'une autre. Et création automatique de fiche à compléter pour les autres références intéressantes sélectionnées)
- message d'alerte (warning) pour les champs importants mais non encore remplis.
- suivie des travaux par mots-clés et par mêmes auteurs

Les besoins exprimés sont nombreux, mais pour notre étude de cas, nous nous intéresserons spécifiquement aux outils qui permettent aux chercheurs de bien gérer leurs ressources numériques dans un environnement cohérent. C'est ce qui fera la suite de nos travaux, nous nous intéresserons aux fonctionnalités qui sont les plus pertinentes en lien avec l'objectif de notre étude.

A.7.2 Fonctionnalités réalisées

Les fonctionnalités réalisées sont :

- système de gestion de ressources numériques
  Ce module permet d'organiser, de créer et d'annoter les différentes fiches de lecture. C'est dans ce module que l'utilisateur peut décider de partager sa ou ses fiches de lecture avec les membres de son réseau social. La figure 6.18 présente le diagramme de classes du module de gestion de fiche de lecture.
  Une fiche de lecture peut contenir des opérateurs et des règles d'utilisation en fonction du contexte de la situation et des caractéristique de l'utilisateur. Une fiche de lecture est soit crée manuellement par l'utilisateur ou automatique par le système. La gestion des fiches de lecture est le socle de fonctionnement du prototype. Elle permet de fournir des données au système. Un utilisateur dans l'environnement peut avoir plusieurs profils

et chaque fiche est gérer selon un profil particulier. Par exemple, si l'utilisateur crée la fiche avec un profil administrateur avec des droits de modifications, lorsque le même utilisateur avec un profil visiteur ne pourra pas modifier la fiche sans avoir l'autorisation du profil propriétaire de la fiche.

— système de gestion de situations
Le module de gestion des situations permet de créer et d'exécuter des situations. Dans ce module, l'utilisateur peut choisir la ou les fiche de lecture pertinentes avec l'aide des fonctions de sélection de ressources numériques pertinentes que nous avons avons proposés dans nos contributions. La figure 6.21 présente la structure d'une situation dans l'environnement PRISE. Une situation permet de décrire le contexte de l'utilisateur ainsi que ses objectifs pour la réalisation des tâches de cette situation. Une situation contient un ou plusieurs utilisateurs, un ou plusieurs ressources. Après la sélection des ressources dans une situation, nous proposons des mécanismes pour une utilisation adaptative des ressources numériques en fonction du contexte et des caractéristiques de l'utilisateur.

— système de gestion du réseau social
Le module réseau social permet de créer des équipes et d'ajouter des membres dans une équipe. Une équipe est le regroupement de personnes qui partagent les mêmes intérêts sur un sujet ou un thématique. Dans ce module, les utilisateurs peuvent consulter, suivre et importer les fiches de lecture partagées. Le schéma de la figure 6.17 présente les différentes classes de ce module.

— système de gestion de profil utilisateur
Ce module permet de gérer les données associées au profil de l'utilisateur. Il permet à l'utilisateur de remplir son profil. Les données du profil sont utilisées par le système pour adapter le système aux besoins de son utilisateur.

L'annexe A.3 présente plus de détails sur les différentes fonctionnalités de PRISE et la figure 6.22 résume les différentes fonctionnalités décrites ci-dessous. Au stade actuel, d'autres fonctionnalités restent encore à développer surtout les fonctionnalités d'assistance qui sont nécessaires pour assister l'utilisateur dans ses tâches (d'auto-complétion des champs d'une fiche, de recommandation de fiches) et ceux-ci feront l'objet des développements futurs. Lors de l'évaluation dont le détail se trouve dans le chapitre suivant, les utilisateurs ont fait la remarque de la quantité de donnée manuelles à entrer dans les fiches et pour eux il serait idéal d'automatisé la complétion des champs. Cela demande des travaux de recherche pour parvenir à analyser le contenu des documents et proposer des synthèse à l'utilisateur dans les champs des fiches.

A.7.3 Mise en œuvre

Les principaux critères qui ont orienté les choix technologiques du prototype logiciel sont :

— environnement multiplateforme : l'application doit être utilisable sur la majorité des systèmes d'exploitation existants (Unix/linux, MAC OS, Windows, Android, iOS, etc...) ;
— accessibilité et disponibilité : L'application doit être accessible partout à travers une machine connectée à Internet ; Par ailleurs il serait intéressant d'avoir également un version hors ligne sur la machine personnelle de l'utilisateur.
— facile d'utilisation et de configuration : L'application est être facile à configurer et facile à utiliser sans nécessité une expertise particulière.

Ces critères nous ont permis de choisir :

— le langage PHP : PHP fait partie des langages robustes pour construire des applications web. La plus part des CMS web sont construits avec ce langage (Joomla, Drupal, Wordpress etc.). Les applications sont multiplate-formes et ne nécessite aucune installation

particulière du côté de l'utilisateur, c'est la raison pour laquelle nous avons choisi ce langage.

— le Framework Symfony 2.6 : C'est un framework pour la conception d'applications respectant le modèle MVC (Modèle, Vue, Contrôleur). Il permet de concevoir rapidement des applications web en PHP.

— le Framework Bootstrap 3.3 : C'est le framework HTML, CSS et JavaScript le plus populaire pour concevoir des application web. Il permet de développer des applications web adaptatifs, qui s'adapte en fonction du matériel utilisé (Ordinateur de bureau, Ordinateur portable, Tablette, Mobile etc.) ;

— La Base de données MYSQL : MYSQL est reconnu pour sa simplicité, sa facilité d'administration et d'utilisation pour les applications web.

— Les outils Elastic : Elastic offre un ensemble d'outils pour la gestion de données numériques. Les outils que nous avons connectés à PRISE sont :

  — elasticSearch [i] : Un moteur d'indexation implémentant des algorithmes de recherche d'informations (tf-idf)

  — logstash [ii] : outil pour la gestion des traces (logs).

  — kibana [iii] : outil pour la visualisation des données.

  — marvel [iv] : outils de monitoring d'elasticsearch.

La figure A.13 présente l'architecture technique de PRISE. Cette architecture montre la relation entre les différents composants de PRISE.

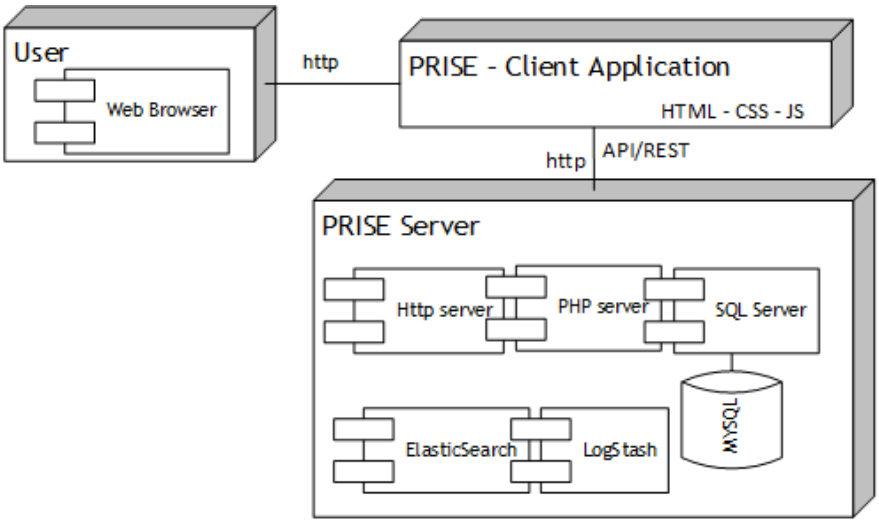


Figure A.13 – Architecture Technique - PRISE

i. https ://www.elastic.co/products/elasticsearch
ii. https ://www.elastic.co/products/logstash
iii. https ://www.elastic.co/products/kibana
iv. https ://www.elastic.co/products/marvel