THEDRE : langage et méthode de conduite de la recherche Traceable Human Experiment Design Research

Nadine Mandran

▶ **To cite this version:**

Nadine Mandran. THEDRE : langage et méthode de conduite de la recherche Traceable Human Experiment Design Research . Méthodes et statistiques. Université Grenoble Alpes, 2017. Français. NNT : . tel-01538599

HAL Id: tel-01538599
https://hal.science/tel-01538599v1

Submitted on 13 Jun 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.

Communauté
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Spécialité : **Informatique**

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée par

Nadine MANDRAN

Thèse dirigée par **Sophie Dupuy – Chessa**

préparée au sein du **Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG)**
dans **l'École Doctorale Mathématiques, Sciences et Technologies de l'Information, Informatique (MSTII)**

THEDRE : langage et méthode de conduite de la recherche

Traceable Human Experiment Design Research

Thèse soutenue publiquement le **24 mars 2017**
devant le jury composé de :

Mme Camille Rosenthal-Sabroux
Professeur, Université Paris-Dauphine, Paris, Rapporteur
Mme, Elise Lavoue
Maitre de conférences HDR, Université de Lyon, Lyon, Rapporteur
Mme Sylvie Pesty
Professeur, Université Grenoble Alpes, Grenoble, Présidente
Mr Gilbert Farges
Enseignant-Chercheur HDR, Université technologie de Compiègne, Compiègne, Examinateur
Mr Patrick Reignier
Professeur, Université Grenoble Alpes, Grenoble, Examinateur
Mme Sophie Dupuy-Chessa
Professeur, Université Grenoble Alpes, Grenoble, Directrice de thèse

Nadine Mandran. 2017. THEDRE : Méthode de conduite de la Recherche en Informatique Centrée Humain. Université Grenoble-Alpes.

CITATIONS

« J.B.Grize (1991) dit plaisamment que les conclusions des exposés présentant les connaissances doivent passer du CQFD (ce qu'il fallait démontrer) au CQFA (ce qu'il fallait argumenter) » [Le Moigne 1995]

C'est l'étude des paradigmes [...] qui prépare principalement le chercheur à devenir membre d'un groupe scientifique particulier avec lequel il travaillera plus tard. »(Khun La Structure des révolutions scientifiques., 1972) [Le Moigne 1995]

La pensée, on l'oublie trop souvent, est un art, c'est-à-dire un jeu de précision et d'imprécision, de flou et de rigueur. E.Morin, le paradigme perdu 1973

UNIVERSUM, C. FLAMMARION, GRAVURE SUR BOIS, PARIS 1888.

A MARGUERITE ET ODILE,

Nadine Mandran. 2017. THEDRE : Méthode de conduite de la Recherche en Informatique Centrée Humain. Université Grenoble-Alpes.

REMERCIEMENTS

Ce travail de doctorat est le fruit d'un travail collectif et collaboratif, je tiens à remercier toutes les actrices et tous les acteurs de cette collaboration fructueuse.

Merci, aux rapporteures : Elise Lavoue, représentante des EIAH, et Camille Rosenthal Sabroux, représentante des SI, d'avoir accepté d'évaluer ce manuscrit. Merci aux membres du jury : Gilbert Farges qui m'a convertie à la démarche d'amélioration continue en 2008, Sylvie Pesty et Patrick Reignier, deux directeurs de thèses qui m'ont toujours accordé leur confiance pour le suivi de leurs doctorants.

Je remercie du fond du cœur ma directrice de thèse, Sophie Dupuy-Chessa, qui a pris le risque d'encadrer et de guider ce travail de doctorat marginal dans la recherche en informatique. Merci à toi de m'avoir remise sur les rails en Juillet 2015 et de m'avoir poussée pour aller plus loin.

Je remercie Nicolas Balacheff qui le premier m'a incitée à rédiger un document sur la méthodologie expérimentale pour les EIAH. Essai transformé !…

Je remercie Béatrice Buccio, amie de la qualité, pour sa relecture attentive de ce document

Je tiens à remercier tous les doctorantes et les doctorants que j'ai eu le plaisir de suivre pendant leurs travaux expérimentaux. C'est à vous que je dois ce travail de réflexion qui, aujourd'hui, donne lieu à la rédaction de ce manuscrit. Je pense à Charlotte, Céline, Luz Maria, Marco, Corinne G., Mario, Amira, Fatemeh, Rémy, Raffaella, Sandra, Anne, Christelle, Emeric, Etienne, Quentin, Lauren, Guillaume, Sonia, Reynaldo, Nicolas, Sébastien, Thomas, Manel, William, Lionel, Corinne, Catherine, Hakim, Nathalie, Fatoumata, Ben, Cécile, Eric, Mathieu…

Je remercie aussi toutes les directrices et tous les directeurs de thèse qui m'ont fait confiance en me déléguant la responsabilité de suivre les expérimentations de leurs doctorantes et doctorants… Je pense à Dominique, Agnès, Gaëlle, Sylvie, Laurence, Sophie, Patrick, Joëlle, Jim, Alexandre, Christine, Vanda, Jean-Marc, Cyrille, Muriel, Jean-Philippe, Dom, Patricia, Paolo, Isabelle, Florence, Bruno, Paule-Annick, Catherine, Vincent…

Je remercie chaleureusement Gaëlle Calvary, Eric Gaussier pour m'avoir soutenue, encouragée et fait confiance dans ce travail. Je remercie Sylvie Truchon et Laurence Caillat pour m'avoir aidée dans les démarches administratives de cette VAE de doctorat, et, entre autre, d'avoir obtenu un financement pour ce projet. A travers vous, je remercie le CNRS qui offre aux agents la possibilité de se former et d'évoluer tout au long de leur carrière.

Je voudrais aussi remercier Zilora Zouaoui, assistante de l'ED MSTII, et Laurent Besacier, directeur de l'ED MSTII pour avoir géré ce dossier un peu particulier de VAE : cas assez mal connu par ADUM…

Merci à toutes mes amies, amis et à ma famille qui ont beaucoup entendu parler de ce travail ces derniers mois… et qui ont su montrer beaucoup de patience à mon égard…

Je terminerais en remerciant mon mari Gérard qui m'a toujours laissé toute la liberté que je souhaitais pour aller plus loin dans mes projets scolaires tardifs.

Enfin, merci à cette petite voiture rouge de m'avoir emmenée ailleurs et plus loin…

TABLES DES MATIERES

1 Introduction
1.1 Contexte 12
1.2 Caractéristiques de la Recherche en Informatique Centrée Humain (RICH) 13
1.3 Les sciences de l'artificiel 17
1.4 Problématique 19
1.5 Conclusions 21
1.6 Organisation du document 22

2 Fondements
2.1 Paradigmes épistémologiques 25
2.1.1 Qu'est-ce que la connaissance scientifique et quel est son mode d'investigation ? 26
2.1.2 Comment la connaissance est-elle constituée ou engendrée ? 30
2.1.3 Comment apprécier la valeur ou la validité de la connaissance ? 31
2.1.4 Conclusion 33
2.2 Méthodes de production et d'analyse des données 34
2.2.1 Objectif des méthodes qualitative et quantitative 35
2.2.2 Production et analyse de données 36
2.2.3 Une mixité des méthodes pour la RICH 38
2.3 Démarche Centrée Utilisateur 39
2.4 Traçabilité, démarche d'amélioration continue et indicateurs 41
2.4.1 Traçabilité 41
2.4.2 Démarche d'Amélioration Continue (DAC) 42
2.4.3 Indicateurs de qualité 43
2.5 Modélisation des processus et BPMN 45

3 Etat de l'art : Méthodes de Conduite de la Recherche
3.1 Design Based Research 54
3.1.1 Fondements 54
3.1.2 Caractéristiques de la DBR 55
3.1.3 Le DBR & les outils activables (EIAH) 58
3.1.4 Synthèse sur la méthode DBR 59
3.2 Design Science pour les recherches en Sciences de l'Information 61
3.2.1 Fondements 61
3.2.2 Modèle initial [Hevner et al. 2004] 62
3.2.1 Ajout d'un processus au modèle initial par [Peffers et al. 2006] 65
3.2.1 Modification du modèle par [Gregor and Hevner 2013] 66
3.2.1 Modification du cycle de pertinence par [Drechsler and Hevner 2016] 68
3.2.2 Ajout de deux cycles au modèle initial par [Uysal 2016] 68
3.2.3 Synthèse sur la méthode Design Science et ses extensions 69
3.3 Recherche action et Action Design Research pour les recherches en GL. 71
3.3.1 Fondements de la recherche action 72
3.3.2 Action Design Research [Sein et al. 2011] 73
3.3.3 Synthèse sur la méthode Design Action Research pour le GL 76
3.4 Dialogical Model pour les recherches en Sciences de Gestion 78
3.4.1 Paradigme et validation des connaissances 78
3.4.2 Caractéristiques du Modèle Dialogique 79

3.4.3 Synthèse sur le Modèle Dialogique 82
3.5 Synthèse sur les méthodes étudiées 85

4 Paradigme et Formalisme pour une méthode traçable en RICH
4.1 Le Constructivisme Pragmatique pour la méthode THEDRE 91
4.2 Concepts de la méthode THEDRE 93
4.2.1 Terminologie pour la méthode THEDRE 93
4.2.2 Acteurs et rôles de la méthode THEDRE 94
4.3 Vision globale de la méthode THEDRE 95
4.4 Organisation, Découpage et Traçabilité dans la méthode THEDRE 97
4.4.1 Cycle PDCA pour organiser la méthode THEDRE 98
4.4.2 Tâches et blocs pour découper les sous-processus 99
4.4.3 Traçabilité pour la méthode THEDRE 99
4.4.4 Indicateurs de traçabilité pour la méthode THEDRE 100
4.4.5 Formalisme des indicateurs dans le modèle THEDRE 102
4.5 Langage de modélisation d'un processus de recherche en RICH 103
4.5.1 Une extension de BMPN 103
4.5.2 Syntaxe abstraite d'un langage de conduite de la recherche en informatique centrée humain. 106
4.5.3 Syntaxe graphique pour la méthode THEDRE 109
4.5.4 Conclusions sur le langage de processus THEDRE 111

5 Méthode de conduite de la recherche : THEDRE
5.1 Sous-processus, blocs et tâches de la méthode 114
5.1.1 Sous-Processus « Planification de la recherche» du modèle THEDRE 115
5.1.2 Sous-Processus « Expérimentation » 126
5.1.3 Sous-Processus « Contrôle de la production expérimentale » 137
5.1.4 Sous-Processus « Construction et prise de décision» 139
5.2 Manuel des bonnes pratiques de conduite de la recherche pour THEDRE 142
5.2.1 Description des guides pour conduire une recherche avec THEDRE 143
5.2.2 Logigramme pour choisir les méthodes de production des données. 150
5.2.3 Livrables : des facilitateurs pour la pluridisciplinarité. 153
5.2.4 Conclusion 154
5.3 Outils activables pour THEDRE : application web dynamique 154
5.3.1 Applications et techniques utilisées 155
5.3.2 Fonctionnalités pour le « Chercheur en RICH» et le « Méthodologue » 155
5.4 'Perception' de THEDRE 161

6 Construction et Evaluation de THEDRE
6.1 Contexte de travail, méthodes de construction et d'évaluation de THEDRE 164
6.2 Construction de la méthode THEDRE 165
6.2.1 Système d'information et IDM 165
6.2.2 Ingénierie des interfaces Homme-Machine (IIHM) 171
6.2.3 Tests utilisateurs pour des interfaces innovantes -2008-2014- 175
6.2.4 Environnement Informatiques pour l'apprentissage Humain (EIAH) 177
6.2.5 Ingénierie des systèmes multi-agents (SMA) 180
6.2.6 Conclusion sur la construction de THEDRE 182
6.3 Evaluation de la méthode THEDRE 185
6.3.1 Evaluation du langage et du processus expérimentation 185

6.3.2 Résultats 186
6.3.3 Evaluation de l'utilisabilité des guides proposés dans la méthode THEDRE 191
6.3.4 Résultats 192
6.3.5 Conclusion sur l'évaluation de THEDRE 194

7 Discussion et Perspectives
7.1 Rappel des contributions 197
7.2 Discussion par rapport aux critères posés dans l'état de l'art 198
7.3 Perspectives 200

Références 203

ANNEXES 213
I. Objectifs de la RICH et exemples d'outils à construire 213
II. Dictionnaires de concepts 231
III. Manuel des bonnes pratiques pour THEDRE 233
IV. Grilles d'analyse des verbatims pour une analyse thématique 241
V. Evaluation du langage de modélisation THEDRE 242
Protocole expérimental 242
Guide d'animation des évaluations de THEDRE 243
Questionnaire 244
VI. Evaluation de l'utilisabilité des guides de THEDRE 245
Protocole d'évaluation de l'utilisabilité des guides 245
Guide d'animation des passations pour l'évaluation de l'utilisabilité des guides 246
Diaporama de présentation de l'expérimentation 247
Questionnaires 247
VII. Description des entités pour l'application « Designstudy » 249
Entités pour l'application « Designstudy » 249
Modèle logique de l'application «DesignStudy » 253

FIGURES

Figure 1 : Illustration des concepts: instrument, connaissance scientifique, outil activable et composants appliqués au modèle DOP8. 16
Figure 2 : Caractéristiques de la Recherche en Informatique Centrée Humain : composée de connaissances scientifiques liées à un outil activable (symbole lien) et construite par itérations successives (symbole boucle) 17
Figure 3 : Description des méthodes de production qualitatives et quantitatives selon leurs objectifs, le type d'échantillon, les outils de prise de mesures, les données produites et l'analyse des données. 38
Figure 4 Roue de Deming : 4 actions et un processus d'amélioration continue [Sokovic et al. 2010] 42
Figure 5 : Exemples de symboles affordants utilisés dans BPMN2.0 48
Figure 6 : Modélisation d 'un processus de commande de matériels. 48
Figure 7 : Exemple de Intelligent Tutoring System Copex Chimie (Ref)[Girault and d'Ham 2014] 58
Figure 8 : Exemple de Serious Games : Tamagocours [Sanchez et al. 2015] 58
Figure 9 : Design science research model ([Hevner et al. 2004] adapté par [Hill 2009] et publié dans [Hevner 2012] 64
Figure 10 : Processus proposé par [Peffers et al. 2006] pour améliorer le design science proposé par Hevner en 2004. 66
Figure 11 : Les 4 cycles du Design Science - version 2016. 68
Figure 12 : Framework proposé par [Uysal 2016] 69
Figure 13 : Cycle action research proposé par [Hult and Lennung 1980] 73
Figure 14 : Schema Action Design Research [Sein et al. 2011] 74
Figure 15 : Modèle Dialogique [Avenier and Cajaiba 2012] 81
Figure 16 : Méthode THEDRE : 3 contextes, 5 sous-processus, 4 Acteurs, Cycle PDCA et Démarche centrée utilisateur (DCU) 97
Figure 17 : Métamodèle BPMN2 : OMG: Business Process Model and Notation v. 2.0 (BPMN 2.0), 2011 104
Figure 18 : Syntaxe graphique pour les éléments de flux 104
Figure 19 : Métamodèle de description de THEDRE 108
Figure 20 : Syntaxe graphique pour les sous-processus, les blocs et les tâches dans THEDRE 109
Figure 21 : Syntaxe abstraite pour piloter le séquencement des sous-processus, des blocs et des tâches 110
Figure 22 : Syntaxe graphique du langage de conduite de la recherche en informatique centrée humain 110
Figure 23 : Représentation des 5 sous-processus et des 9 blocs de la méthode THEDRE avec le langage 114
Figure 24 : Formalisation du bloc « Faire le bilan de l'existant » avec le langage conçu pour THEDRE 117
Figure 25 : Formalisation du bloc N°2 « Concevoir l'instrument à produire par la RICH » 120
Figure 26 : Diagramme d'orchestration des expérimentations. 123
Figure 27 : Exemple de diagramme d'orchestration pour les expérimentations liées au modèle DOP8 124
Figure 28 : Formalisation du bloc N°3 « Définir l'outil activable à construire et à évaluer » 125
Figure 29 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc n°4 pour le processus "Expérimentation" 129
Figure 30 : Formalisation du bloc n°4 « Concevoir des expérimentations » 130
Figure 31 : Formalisation du bloc N°5 « Créer le matériel expérimental » 133
Figure 32 : Formalisation du bloc N°6 « Produire et analyser des données » 136
Figure 33 : Formalisation du bloc n°7 : « Contrôler la production expérimentale » 138
Figure 34 : Formalisme du bloc n°8 : « Construire la connaissance scientifique » 140
Figure 35 : Formalisation du bloc n°9 « Communiquer ou approfondir » 141
Figure 36 : Logigramme pour guider le chercheur dans le choix des méthodes de production des données 152
Figure 37 : Diagramme de cas d'utilisation de l'application pour le « Chercheur» 157
Figure 38 : Description des données d'une expérimentation conduite sur le logiciel EDBA. 158
Figure 39 : Fichier de données expérimentales : traces d'activité des étudiants sur le logiciel EDBA. 158
Figure 40 : Premier écran de saisie pour définir la question de recherche dans la méthode THEDRE 159
Figure 41 : Ecran pour assister les chercheurs dans les critères à associer pour réaliser un entretien en face à face. 160

Figure 42 : Diagramme de cas d'utilisation de l'application pour le « Méthodologue » 161
Figure 43 : Schémas réalisés par des utilisateurs avec une syntaxe abstraite 168
Figure 44 : Expérimentation pour créer la méthode ISEA avec des utilisateurs 169
Figure 45 : les deux application ISEA : à gauche celle développée avec Second Life et à droite celle développée en intégrant les besoins de l'utilisateur. 169
Figure 46 : Une image de la maquette Powerpoint qui contient deux éléments de la connaissance scientifique à construire et à évaluer. 173
Figure 47 : Schémas d'IHM produits lors de la deuxième séance de focus-groups 173
Figure 48 : exemple de combinaison d'objet pour inciter les utilisateurs à imaginer de nouveaux services 175
Figure 49 : Tests utilisateurs pour le dispositif de pointage « Touch over » [Vincent et al. 2013] 176
Figure 50 : ScenLRPG : jeu collaboratif pour concevoir des formations (carte d'action et pions) 179
Figure 51 : Séance de focus-groups pour évaluer le jeu ScenLRPG. [Pernin et al. 2012] 180
Figure 52 : Outil prototype support à ScenLRPG 180
Figure 53 : Expérimentation exploratoire lors du Salon Innorobot 2012. 182
Figure 54 : Etapes de construction et d'évaluation de la méthode THEDRE 2008-2016 184
Figure 55 : Orchestration des expérimentations pour le langage THEDRE et les guides associés. 185
Figure 56 : Meta-modèle THEDRE avant les modifications apportées par les utilisateurs 187
Figure 57 : Première version de la syntaxe graphique évaluée lors des focus-groups 188
Figure 58 : Bloc « concevoir des expérimentations » évalué lors des focus-groups 189
Figure 59 : Bloc « concevoir des expérimentations » après l'évaluation 189
Figure 60 : Note d'utilisabilité du langage THEDRE selon 7 critères (moyenne sur 10) 191
Figure 61 : Tableau pour analyser des verbatims d'entretiens 241
Figure 62 : Table des matières avec les thèmes et sous-thèmes pour une analyse thématique des entretiens, construite avec les styles de word. 241
Figure 63 : Une instanciation de THEDRE : Modèle logique de l'application développée par T.Guldalian 2015 253

TABLEAUX

Tableau 1 : Etude comparative de 4 paradigmes épistémologiques : Qu'est ce que la connaissance dans ces 4 paradigmes ? _____ 28
Tableau 2 : Etude comparative de 4 paradigmes épistémologiques : Valeur et validité de la connaissance produite [Avenier and Thomas 2015]. _____ 32
Tableau 3 : Exemples de définition d'indicateurs de qualité avec les 10 critères de [Polańska et Zyznarski 2009]. ____ 44
Tableau 4 : Catégories et critères pour étudier et comparer les 4 méthodes de conduite de la recherche _____ 53
Tableau 5 : Légende pour schématiser le niveau de validité de nos critères sur l'état de l'art _____ 54
Tableau 6 : Tableau synoptique pour évaluer la méthode DBR sur la base de nos 17 critères. _____ 61
Tableau 7 : niveaux de maturité d'un projet de recherche définis par [Gregor and Hevner 2013] _____ 67
Tableau 8 : Caractérisation de la théorie et des connaissances par [Uysal 2016] _____ 69
Tableau 9 : Tableau synoptique pour évaluer la méthode Design Science sur la base de nos 17 critères _____ 71
Tableau 10 : Tableau synoptique pour évaluer la méthode Action Design Research sur la base de nos 17 critères ___ 77
Tableau 11 : Catégories et critères pour comparer les 4 méthodes de conduite de la recherche. _____ 87
Tableau 12 : Critères de validité et de valeur de la recherche construite avec le modèle THEDRE _____ 93
Tableau 13 : Guide pour décrire les indicateurs d'activité, de production ou d'objectifs du sous-processus ou de qualité des données. _____ 103
Tableau 14 : Tableau de synthèse sur les utilisations des concepts BPMN, leurs adaptations et les ajouts. _____ 105
Tableau 15 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc 1 pour le processus "Planification" _____ 117
Tableau 16 : Liste des indicateurs de traçabilité du Bloc N°2 pour le processus « Planification ». _____ 119
Tableau 17 : Guide de « Décomposition de l'outil activable » _____ 121
Tableau 18 : Exemple d'une fiche « décomposition de l'outil activable » dans le cas de la construction d'un modèle pour concevoir des plateformes de production de données, d'opérateurs et d'analyse de données. _____ 124
Tableau 19 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc n°3 pour le processus "Planification" _____ 125
Tableau 20 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc n°5 pour le processus "Expérimentation" _____ 132
Tableau 21 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc n°6 pour le processus "Expérimentation" _____ 135
Tableau 22 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc n°7 pour le processus "Contrôle" _____ 138
Tableau 23 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc n°8 pour le processus "Construction et prise de décision » _ 140
Tableau 24 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc n°9 pour le processus "Construction et prise de décision" __ 141
Tableau 25 : Liste des guides et des modèles de documents de traçabilité du processus répartis par bloc _____ 143
Tableau 26 : Guide « Brainstorming » : Questions et aides pour la réponse _____ 144
Tableau 27 : Description du guide pour la rédaction du le protocole expérimental _____ 145
Tableau 28 : Description des éléments qui constituent le guide d'animation. _____ 147
Tableau 29 : Guide « Synthèse des expérimentations » pour le bloc n°6. _____ 148
Tableau 30 : Description du guide de « capitalisation des données et des scénarios d'analyse » pour le bloc N°6. __ 149
Tableau 31 : Méthodes associées au logigramme Figure 36 _____ 153
Tableau 32 : Répartition des rôles selon les blocs de la méthode THEDRE. _____ 154
Tableau 33 : Dictionnaires des 24 concepts utilisés pour le langage THEDRE répartis en 6 « meta-concepts ». _____ 232

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1 Contexte 12
1.2 Caractéristiques de la Recherche en Informatique Centrée Humain (RICH) 13
1.3 Les sciences de l'artificiel 17
1.4 Problématique 19
1.5 Conclusions 21
1.6 Organisation du document 22

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte

La conduite de la recherche est un métier d'expertise car d'une part, il fait appel à la connaissance précise d'un domaine et d'autre part, il demande des compétences en méthodologie expérimentale. Claude Bernard (1813-1878) énonce ce propos ainsi : *« Le savant complet est celui qui embrasse à la fois la théorie et la pratique expérimentale. Il constate un fait ; à propos de ce fait, une idée naît dans son esprit ; en vue de cette idée, il raisonne, institue une expérience, en imagine et en réalise les conditions matérielles. De cette expérience résultent de nouveaux phénomènes qu'il faut observer, et ainsi de suite. ».* Cette compétence en expérimentation n'est pas toujours acquise par les jeunes chercheurs et lorsque les étapes expérimentales doivent être conçues, ils sont le plus souvent démunis devant cette tâche. Ce processus expérimental est d'autant plus difficile à mettre en place quand il s'agit d'étudier l'humain et de prendre en compte le contexte dans lequel il vit car il faut mobiliser des techniques des Sciences Humaines et Sociales (SHS). Nous avons ainsi identifié ce problème au niveau de la conduite de la recherche en informatique qui nécessite de faire appel à des utilisateurs pour construire et évaluer une connaissance scientifique. Les utilisateurs sont les personnes mobilisées par le chercheur pour qu'il construise, par exemple, un modèle de leur activité. Ce sont les utilisateurs finaux de l'application produite par les travaux de recherche. Ce type de recherche est donc confrontée à l'intégration de l'humain et de son environnement familial, professionnel, etc. Nous nommerons ce type de Recherche Informatique Centrée Humain (RICH).

Depuis 2008, nous avons travaillé avec des doctorants pour les accompagner dans l'élaboration de ces protocoles expérimentaux pluridisciplinaires afin qu'ils puissent répondre à leur problématique de thèse. Nous avons co-encadrés ces travaux au Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG), dans d'autres laboratoires (Cristal Lille, LIP6 Paris, IFE Lyon, Département de Géographie Saint Etienne, IFE Lyon) et dans deux entreprises lors du suivi de thèses CIFRE. Au total, ce sont 29 travaux de doctorats et 6 projets de recherche qui ont été suivis. Dans le cadre de ces travaux, cinq spécialités de la RICH ont été approchées : 1- l'Ingénierie des Interfaces Homme-Machine (IIHM), 2- les Systèmes d'Informations (SI), 3- les Environnements Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH), 4- l'ingénierie des Système Multi-Agents (SMA) et 5- la Géomatique. Comme présenté dans l'annexe I.I, les objectifs de recherche de ces spécialités sont différents ; les outils applicatifs construits sont également de natures différentes. Cependant, nous avons identifiés certains points communs : 1- la nécessité d'intégrer l'utilisateur et son contexte à certaines étapes pour construire ou évaluer l'objet, 2- la nécessité de construire un outil pour que des tests puissent être conduits avec l'utilisateur et 3- de procéder de manière itérative dans cette construction afin de faire évoluer l'outil et la contribution de recherche. Au cours de ces travaux nous avons aussi constaté le manque de pratique des chercheurs dans la traçabilité des différentes étapes suivies pour élaborer leurs travaux de recherche. La traçabilité est importante car elle garantit un certain niveau de répétabilité des résultats dans le domaine de la RICH.Cette notion de traçabilité de la recherche correspond à la capitalisation des actions faites, des données et

des documents produits et des résultats obtenus. Selon le Larousse, l'action de capitaliser consiste à *accumuler quelque chose pour en tirer profit ensuite.* La capitalisation n'est donc pas une simple fonction d'archivage, mais contient un ensemble de fonction : mémorisation, accessibilité, disponibilité, pertinence et de réutilisation pour pouvoir être pour en tirer des avantages et de nouvelles capacités. C'est dans cette définition que nous nous inscrivons dans ce document pour évoquer la capitalisation.

Cette difficulté à intégrer l'humain dans le processus expérimental de la RICH et celle de la traçabilité de ce type de recherche peuvent paraître surprenant car des méthodes de conduite de la recherche pour la RICH ont été formalisées [Hevner 2012], une littérature foisonnante existe sur les méthodes de production des données [Paille and Mucchielli 2011], [Creswell 2013] et des méthodes d'ingénierie pour l'informatique sont enseignées [Martin 2003]. Cependant, le travail conduit avec les chercheurs a montré que cette activité experte est difficile à acquérir et plus particulièrement sur les expérimentations nécessitant l'introduction de l'humain pour construire et évaluer une connaissance scientifique à dominante technique.

La contribution que nous présentons dans ce document tente de répondre à ce problème. La méthode THEDRE que nous proposons a pour finalité d'accompagner les doctorants et les chercheurs dans leurs travaux de recherche en se concentrant sur les aspects expérimentaux dans un contexte pluridisciplinaire et de leur fournir des outils pour garantir la traçabilité de leurs travaux. Tout d'abord, nous allons définir les caractéristiques de la RICH et la positionner en tant que science de l'artificiel [Simon 2004].

1.2 Caractéristiques de la Recherche en Informatique Centrée Humain (RICH)

L'introduction de l'utilisateur est une première caractéristique de la RICH. La seconde caractéristique fondamentale de ce type de recherche est son objectif dual. Il s'agit d'une part de produire de la **connaissance scientifique** et d'autre part des **outils** pour accompagner l'activité humaine (p.ex., un langage, un dictionnaire, une interface, un modèle). Ces deux productions sont totalement entrelacées et interdépendantes. Ainsi, une expertise métier peut être modélisée par un langage (p.ex., une extension d'UML) ; le modèle en résultant contribue à la conception d'une application informatique. Le langage est une connaissance scientifique. L'application informatique est un **outil** dans le sens où l'utilisateur va pouvoir l'utiliser pour réaliser une activité (p.ex., développer un système d'information spécifique, fournir un nouvel outil d'interaction). Cet **outil est dépendant de la connaissance scientifique** produite ; son utilisation par des utilisateurs peut être un générateur de nouvelles connaissances scientifiques. Par exemple, la modélisation d'une pratique métier telle que la prise en compte du temps d'exécution va demander de faire évoluer le langage de modélisation du modèle.

Pour préciser la terminologie que nous emploierons dans le cadre de la RICH, nous définissons six termes :

Nous souhaitons tout d'abord clarifier deux termes de manière à ne pas introduire de confusion dans la lecture de ce document.

La **méthodologie** est : « une branche de la logique étudiant les méthodes des différentes sciences. Ensemble de règles et de démarches adoptées pour conduire une recherche. » ([TLF 2016]). L'étymologie de méthodologie vient du latin emprunté au grec ancien : poursuite ou recherche d'une voie et ***logos*** qui désignent des disciplines du savoir. La méthodologie est donc l'étude des méthodes pour en créer et les faire évoluer.

La méthode est le résultat de travaux en méthodologie. La définition à laquelle nous nous attachons est « Manière de faire quelque chose suivant une certaine habitude, selon une certaine conception ou avec une certaine application. » ([TLF 2016]). Le terme de méthode demande à être qualifié. Nous parlerons de méthode de la recherche, de méthode expérimentale, de méthode de production des données ou de méthode d'analyses des données.

Connaissance scientifique dans le cadre de la RICH : elle représente la production de la recherche. Elle se construit sur la base de connaissances passées. La construction de nouvelles connaissances apporte une **valeur ajoutée** aux connaissances scientifiques précédentes. Cette valeur ajoutée sera évaluée lors des phases d'expérimentations. En RICH, elle prend différentes formes : modèle, concept, langage, application, etc. Par exemple, **[**Ceret 2014] a produit un nouveau modèle de processus pour la conception d'IHM**.** Nous affinerons la définition de la connaissance scientifique dans la RICH par un ancrage dans un paradigme épistémologique (section 4.1). Le paradigme épistémologique correspond à la manière dont la connaissance scientifique va être construite et évaluée, avec ou sans la prise en compte de l'humain et de son contexte.

Outil activable : il représente la connaissance scientifique dans une forme utilisable par l'utilisateur. **L'outil activable est le média entre l'utilisateur et la connaissance scientifique.** Il est dynamique, s'il est supporté par une technique (p.ex., application) ou statique si l'outil existe mais qu'il n'est pas supporté par un dispositif technique. Concrètement, il peut s'agir d'un dictionnaire des concepts pour élaborer un modèle conceptuel. Les termes et définitions de ce dictionnaire sont présentés aux utilisateurs, pour qu'ils donnent leur avis sur les termes proposés. Il peut s'agir, aussi bien d'une maquette papier pour observer les premières réactions d'un utilisateur, que d'une application informatique en version bêta que le chercheur souhaite améliorer et où l'utilisateur fait part des difficultés rencontrées pendant des tests. Dans le cas des Systèmes d'Informations (SI), il peut s'agir aussi des symboles pour représenter les concepts qui sont dessinés et validés par des utilisateurs. Lors des expérimentations, l'outil activable est construit, amélioré et évalué. Dans certains cas, l'outil activable est décomposable en sous-parties que nous appelons «composants activables ».

Composant activable : ce sont les **différentes parties de l'outil activable**. Ces parties forment un tout, mais elles peuvent être isolées les unes des autres pour être construites et évaluées avec l'utilisateur. Les composants sont eux-mêmes des outils activables dans le sens où l'utilisateur peut les utiliser**.** Les composants activables sont construits et évalués, de manière indépendante les uns des autres, avec des utilisateurs ou non. La composition des composants forme un tout qui est l'outil activable. Par exemple, une application en géomatique pour des agents responsables de travaux sur les lignes de la SNCF [Saint-Marc et al. 2016] est composée d'une terminologie propre à ce métier, d'une organisation des données, de fonctionnalités utiles à ces agents, d'une légende des symboles et d'une interface homme-machine. Les différents composants activables qui

composent l'outil activable ainsi que leur état de développement doivent être identifiés pour les construire et les évaluer lors de la phase d'expérimentation.

Instrument : il est composé de la **connaissance scientifique et l'outil activable.** En règle générale, la connaissance scientifique et l'outil activable sont entrelacés et interdépendants. [Aboulafia 1991] précise cette complémentarité entre théorie et artefact : *« who argue that truth (justified theory) and utility (artifacts that ar effective) are two sides of the same coin and that scientific research should be evaluated in light of its practical implications ».*

Expérimentation : c'est une étape de la recherche pour recueillir des données de terrain et les analyser afin de construire et évaluer l'instrument de la recherche. Plus exactement, l'expérimentation va permettre de construire et d'évaluer l'outil activable instanciation de la connaissance scientifique. Cette étape peut mobiliser l'utilisateur dans son contexte (*in situ*) pour recueillir ses représentations du « monde connu ». L'utilisateur peut également être étudié hors contexte (in lab). L'expérimentation permet aussi de tester les caractéristiques techniques de l'outil activable sans que l'utilisateur soit obligatoirement impliqué (p.ex., test de performance, de rapidité). Dans le cadre de la RICH, ce sont plusieurs expérimentations qui sont conduites pour construire et évaluer l'instrument. L'**expérimentateur** est la personne qui gère l'expérimentation sur le terrain avec l'utilisateur. Cette gestion du terrain est appelée «**passation »**[1]**.**

Pour illustrer ces termes, nous prenons comme exemple le modèle DOP8 proposé par [Mandran et al. 2015]. La finalité de ce modèle est de définir des concepts et leurs relations pour accompagner les développeurs dans le développement de plateformes d'analyse de données qui mixent trois fonctionnalités : 1- la production de données (partie gris clair du graphe) , 2- la production d'opérateurs d'analyse de données (partie gris foncé) et 3- l'analyse des données (partie noire), c'est à dire la mise en œuvre d'opérateurs sur des données pour produire des résultats interprétables). L'utilisateur final de ce type de plateforme est un non-expert en analyse de données. Par exemple, au niveau de la production de données, une enseignante recueille les notes des élèves en mathématiques et en français. Au niveau de la production d'opérateur, un développeur propose un opérateur pour calculer le niveau de réussite des élèves. Au niveau de l'analyse, l'enseignante applique cet opérateur sur les données produites, pour cela elle a besoin d'un environnement pour relier les données aux opérateurs et produire des résultats. Le modèle DOP8 formalise ces trois concepts ; c'est une connaissance scientifique (partie gauche de la Figure 1).

[1] Action de passer (un test, une épreuve). Trésor de la Langue Française. http://atilf.atilf.fr/tlf.htm

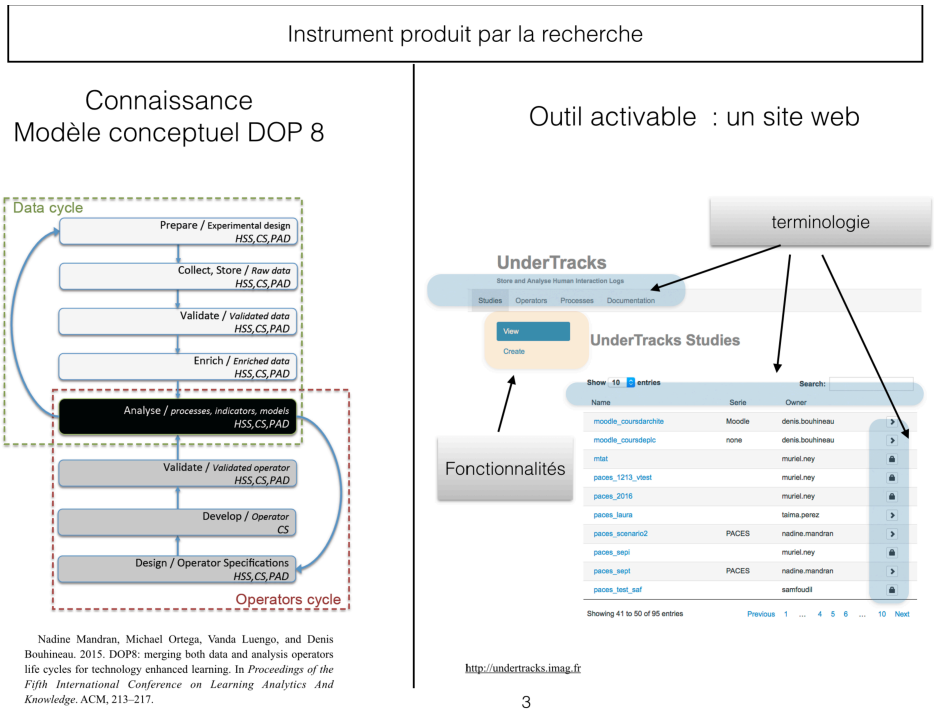


Figure 1 : Illustration des concepts: instrument, connaissance scientifique, outil activable et composants appliqués au modèle DOP8.

Pour construire DOP8, des experts en analyse de données ont été observés afin de construire un modèle et un outil accessible à des non-experts. Ils ont été observés dans la pratique de leur métier, ensuite un outil activable en version bêta a été construit. Il a été testé avec les experts. Il a été amélioré et ensuite il a été testé avec des non-experts. Aujourd'hui, cet outil activable est un site web[2] il est constitué de deux composants activables : une terminologie et un ensemble de fonctionnalités (partie droite de la Figure 1). Le site web [Undertracks plateforme 2014] est une des instanciations possibles du modèle DOP8. L'instrument de la recherche contient le modèle DOP8 et son instanciation, sous la forme d'un site web.

Nous caractérisons la RICH par une recherche dont l'objectif est de produire un instrument qui comporte de la connaissance scientifique et un outil activable. Pour élaborer ces outils, les utilisateurs et leur contexte sont intégrés dans le processus de recherche. **L'outil activable devient le média entre l'utilisateur et la connaissance scientifique.** Pour mobiliser les utilisateurs dans le processus de recherche, des expérimentations sont conduites pour produire des données. L'analyse de ces dernières fera évoluer la connaissance scientifique et l'outil activable. La RICH est donc une recherche dont l'instrument est composé de connaissances scientifiques et d'outils activables (symbole du lien) (Figure 2). Le chercheur mobilise des utilisateurs lors d'expérimentations itératives (symbole du cycle sur le schéma) pour construire et évaluer la connaissance scientifique et l'outil activable. L'outil activable est créé par le chercheur

[2] Par souci de lisibilité, nous avons simplifié la présentation de l'instanciation de DOP8 qui comprend un site web et une plateforme web pour construire les processus d'analyse et les sauvegarder. [Projet Undertracks 2014]

à partir de l'observation de l'humain ; cet outil activable permettant en retour de comprendre l'humain et d'enrichir la connaissance scientifique. Cette dualité est le propre des sciences de l'artificiel [Simon 2004] que nous allons décrire dans la section suivante.

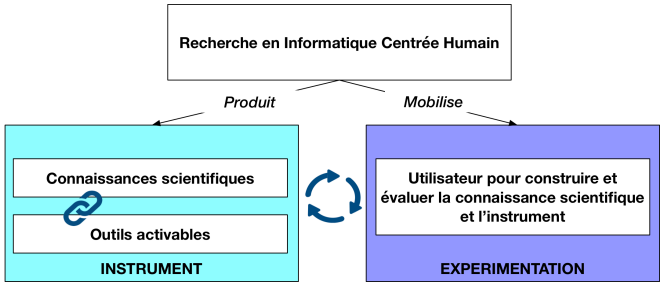


Figure 2 : Caractéristiques de la Recherche en Informatique Centrée Humain : composée de connaissances scientifiques liées à un outil activable (symbole lien) et construite par itérations successives (symbole boucle)

1.3 Les sciences de l'artificiel

En ce qui concerne la science informatique, J.L.Le Moigne note *« pour être compris, les systèmes doivent d'abord être construits, puis leurs comportements observés ».* La construction des objets artificiels est nécessaire à l'élaboration de la recherche. Il ajoute *« l'analyse théorique doit être accompagnée de beaucoup de travaux expérimentaux ».* Ainsi, les objets artificiels doivent être construits avec l'utilisateur et son contexte. Ensuite, ils sont mis à l'épreuve avec ce même utilisateur.

Pour nous éclairer sur les spécificités des objets conçus par les sciences de l'artificiel, J.L.Le Moigne [Simon 2004] utilise l'exemple d'une horloge. Elle a été conçue avec l'**intention** de donner l'heure, elle peut se décrire avec des **éléments physiques** (p.ex., roues dentées), avec des **propriétés** (p.ex., forces engendrées par des ressorts) et avec un **contexte de fonctionnement** (p.ex., le découpage des heures, le lieu d'utilisation). Ainsi, la conception d'un *« objet artificiel »* demande de s'intéresser à plusieurs éléments *« l'intention, les caractéristiques de l'objet artificiel (c.-à-d. éléments physiques et propriétés) et l'environnement dans lequel il est mis en œuvre »*. L'objet artificiel [3] « peut être considéré comme une interface entre un environnement « interne », la substance et l'organisation de l'artéfact lui-même et un environnement « externe », les alentours dans lesquels il est mis en œuvre ».

[3] Le terme d'artéfact (artefact en anglais) est souvent utilisé pour désigner l'objet artificiel produit. Nous conserverons la notion d'objet artificiel car les définitions du terme artéfact sont multiples et confondantes. En particulier, le TLF définit artéfact par « Peut se dire de tout ce qui, provenant d'autre chose, peut camoufler ou surcharger les manifestations qu'on observe ».

Pour aborder les objets artificiels, J.L.Le Moigne [Simon 2004] (page 31) posent *« les frontières des sciences de l'artificiel :*

Proposition 1- Les objets artificiels sont synthétisés par les êtres humains bien que ce ne soit pas toujours avec une claire vision anticipatrice.

Proposition 2- Les objets artificiels peuvent imiter les apparences des objets naturels, bien qu'il leur manque, sous un ou plusieurs aspects, la réalité de l'objet naturel.

Proposition 3- les objets artificiels peuvent être caractérisés en termes de fonctions, de buts, d'adaptation.

Proposition 4- les objets artificiels sont considérés, en particulier lors de leur conception en termes d'impératifs tout autant qu'en termes descriptifs. »

De notre point de vue, un objet artificiel proposé par la RICH répond à ces caractéristiques car :

1. La version finale de l'objet n'est pas toujours connue au départ du processus de construction, les différentes étapes vont sans cesse modifier son état et le faire évoluer en fonction des besoins et du contexte de l'utilisateur. Il n'y a donc pas de réelle vision anticipatrice. (*proposition 1)*
2. La vision n'étant pas forcément claire, la construction de l'objet va demander plusieurs allers-retours auprès des utilisateurs pour la construction, les évolutions et l'évaluation de l'objet. Les phases expérimentales seront nombreuses et itératives *(proposition 1).*
3. Il est construit pour répondre à une intention *(proposition 3)* (p.ex., *apprendre la chirurgie avec un simulateur)*
4. Pour être opérationnel, cet objet va tenter de répondre aux besoins des utilisateurs dans le contexte d'une salle d'opération avec un malade, des internes et un dispositif instrumental dédié. *(proposition 4) (p.ex., un simulateur pour la chirurgie sera utile pour des internes en situation d'apprentissage)*
5. Cet objet va pouvoir s'apparenter à un objet naturel dans le sens où il va remplacer certaines tâches de l'être humain (proposition 2) (p.ex. utilisation du bras haptique avec retours de force pour faire l'opération avec un simulateur)

Ainsi à partir des 4 propositions de J.L. Le Moigne, la RICH peut être définie comme une science de l'artificiel : la connaissance scientifique se construit en prenant appui sur des comportements et des pratiques des utilisateurs pour concevoir des objets qui répondent à des intentions. Ces objets sont utilisables dans un contexte donné. L'utilisation de ces objets participe au raffinement de la compréhension des comportements et à l'amélioration/évolution des pratiques. Ces évolutions permettent à leur tour de faire progresser la connaissance scientifique. Ce processus est donc itératif.

En conclusion, la RICH est une science de l'artificiel qui produit de manière conjointe des connaissances scientifiques et des outils activables. Ces productions sont construites de manière itérative avec des utilisateurs. L'outil activable nous apparaît comme un média entre l'utilisateur et la connaissance scientifique.

La prochaine section présente notre problématique liée à la construction et l'évaluation des connaissances dans les sciences de l'artificiel.

1.4 Problématique

S'intéresser à la méthodologie de la recherche pour la construction et l'évaluation d'instruments en RICH est complexe pour plusieurs raisons. Ces travaux doivent prendre en compte une dimension pluridisciplinaire et une dimension transversale. Ils sont pluridisciplinaires dans le sens où ils se préoccupent de problématiques en informatique qui doivent utiliser des méthodes des Sciences Humaines et Sociales (SHS). Ils sont transversaux, car le problème se pose dans différentes spécialités de la recherche en informatique. Ainsi, nous avons pu observer le problème dans les 5 spécialités citées précédemment : IIHM, EAIH, SI, SMA, GEO. Ces deux caractéristiques, pluridisciplinarité et transversalité, sont les premiers éléments de complexité du problème [Jean-Daubias 2004].

Lors de la réalisation de ces travaux expérimentaux, le chercheur en Informatique Centrée Humain se heurte aux difficultés suivantes :

- La complexité du terrain à investiguer : **l'humain en situation écologique**

La recherche menée pour construire l'instrument s'inscrit dans un contexte global. D'une part, la démarche expérimentale est confrontée à la prise en compte de terrains d'expérience en situations écologiques. D'autre part, l'objet d'étude est l'humain, avec toute sa complexité et son inconstance [Jambon 2009]. Par exemple, dans le cas d'une recherche en EIAH, la construction d'une application nécessite d'étudier le comportement des élèves, celui des enseignants, leurs interactions en classe et si besoin l'étude des programmes scolaires. [Sein et al. 2011] indiquent ce besoin « A new research method is needed to conduct research that recognizes that the artifact emerges from interaction with the organizational context even when its initial design is guided by the researchers' intent. »

- **Une démarche expérimentale qui intègre l'utilisateur avec un double objectif.**

Au niveau des sciences de l'artificiel, [Simon 2004] préconise d'alterner entre des phases de conception et d'évaluation des solutions par rapport aux exigences jusqu'à ce qu'une conception satisfaisante soit obtenue. La spécificité des expérimentations en RICH est aussi **de construire** (c.-à-d. analyse et conception) **et d'évaluer** un instrument avec les utilisateurs. L'intégration de l'utilisateur pour ces deux objectifs est importante pour modéliser correctement l'activité humaine et produire un instrument de recherche pertinent. Le problème est de savoir à quel moment du processus de recherche il est opportun d'intégrer l'utilisateur et dans quel objectif : construire ou évaluer.

- **La limitation des cas d'études par le temps et par le nombre.**

Le recrutement des personnes pour participer à la construction de ces outils est difficile. Peu de personnes sont disponibles pour participer à la construction et à l'évaluation de ces instruments et le temps à investir est long. Ces deux difficultés conduisent le chercheur à réduire le nombre de personnes à intégrer. Or, au niveau des méthodes statistiques un nombre minimal de personnes est requis pour conduire des

analyses valables [Howell et al. 2008]. Par exemple, le calcul d'un pourcentage est une réduction sur la base de 100. Or, si notre échantillon contient moins de 100 individus faire un pourcentage revient à faire une extrapolation de l'information. Si le pourcentage est calculé sur 65 individus, il y a une extrapolation de données pour 35 individus. [Deming 1965] met en avant les risques de ces pratiques car la donnée de base est biaisée par ce type de calcul. Le résultat produit n'est pas correct et de mauvaises interprétations peuvent être faites.

- **La combinaison les méthodes de production et d'analyse de données**

Au niveau des méthodes d'investigations, il est important d'offrir des alternatives aux méthodes quantitatives/statistiques qui s'appliquent principalement en phase d'évaluation mais qui ne peuvent pas être mises en œuvre lors de la construction de l'instrument. Il est préférable de combiner les méthodes d'investigations : des méthodes qualitatives pour comprendre, explorer [Paille and Mucchielli 2011] et des méthodes quantitatives pour quantifier, valider [Howell et al. 2007]. Par exemple, pour évaluer un dictionnaire des concepts dans un domaine d'expertise avec peu d'utilisateurs, il est impossible d'utiliser des mesures quantitatives et des tests statistiques. Il faut privilégier des méthodes d'entretiens ou de focus-groups pour identifier des pratiques métier et ainsi élaborer un modèle conceptuel.

- **Un outil activable composite**

L'outil activable est composite (p.ex., terminologie, modèle conceptuel, fonctionnalités, applications, IHM, langage). Les différents composants qui composent l'outil activable devront être identifiés pour le construire et l'évaluer [Gregor and Hevner 2013],[Mandran et al. 2013]. La difficulté est de connaître ces composants et de savoir s'il est possible de les construire de manière indépendante et comment.

- **Des processus itératifs pour construire l'outil activable**

La conception d'un outil activable demande de procéder de manière itérative. En ingénierie informatique, de nombreuses méthodes de ce type existent (p.ex., Méthode Agile [Wikipedia 2016]) Les itérations posent des difficultés quant au moment où il faut initier le processus, sur la périodicité des itérations, sur les éléments à capitaliser à chaque itération et sur le moment où il faut arrêter d'itérer. Aussi, ces méthodes d'ingénierie ne font pas appel à des travaux des SHS pour prendre en compte les utilisateurs.

De nombreux travaux existent sur la démarche centrée utilisateur et la conception participative. Les méthodologies de production des données pour construire et évaluer ces instruments sont également nombreuses. Elles démontrent l'intérêt d'intégrer l'utilisateur, de procéder par étapes et de mixer les méthodologies qualitatives et quantitatives. En revanche, l'organisation de ces différentes étapes, les moyens de tracer et de rendre compte de la qualité des données et des résultats produits à chaque étape ne sont pas décrits. Ce besoin d'organisation et d'outils est particulièrement nécessaire pour l'accompagnement et la formation des chercheurs dans un contexte pluridisciplinaire.

Ma contribution tente de répondre à la question suivante :

Comment, dans un contexte pluridisciplinaire, construire et évaluer les instruments produits par la RICH ? En ayant comme perspective de guider la recherche ?

Question que nous déclinons en deux sous-questions :

1) Quel processus de production et d'analyse de données pour construire et évaluer les instruments produits par la RICH ?

2) Comment assurer la traçabilité de ce processus ? et garantir la qualité des données et des résultats ?

1.5 Conclusions

Répondre aux questions précédentes demande de se pencher sur le processus de conduite de la RICH pour identifier les étapes utiles à la création de connaissances scientifiques dans ce domaine et sur les moyens d'évaluer ces connaissances.

Ainsi, nous proposons une méthode de conduite de la recherche pour la RICH. Elle met l'accent sur la conduite des expérimentations avec des utilisateurs et leur traçabilité. Elle est à destination des chercheurs en RICH qui souhaitent conduire une recherche itérative avec des utilisateurs et qui ne sont pas familiarisés avec ces notions d'expérimentations en SHS. Notre méthode a aussi pour objectif de fournir un manuel des bonnes pratiques. Elle ne s'adresse pas à des chercheurs aguerris aux méthodes expérimentales pluridisciplinaires. Une instanciation de cette méthode est développée sous la forme d'une application web.

Travailler dans le domaine de la méthodologie demande de définir comment la connaissance scientifique est produit et de se situer dans un cadre scientifique dédié pour ensuite choisir un paradigme épistémologique. Ce dernier correspond à « une conception théorique ayant cours dans une communauté scientifique donnée, qui fonde les types d'explication envisageables, et les types de faits à découvrir dans une science donnée» [TLF 2016]. Autrement dit, c'est la manière dont la connaissance scientifique est créée et évaluée dans un domaine scientifique. Le choix d'**un paradigme épistémologique** par le chercheur justifie la manière dont il va conduire un processus de recherche. Pour cela, nous devons tout d'abord choisir un paradigme épistémologique. Il va poser un cadre scientifique pour la RICH et définir la manière dont l'instrument (c.-à-d. la connaissance et l'outil activable) va être construit et évalué dans le domaine de la RICH. Le paradigme épistémologique met l'accent sur la manière dont le « monde connu » est mobilisé par la recherche. Dans le cadre de la RICH, ce « monde connu » est abordé au travers de l'utilisateur qui a une représentation du terrain. Pour aborder ce point, notre méthode doit se préoccuper d'intégrer l'utilisateur pour produire des données afin de construire et évaluer la connaissance scientifique. Ainsi, nous faisons une synthèse sur les **méthodes de production et d'analyse de données** pour identifier les outils de mesure de l'activité de l'utilisateur. Notre méthode est centrée sur l'utilisateur : il est donc logique de mobiliser les outils de la **démarche centrée utilisateur**. Dans le cadre de ces recherches, les utilisateurs sont impliqués de manière régulière et itérative pour la construction de l'instrument de la recherche. Ces différentes interactions avec les utilisateurs doivent être

tracées pour garantir la qualité des données produites et in fine la qualité des résultats. Pour ce point, nous avons choisi un ensemble d'outils de la **démarche la qualité** et des travaux sur les **indicateurs de qualité** des données. S'intéresser à la construction d'un processus de la conduite de la recherche nécessite de choisir un langage de modélisation des **processus.** Pour ce dernier élément, nous utiliserons les travaux sur les **langages de processus** et plus particulièrement ceux sur le standard BPMN.

Notre proposition se situant au niveau des **méthodes de conduite de la recherche**, nous discuterons nos travaux par rapport à 4 méthodes de conduite de la recherche : la méthode Design Based Research (DBR) pour les recherches liées aux Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, le Design Science pour la recherche en système information, la recherche action et son adaptation en action Design Research Action, et le Modèle Dialogique dans la recherche en sciences de gestion. Ces 4 méthodes font l'objet de l'état de l'art de cette thèse.

Notre contribution portera sur la définition d'un langage de modélisation des processus de conduite de la recherche dans la RICH et d'une méthode de conduite de la recherche en informatique pluridisciplinaire, traçable et centrée sur l'expérimentation avec des utilisateurs intégrant des indicateurs de suivi et de qualité du processus.

1.6 Organisation du document

Notre document est organisé en 6 chapitres :

Le chapitre 2 expose des travaux qui sont mobilisés pour construire la contribution de cette thèse. Il se subdivise en 4 sections. Premièrement, 4 postures épistémologiques sont analysées pour identifier les caractéristiques de chacune et pour expliquer pourquoi notre contribution s'inscrit dans une posture constructiviste pragmatique. Deuxièmement, nous présentons les outils de la démarche qualité pour justifier de leur intérêt pour notre contribution et spécialement la mise en œuvre d'indicateurs de suivi du processus de recherche. Troisièmement, nous décrivons les méthodes de production et d'analyse des données à mobiliser dans un processus de recherche. Notre objectif est de montrer la complémentarité des méthodes qualitatives et quantitatives. Enfin, nous terminons en présentant les travaux sur la modélisation de processus.

Le chapitre 3 aborde 4 types de méthode de conduite de la recherche : la méthode Design Based Research (DBR) pour les recherches liées aux Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, le Design Science pour la recherche en système d'information, la recherche action et son adaptation en action Design Research Action, et le Modèle Dialogique dans la recherche en sciences de gestion.

Le chapitre 4 et le chapitre 5 sont le cœur de notre contribution. Le chapitre 4 présente le langage de modélisation de processus de conduite de la recherche THEDRE avec ses concepts, son métamodèle et sa syntaxe graphique. Le chapitre 5 utilise ce langage de modélisation pour proposer une méthode de conduite de la recherche pluridisciplinaire et traçable. Dans ce chapitre les guides d'accompagnement du processus qui garantissent la traçabilité du processus sont exposés.

Le chapitre 6 explique comment le langage de modélisation de processus de conduite de la recherche THEDRE a été construit et comment il a été évalué avec des utilisateurs.

Le chapitre 7 conclut ce travail et présente les perspectives de développement de nos travaux.

CHAPITRE 2

FONDEMENTS

2.1 Paradigmes épistémologiques 25
2.1.1 Qu'est-ce que la connaissance scientifique et quel est son mode d'investigation ? 26
2.1.2 Comment la connaissance est-elle constituée ou engendrée ? 30
2.1.3 Comment apprécier la valeur ou la validité de la connaissance ? 31
2.1.4 Conclusion 33
2.2 Méthodes de production et d'analyse des données 34
2.2.1 Objectif des méthodes qualitative et quantitative 35
2.2.2 Production et analyse de données 36
2.2.3 Une mixité des méthodes pour la RICH 38
2.3 Démarche Centrée Utilisateur 39
2.4 Traçabilité, démarche d'amélioration continue et indicateurs 41
2.4.1 Traçabilité 41
2.4.2 Démarche d'Amélioration Continue (DAC) 42
2.4.3 Indicateurs de qualité 43
2.5 Modélisation des processus et BPMN 45

2 FONDEMENTS

Cette partie décrit les connaissances nécessaires pour élaborer une méthode de conduite de la recherche et un langage de modélisation de cette méthode. Notre contribution a besoin d'utiliser des travaux : 1- sur les paradigmes épistémologiques pour identifier comment nous inscrivons dans le processus de construction de la connaissance scientifique, 2- sur les différents outils qui vont constituer notre processus : les méthodes de production des données, la démarche centrée utilisateur et la démarche qualité et 3- sur les méthodes de représentation des processus pour que notre processus soit modélisé et puisse être diffusé.

Ainsi, nous avons divisé ce chapitre 5 sections qui correspondent aux 5 domaines nécessaires à notre contribution. Tout d'abord, pour situer notre manière de construire de la connaissance scientifique dans le contexte de la RICH, nous décrivons 4 paradigmes épistémologiques contemporains et identifions le paradigme le plus adapté à la RICH. Cette étude des paradigmes épistémologiques est essentielle pour définir le type de connaissance scientifique produite et la valeur de cette connaissance. Pour identifier les méthodes de production des données les plus pertinentes pour la RICH, dans un deuxième temps, nous présentons un inventaire des méthodes de production des données utilisées dans les phases expérimentales. La RICH étant centrée sur l'intégration de l'utilisateur dans la construction de la connaissance scientifique en lien avec un outil activable, notre troisième partie focalise sur la démarche centrée utilisateur qui est employée pour la conception d'applications informatiques. Notre objectif étant d'apporter une dimension de qualité et de traçabilité au processus, dans la quatrième partie nous présentons des outils de la démarche qualité : le cycle de Deming et des indicateurs de qualité pour suivre un processus et garantir la qualité des données. Afin pour représenter notre méthode de conduite de la recherche, pour l'instancier et la diffuser, nous utiliserons des travaux sur la modélisation des processus et le langage BPMN car nous avons besoin d'un outil de modélisation de langage de processus.

2.1 Paradigmes épistémologiques

Travailler sur la méthodologie de la recherche interroge la manière d'élaborer la connaissance scientifique, autrement dit la question du paradigme épistémologique. L'épistémologie est définie par [Piaget 1967] comme « l'étude de la constitution des connaissances valables ». Pour [Le Moigne 1995], cette définition pose trois questions :

1. Qu'est-ce que la connaissance et quel est son mode d'investigation ?
2. Comment la connaissance est-elle constituée ou engendrée ?
3. Comment apprécier sa valeur ou sa validité ?

Dans cette partie, nous présenterons les réponses à ces trois questions. Nous utiliserons pour cela la synthèse de [Avenier and Thomas 2015]. Les auteurs présentent 4 paradigmes épistémologiques contemporains qui répondent de manière différente à ces trois questions. Il s'agit des paradigmes suivants : **« Post-positivisme », « Réaliste critique », « Constructivisme pragmatique » et « Tradition interprétativiste ».** L'étude de ces paradigmes sert à découvrir leurs spécificités et à identifier celui qui correspond le plus aux besoins de construction de connaissances en RICH. Nous

commencerons par présenter les réponses aux trois questions de [Le Moigne 1995] avec les travaux de [Avenier and Thomas 2015] sur les 4 paradigmes. Nous reviendrons ensuite sur les besoins de la RICH pour identifier le paradigme le plus adapté.

2.1.1 Qu'est-ce que la connaissance scientifique et quel est son mode d'investigation ?

Dans le cadre d'un travail de recherche, l'élaboration de connaissances confronte le chercheur à une situation qu'il souhaite connaître. Il se confronte d'une part à des savoirs existants dans sa spécialité : ce sont les substrats pour l'élaboration de nouveaux savoirs. D'autre part, il va être face à des situations réelles dans le monde. Il approche ces situations soit directement (p.ex., le cas de la recherche en biologie avec l'étude des organismes génétiquement modifiés) soit par le biais de sujets connaissant le monde (p.ex., le cas de recherche en sociologie avec l'étude des pratiques culturelles). Ainsi, le chercheur compose avec « *trois dimensions : le réel ce qui existe, la perception du réel ce qui est perçu par le sujet et la connaissance scientifique fondée sur une partie du réel ou de la perception du réel »[Avenier 2010]*. La connexion des connaissances scientifiques connues avec le réel ou avec la perception du réel lui permet de construire de nouvelles connaissances scientifiques. Ainsi, une spécialité de recherche doit se positionner selon la manière d'élaborer une nouvelle connaissance et selon la manière d'intégrer le réel dans la construction de la connaissance. Ces positionnements correspondent à un choix de paradigme épistémologique. Deux hypothèses justifient ce choix : 1-**Hypothèse épistémique :** substrat à partir duquel la connaissance est construite, ce qui nécessite de définir le but, la forme et le statut des connaissances, 2- **Hypothèse ontologique** : concerne les situations à connaître, le monde est directement connaissable ou il est connaissable à travers le sujet qui a une connaissance du réel. Cette hypothèse demande de définir comment les situations réelles sont utilisées pour élaborer une connaissance. L'hypothèse épistémique est présente dans tous les paradigmes épistémologiques, alors que l'hypothèse ontologique n'est pas toujours décrite. Pour les 4 paradigmes cités ci-dessus, [Avenier and Thomas 2015] présentent une synthèse des paradigmes en décrivant les hypothèses, le but, le statut et la forme de la connaissance (Tableau 1).

Le paradigme **« Post-positivisme »** pose une hypothèse épistémique et hypothèse ontologique. Elles sont ancrées dans le réel. *« La réalité existe indépendamment de l'humain, cette réalité est antérieure à l'humain »* [Avenier and Thomas 2015]. La réalité est accessible ; la recherche peut la connaître. Cependant, la défaillance des instruments de mesure peut entraver le résultat. Dans le post-positivisme, le processus de création de la connaissance va identifier et valider des invariants. Cette posture propose de décrire le réel tel qu'il est de manière objective. La connaissance prend la forme d'énoncés réfutables qui peuvent être remis en cause par la communauté scientifique. Par exemple, un chercheur élabore une théorie à partir de la littérature et ensuite il la teste à partir d'observations de la réalité. L'objectif est de valider des idées par un terrain en contrôlant des facteurs de manière stricte**.** Par exemple, en biologie des tests vont démontrer que la teneur en glucides des aliments va influencer de manière significative la prise de poids.

Pour le paradigme **« Réaliste critique»,** l'hypothèse ontologique est ancrée dans le réel. La réalité existe indépendamment de l'humain. L'hypothèse épistémique est d'ordre relative. Le réel n'est pas directement observable, ce sont des événements qui sont

observables et qui vont aider la construction de la connaissance. L'objectif est d'identifier des « mécanismes générateurs » à l'origine des évènements observés, et leurs modes d'activation en fonction des contextes. Pour comprendre la notion de « mécanismes générateurs », nous utilisons un exemple. Si un indien d'Amazonie étudiait le comportement des automobilistes à des feux de croisement, il observerait qu'au feu rouge ils s'arrêtent et qu'au feu vert ils ne s'arrêtent pas. Il en déduirait ainsi un «mécanisme générateur » : le code de la route. Ces « mécanismes générateurs » constituent donc des modèles sous-jacents de comportements. Les énoncés qui décrivent les « mécanismes générateurs » sont testables de manière empirique et activable en contexte. Par exemple, un chercheur étudie l'utilisation d'une machine par des techniciens pour comprendre comment ils interagissent et ensuite il élabore un « mécanisme générateur » qui traduit cette activité. Ce mécanisme est validé et ensuite utilisé par l'entreprise. Ce sont les événements observés : utilisation des machines par les techniciens avec la machine, qui traduisent la réalité et qui vont contribuer à la création de la connaissance.

Pour le paradigme **« Constructivisme pragmatique»,** seule l'hypothèse épistémique est posée. L'expérience humaine est observable dans le système auquel elle appartient. Il existe une indépendance entre le chercheur et la situation étudiée ; cette dernière peut exister indépendamment du chercheur qui l'étudie. L'hypothèse ontologique n'est pas posée. Dans ce paradigme, le monde observé concerne l'humain dans un contexte donné. Ce contexte peut varier ; les actions et les décisions de l'humain peuvent évoluer. Pour construire la connaissance, toutes les sources d'observations sont mobilisées. Le but de la connaissance est d'élaborer des modèles intelligibles de l'expérience humaine, offrant des repères adaptés et viables. La connaissance prend la forme de modèles génériques activables. Par exemple, l'étude du suivi des élèves par l'enseignant va donner lieu à la création d'un modèle générique qui sert à créer une application de suivi des élèves en classe.

Pour le paradigme « **Tradition interprétativiste** », les deux hypothèses sont de type relativistes. Le réel n'existe pas, il se traduit par des faits socialement construits non dirigés par des lois naturelles. Les situations acceptées par les individus constituent la réalité objective de la situation. Des faits sont produits comme une partie des interactions sociales entre des chercheurs et des participants. Il existe une interdépendance entre le chercheur et la situation étudiée. Cette situation ne peut pas exister indépendamment du chercheur qui l'étudie. L'objectif est de comprendre comment des individus donnent du sens aux expériences sociales qu'ils vivent. La connaissance élaborée correspond à des interprétations plausibles faisant consensus ; elle prend la forme de narrations soutenues par des descriptions de l'expérience vécue. Par exemple, une étude en sciences politiques va étudier les discours des hommes politiques des dernières élections présidentielles pour interpréter les stratégies politiques passées et pour comprendre les stratégies de la prochaine campagne.

Tableau 1 : Etude comparative de 4 paradigmes épistémologiques : Qu'est ce que la connaissance dans ces 4 paradigmes ?

Les références et les données indiquées dans ce tableau et les données sont issues de l'article de synthèse de [Avenier and Thomas 2015].

	Post-positivisme	Réaliste critique	Constructivisme pragmatique	Interprétativisme
Fondement, auteurs (fournis par Avenier et Thomas)	Boisot et McKelvey, 2010 ; Gephart 2013)	Roy Bhaskar (1978, 1998), Migers et al 2013, Smith 2006	Glaserfeld's 1984, 2001, Le Moigne 1995, 2001	Olikowski & Baroudi 1991, Guba et Lincoln 1989, 2007, Klein et Myers 1999, 2011)
Hypothèse Ontologique	Réalisme : La **réalité existe avant et indépendamment de l'humain**.	Réalisme : **La réalité existe indépendamment de l'humain.**	Pas d'hypothèse ontologique	Relativisme : Il existe des faits socialement construits non dirigés par des lois naturelles. Les situations acceptées par les individus constituent une réalité objective de la situation.
Hypothèse épistémique	Réalisme : le **réel est connu** avec une éventuelle défaillance des instruments de mesures	Relativisme : le domaine réel n'est pas observable. Des **événements sont observables.**	Relativisme : **L'expérience humaine est observable** dans le système auquel elle appartient.	Relativisme : Des **faits sont produits comme une partie des interactions sociales** entre des chercheurs et des participants.
But de la connaissance	Identifier des **régularités** et des configurations de surface	Identifier les **« mécanismes générateurs (MG) »** à l'origine des évènements observés, et leurs modes d'activation en fonction des contextes	Construire des **modèles intelligibles de l'expérience** humaine, offrant des repères **adaptés** et **viables** pour organiser le monde de l'expérience humaine.	Comprendre comment des individus **donnent du sens** aux expériences sociales qu'ils vivent.

Statut de la connaissance	Représentation iconique du réel tel qu'il est.	Une représentation iconique des MG, et conception pragmatique de la manière dont ils s'activent en contexte.	Interprétations plausibles adaptées à l'expérience et viables pour agir intentionnellement.	**Interprétations plausibles** faisant possiblement consensus
Forme de la connaissance	Énoncés réfutables	Énoncés concernant les mécanismes générateurs testables empiriquement et activables.	Modèles génériques et propositions activables	Narrations soutenues par des descriptions de l'expérience vécue

2.1.2 Comment la connaissance est-elle constituée ou engendrée ?

Cette question pose le problème du choix de la méthode de raisonnement pour faire émerger la connaissance. Le chercheur doit se soucier de la méthode de raisonnement qu'il utilise lors des phases de processus expérimental.

Trois types de méthodes de raisonnement scientifique existent :

1-La méthode **déductive,** permettant à la recherche d'établir une hypothèse à l'aide d'une théorie. Différents types de données et d'informations sont collectées par le chercheur pour confirmer ou rejeter l'hypothèse pour résoudre le problème [Mohebbi 2013]. Par exemple, à partir de la théorie du domaine, un psychologue pose une hypothèse selon laquelle l'alcool perturbe la reconnaissance des émotions chez autrui. Il met une expérimentation en place avec des personnes ayant consommé de l'alcool et d'autres n'en ayant pas consommé pour valider ou invalider cette hypothèse [Tcherkassof et al. 2011]. Dans le cas de la RICH, la méthode de raisonnement déductive est utilisée lors des tests utilisateurs conduits avec des plans expérimentaux contrôlés.

2-La méthode **inductive** est inverse. Observation, modèle, hypothèse provisoire et élaboration de la théorie sont les étapes de l'approche inductive. Dans le mode de raisonnement inductif, il n'y a pas besoin de théorie prédéterminée pour recueillir des données et des informations. C'est une approche flexible. Le chercheur utilise des données et des faits pour définir une théorie selon la problématique de recherche [Mohebbi 2013]. « L'analyse débute dès que les premières données sont recueillies parce qu'elle est essentiellement inductive et parce qu'elle consiste à s'ouvrir à ce qui émerge des données ou, en d'autres mots, à faire ressortir des données de terrain la théorie relative au phénomène à l'étude » [Anadón and Guillemette 2006]. Cette méthode est souvent utilisée en éthologie pour analyser le comportement des animaux, en déduire des théories et ensuite la valider par de multiples expériences. Par exemple, à partir de l'observation du comportement des abeilles, le chercheur conclut que celles qu'il a observées s'envolent majoritairement du coté sud. Il émet une hypothèse sur l'orientation de décollage privilégiée des abeilles et il valide ensuite cette hypothèse auprès de 100 ruches et 1 000 abeilles. De l'observation il aura induit une hypothèse qu'il valide par des tests expérimentaux sur des échantillons de grandes tailles.

3-La méthode **abductive** recherche des régularités pour asseoir le raisonnement et déployer l'imagination. L'abduction consiste à tirer de l'observation des conjectures [4] qu'il convient ensuite de tester et de discuter. Le mode de raisonnement abductif se nourrit de la constatation de faits et d'identification de phénomènes. Ce raisonnement consiste à chercher des explications à des phénomènes observés sur le terrain. Par exemple, un chercheur en sociologie étudie les freins qui empêchent les étrangers de demander la nationalité française. Il interviewe des personnes de nationalité étrangère pour faire ressortir ces freins. Un des freins observés est la difficulté administrative que les personnes rencontrent lors de la constitution d'un dossier [Tebbakh 2007]. Le résultat obtenu est un état de faits sur les freins rencontrés.

[4] Larousse : Conjecture : suppositions fondées sur des probabilités, mais qui n'est pas contrôlée par les faits.

La méthode déductive est basée sur une théorie et sa finalité est de valider cette théorie. La méthode inductive part de l'observation de faits pour en induire une théorie qui est ensuite validée. La méthode abductive se concentre sur l'observation de faits pour identifier des régularités et trouver des explications à des règles. Les méthodes inductive et abductive sont intéressantes pour la RICH car toutes les deux intègrent des périodes d'observation du terrain. La méthode inductive va ensuite tester ces observations sur un plus grand nombre de personnes. Pour la RICH, ces tests correspondent par exemple aux tests utilisateurs. A partir des observations, la méthode abductive propose des explications aux phénomènes observés. Pour la RICH, la modélisation de pratiques métiers est conduite avec ce type de raisonnement. Nous retiendrons donc ces trois modes de raisonnement pour l'analyse des données dans notre méthode.

2.1.3 Comment apprécier la valeur ou la validité de la connaissance ?

Cette dernière question pose le problème de la manière dont la connaissance scientifique produite est évaluée. Pour [Avenier and Thomas 2015], quel que soit le paradigme choisi, un prérequis indispensable pour justifier la validité d'un travail de recherche est d'expliciter comment la recherche a été conduite. Autrement dit : la validité de la connaissance produite repose sur la description détaillée du processus de construction de la connaissance (c.-à-d. la traçabilité). De même, la constitution du matériel empirique, les opérations effectuées sur le matériau et les interprétations sont détaillées pour qualifier la connaissance produite [Avenier and Thomas 2015]. Les auteurs comparent les méthodes d'évaluation des 4 paradigmes avec 5 éléments. Nous les avons répartis en 2 dimensions. La **validité** qui s'exprime selon « le matériau empirique produit », « la fiabilité des données », et « la mise à l'épreuve de la proposition » ; la **valeur** qui est présentée selon « la qualité de la connaissance construite » et « la contribution de la recherche ». Pour les 4 paradigmes étudiés, le Tableau 2 présente les éléments définis par [Avenier and Thomas 2015] pour apprécier la valeur et la validité de la connaissance produite.

Pour le paradigme «**Post-positivisme** », la validité de la recherche repose sur la réplication des résultats, sur des volumes de données statistiquement suffisants, sur la diversité des données quantitatives recueillies et sur des tests d'hypothèses. La valeur du construit repose sur la spécification amont d'un cadre théorique et sur la construction ou l'évaluation de théories.

Dans les paradigmes «**Réaliste critique**» et « **Constructivisme pragmatique** » la validité de la recherche repose sur la richesse et la diversité des matériaux produits pour élaborer la connaissance, sur la traçabilité du cheminement cognitif qui conduit à l'élaboration de la connaissance et sur la mise à l'épreuve des propositions de manière pragmatique sur le terrain. Au niveau de la valeur, les deux paradigmes contribuent à la génération ou au raffinement de connaissances. Ils se distinguent sur la qualité du construit : pour le « réaliste critique » il s'agit de la valeur explicative associée au modèle produit, alors que pour le « constructivisme pragmatique » il s'agit de l'adéquation et de la viabilité du modèle activé dans un contexte.

Pour le paradigme « **Interprétativiste »**, la validité de la recherche repose sur de nombreuses narrations recueillies auprès de nombreux acteurs et sur la manière dont les interprétations issues des narrations sont vérifiées. Dans ce paradigme, la contribution de recherche est une génération de connaissances non mises à l'épreuve du terrain. La qualité de la recherche repose sur la profondeur des narrations construites et sur la description en profondeur des interprétations conduites sur le matériau empirique.

Tableau 2 : Etude comparative de 4 paradigmes épistémologiques : Valeur et validité de la connaissance produite *[Avenier and Thomas 2015].*

		Post-positivisme	Réaliste critique	Constructivisme pragmatique	Interprétativisme
Validité	Matériau empirique	Données quantitatives élaborées à partir d'un plan expérimental	Constitué sur les évènements, conditions contextuelles, etc.	Constitué sur les événements et conditions contextuelles, incluant une grande variété de points de vue	Narrations de tous les acteurs
	Fiabilité	La réplication et la fiabilité des mesures reposent sur le protocole et la base de données du cas	Intelligibilité du cheminement cognitif à partir du matériau empirique	Intelligibilité du cheminement cognitif à partir du matériau empirique	Explicitation de la manière dont les interprétations ont été vérifiées
	Mise à l'épreuve	Tests d'hypothèses, quantitatifs	Pragmatique : Effets de l'activation des objets créés dans différents contextes	Pragmatique : Effets de l'activation des objets créés dans différents contextes	Pas de mise à l'épreuve
Valeur	Qualité du construit	Spécification d'un cadre théorique précis	Pouvoir explicatif du modèle	Adéquation fonctionnelle et viabilité du modèle pour agir dans le contexte considéré	Narrations soutenues par des descriptions interprétatives
	Contribution	Construction de théories et test de théories	Générations ou raffinement de connaissances	Génération ou raffinement de connaissances	Génération de connaissances

2.1.4 Conclusion

Après avoir étudier ces paradigmes, nous pouvons maintenant en choisir un pour la RICH. Nous avons définis six critères pour faire notre choix. Le paradigme épistémologique doit permettre :

1. **de produire des connaissances et un outil activable**. Comme la RICH est une science de l'artificiel, elle produit à la fois de la connaissance et des outils activables ; ces deux derniers étant dépendants et entrelacés. Le paradigme épistémologique doit autoriser cette production duale qui s'autoalimente. Par exemple, le modèle des savoirs d'un chirurgien (c.-à-d. la connaissance scientifique) qui lui permet de pratiquer des opérations, va donner naissance à simulateur (c.-à-d. un outil activable) pour que des internes s'exercent à pratiquer un acte chirurgical.
2. **de produire des connaissances et de les raffiner.** A partir d'une connaissance scientifique initiale, la RICH va proposer de faire évoluer une connaissance en fonction des contraintes techniques et sociétales. Elle n'a pas pour finalité de produire des théories et de les tester. Par exemple, le modèle des savoirs des chirurgiens pour conduire une opération va évoluer et être amélioré.
3. **d'intégrer l'humain et le contexte dans lequel il vit** pour construire et évaluer l'instrument : la RICH construit un outil activable que des utilisateurs vont employer dans un certain contexte. Le paradigme doit donc s'inscrire dans une posture systémique, c'est-à-dire qu'il doit prendre en compte l'humain et son contexte. Dans notre exemple, le chirurgien, les internes et le contexte de travail – contrainte de la salle d'opération, appareils radiographiques - sont intégrés pour construire le simulateur.
4. d'utiliser de **multiples sources de données** et des **méthodes des productions de données de différents types :** la RICH étant centrée sur l'humain elle nécessite des temps d'observation de l'humain, de co-construction avec l'humain et d'évaluation par l'humain. Ces trois temps demandent de recueillir des données de natures différentes, ainsi toutes les méthodes de production de données (c.-à-d. qualitatif, quantitatif) sont utiles à la construction de la RICH**.** Par exemple, des entretiens avec les chirurgiens experts sont conduits pour élaborer le modèle de savoirs et des tests utilisateurs de l'application sont réalisés avec des internes en chirurgie.
5. **d'interpréter et d'analyser les données pour élaborer l'instrument.** Pour construire la connaissance en RICH, le chercheur a besoin d'analyser les données de terrain. Les données proviennent de l'activité humaine ; elles sont une représentation de la réalité d'une situation à un moment précis. Ainsi, le chercheur en RICH va interpréter les résultats de l'analyse des données pour construire de la connaissance scientifique. Il étudie et interprète des représentations mentales. Ainsi, le mode de raisonnement abductif permettant de déduire des conclusions à partir de l'observation de faits doit être possible. Par exemple, même si l'acte chirurgical est bien réel, la manière de réaliser une opération n'est pas la même d'un chirurgien à l'autre. Le chercheur en RICH va interpréter les différents propos des chirurgiens pour construire un modèle le plus proche de la réalité. Le raisonnement inductif doit également

être possible pour évaluer des outils activables construits sur la base de l'observation de l'humain.

6. **de tracer le chemin de conduite de la recherche**. Notre problématique s'intéresse à la traçabilité de l'activité et des résultats d'une recherche en RICH. Nous avons donc besoin d'un paradigme qui indique cette caractéristique.

Par rapport à ces six critères, le Paradigme Epistémologique Constructivisme Pragmatique (PECP) est celui qui est le plus adéquat pour la RICH. Premièrement, le PECP a pour objectif de produire et de raffiner de la connaissance, ce qui correspond au critère n°2. Dans le cadre du PECP « l'expérience humaine est observable dans le système auquel elle appartient » ce qui correspond au critère n°3. Le PECP recommande l'utilisation de diverses sources de données : « la validité de la recherche repose sur la richesse et la diversité des matériaux produits pour élaborer la connaissance » ce qui valide notre critère n°4. Le but de la connaissance produite dans le PECP est d'élaborer des modèles viables, c'est à dire des modèles opérationnels sur le terrain. Ce principe correspond au besoin de construire des outils activables par des utilisateurs (critère n°1). Le statut de la connaissance en PECP est de faire des « interprétations plausibles adaptées à l'expérience et viables pour agir intentionnellement ». De plus, le mode de raisonnement abductif est possible dans le PECP. Ces deux principes valident notre critère n°5. Il n'y a pas de mention explicite sur le raisonnement inductif, nous le rajouterons explicitement dans notre proposition. Enfin, dans le cadre du PECP la fiabilité de la recherche repose sur «sur la traçabilité du cheminement cognitif qui conduit à l'élaboration de la connaissance et sur la mise à l'épreuve des propositions de manière pragmatique sur le terrain.». Ce positionnement entérine notre critère n°6.

Parmi les paradigmes contemporains étudiés, le seul qui corrobore l'ensemble de nos critères est le constructivisme pragmatique. Ainsi, la méthode de conduite de la recherche en RICH peut s'ancrer dans ce paradigme.

2.2 Méthodes de production et d'analyse des données

La section précédente a montré la nécessité de produire des données de différents types pour construire et évaluer la connaissance scientifique. Les 4 paradigmes exposés font état de ce besoin. Dans le cadre de la RICH, les données issues des expérimentations permettent de construire et d'évaluer l'instrument de recherche (c.-à-d. le connaissance scientifique et l'outil activable). Elles sont produites lors des expérimentations conduites avec les utilisateurs. Il existe deux types de méthodes de production de données : les méthodes qualitatives et les méthodes quantitatives. Ces méthodes sont largement décrites dans une littérature foisonnante (p.ex., [Maguire 2001] sur les méthodes pour accompagner la conception centrée humain, [Runeson and Höst 2008] sur la description des méthodes qualitatives, [Creswell 2013] sur les méthodes qualitatives et quantitatives et leur complémentarité, [Bisseret et al. 1999] [Chi 2011] sur les méthodes pour étudier les pratiques des experts, [Gerard 2015] sur les méthodes pour créer des questionnaire, [Gibbs 2016] sur les descriptions de questionnaires pour différents terrains d'études, [Bernhaupt 2009] sur les méthodes exploratoire pour concevoir des interfaces mobiles,etc). Nous nous limitons, donc, à décrire les objectifs de deux familles de

méthodes, à préciser la taille des « échantillons » et à décrire les principaux outils de production et d'analyse des données.

2.2.1 Objectif des méthodes qualitative et quantitative

*« **La méthode qualitative** produit et analyse des données telles que les paroles écrites ou dites et le comportement observable des personnes »* [Taylor and Bogdan 1984]. C'est une démarche qui focalise sur le sens et l'observation d'un phénomène en situation écologique (p.ex., en observation in situ) ou en situation expérimentale (p.ex., en focus-groups) [Duyck 2003]. Ainsi, l'objectif de la démarche qualitative est d'observer ou d'explorer un terrain d'étude. Elle est mise en œuvre quand la connaissance sur l'objet d'étude est indisponible ou partielle. Dans ce cas, l'expérimentation a pour vocation de répondre à des questions où seule l'observation des utilisateurs peut apporter des réponses [Trudel et al. 2007]. En prenant appui sur l'observation des utilisateurs ou en dialoguant avec eux, le but est de prendre connaissance des phénomènes existants et de savoir comment ils se déroulent. Par le biais d'entretiens ou de discussions de groupe, les utilisateurs explicitent leurs pratiques, leurs comportements ou leurs avis. (p.ex., pratiques métiers des urgentistes, comportements des élèves dans une classe, opinions sur une nouvelle interface de mobile). Par l'observation en situation le chercheur peut élaborer un schéma d'activité de l'utilisateur (p.ex., observation des chirurgiens en cours d'opération pour modéliser leur déplacement en salle d'opération).

Pour la méthode qualitative, la **taille de l'échantillon** est relativement modeste (entre 15 et 25 personnes). Le recrutement des personnes à interroger vise à représenter la plus grande diversité de profil des personnes pour garantir une plus grande diversité des propos. Cependant, la taille de l'échantillon est en lien avec les objectifs de recherche et les contraintes du terrain [Mason 2010; Sandelowski 1995].

Exemple d'une étude qualitative. *Dans le cas d'une étude pour connaître les lieux de vacances préférés des plus de 50 ans, une étude avec une méthode qualitative a été réalisée pour recenser les lieux de vacances possibles (entretiens réalisés auprès de 20 personnes, technique de production « portrait chinois »). Si des lieux comme la mer, la montagne, la campagne étaient attendus, un lieu comme une grotte était difficilement prévisible. Or une personne a proposé ce lieu car pour elle cela signifiait l'isolement. Ce phénomène (c.-à-d. la grotte comme lieu de vacances) existe même s'il est rare ; il doit cependant être pris en considération pour rendre compte de tous les possibles.*

Quant aux **méthodes quantitatives**, la sociologie les définit par « *l'ensemble des méthodes et des raisonnements utilisés pour analyser des données standardisées (c'est-à-dire des informations dont la nature et les modalités de codage sont strictement identiques d'un individu ou d'une situation à l'autre). Ces données résultent souvent d'une enquête par questionnaire* » [Martin 2012]. Pour [Couvreur and Lehuede 2002], *« L'enquête quantitative permet de mesurer des opinions ou des comportements. Elle permet également de décrire les caractéristiques d'une population … L'enquête quantitative se rattache à une vision strictement positive et empiriste, inspirée des sciences de la nature. Au-delà du simple décompte d'individus … elle vise à tester des hypothèses et à illustrer des théories ».* Dans le cas des sciences naturelles ou en sciences physiques, les méthodes quantitatives produisent des données qui ont une unité de mesure (p.ex., glycémie du sang, poids, longueur, résistance, performance). De manière

générique, l'objectif de la **méthode quantitative** est de quantifier un phénomène à l'aide d'outils de mesures (p.ex., questionnaires, balances, traces d'activité). Par exemple, en sciences cognitives pour étudier l'utilisabilité d'une application informatique, les outils de suivi du regard sont employés pour mesurer le temps de fixation des utilisateurs sur l'interface. Il s'agit d'une démarche quantitative, l'outil de mesure est l'outil de suivi du regard, le temps de fixation est la mesure, l'unité est la milliseconde.

Pour la méthode quantitative par enquête, les méthodes d'échantillonnage sont utilisées pour sélectionner les individus de l'échantillon. Il existe deux méthodes principales : la méthode par quota et la méthode aléatoire. L'échantillonnage doit garantir une représentation fiable de la population de référence. [Howell et al. 2007] chapitre 4, [Ardilly 2004] présentent ces méthodes d'échantillonnage.

Questionnaire quantitatif : *A partir des types de lieux de vacances identifiés par l'enquête qualitative, un questionnaire en ligne a été administré. Les réponses à ce questionnaire ont permis de quantifier les différents types de vacanciers : ceux qui vont de préférence à la mer, à la montagne ou ceux qui souhaitent être dans un lieu tranquille et isolé (cf la grotte). Le pourcentage de ces personnes souhaitant être isolées est de 10%, pourcentage non négligeable pour un prestataire de vacances qui proposera des lieux de retraites isolés à ces clients. (1200 répondants enquête IPSOS*[5] *par questionnaire administré en ligne).*

La méthode qualitative permet dans un premier temps d'observer, de balayer le terrain, d'explorer des domaines inconnus pour recenser les « phénomènes » possibles. Elle va répondre à des questions. La méthode quantitative permet de quantifier ce qui a été recueilli par la méthode qualitative ou ce qui est déjà connu. Elle va valider ou invalider des hypothèses. L'exemple utilisé montre la nécessité d'avoir détecté le phénomène « d'isolement » par une méthode qualitative, pour ensuite quantifier ce besoin d'isolement et voir qu'il n'est pas négligeable (10% de l'échantillon). Les deux démarches ont des finalités différentes, mais l'alternance des deux méthodes est essentielle pour bien cerner les phénomènes et les quantifier**.** [Creswell 2013] (Chapitre 11 pages 208-227) présente les différentes manières de combiner ces approches.

2.2.2 Production et analyse de données

Cette section présente les différents moyens de production et d'analyse des données avec des méthodes qualitatives et quantitatives.

Au niveau des **méthodes qualitatives**, nous proposons de classer les méthodes en 4 grands types :

1. **La recherche documentaire** (p.ex., exploration de documents, archives) qui va faire émerger des informations sur les personnes ou les contextes.
2. **L'observation in situ** des personnes dans leur contexte de manière à identifier les pratiques et comportements en situation réelle.
3. Des **entretiens individuels** pour que les utilisateurs s'expriment en profondeur sur les questions posées par l'intervieweur.

[5] http://www.ipsos.fr/

4. Des **réunions de groupes** (p.ex., focus-group) pour faire réaliser des activités aux personnes, pour organiser des séances de créativité et pour confronter les propositions et les avis des personnes.

Les données produites sont de **nature qualitative**, il peut s'agir de documents recueillis, d'enregistrements audio et/ou vidéo, de productions des participants à des réunions de groupe (p.ex., lors de séances de créativité des maquettes peuvent être produites par les personnes).

L'analyse des données de nature qualitative demande de disposer d'une grille de codage ou d'annotations qui est créée sur la base des questions de recherche. A partir de cette grille, plusieurs types d'analyse peuvent être faites. [Paille and Mucchielli 2011] décrivent largement ces méthodes. Nous présentons, de manière succincte, deux des méthodes les plus souvent rencontrées. L'**analyse thématique** va recenser l'ensemble des thématiques présentes dans le discours de la personne ou les activités de la personne pendant une période d'observation in situ. Ces thèmes peuvent être divisés en sous-thèmes pour raffiner l'analyse. Chacun d'entre eux est illustré par des *verbatim* (c.-à-d. la retranscription exacte des propos de la personne). [Pernin et al. 2012] utilise ce type d'analyse pour évaluer l'utilisabilité d'une méthode de conception de formation pour adultes (page 241). La seconde manière est l'**annotation** des enregistrements audio-vidéos. Il s'agit d'élaborer un plan de codage des actions de la personne qui correspondent aux questions de la recherche. Ensuite, l'enregistrement est visionné pour identifier les moments de l'enregistrement où la personne fait les actions définies dans la grille de codage ; un fichier d'annotations est constitué. Ces deux manières demandent ensuite un travail de synthèse qui recense l'intégralité des phénomènes observés. Des logiciels d'annotations sont employés pour réaliser ce type d'analyse (p.ex., Elan [ELAN 2016], Observer XT [Noldus 2016])

Au niveau des **méthodes quantitatives**, nous nous limitons aux méthodes pour mesurer l'activité humaine et l'état du contexte dans lequel la personne évolue[6]. Nous proposons de classer les méthodes en trois grands types :

1. **Enquête quantitative** : les personnes répondent à un questionnaire. Les questionnaires sont composés de questions fermées (p.ex., âge, sexe, échelle de satisfaction) ou de questions ouvertes (p.ex., quelles sont les raisons de la réussite de votre action ? les répondants donnent une réponse en texte intégral).
2. **Les traces d'activité humaine** : les interactions entre la personne et système informatique sont enregistrées (p.ex., nombre de clics, vitesse des clics) ou les mesures faites à partir d'outils sont enregistrées (p.ex.: outils de suivi du regard, EEG, goniomètres)
3. **Les traces du système :** les données produites par le système informatique ou des capteurs sont enregistrées pour rendre compte du contexte dans lequel l'humain évolue. (p.ex., capteurs de température dans un bâtiment intelligent)

Les données produites sont de **nature quantitative**. En général, elles sont stockées sous la forme de tableau à double entrée ; les mesures en colonnes et les enregistrements

[6].Nous excluons les types de mesures faites avec des instruments dédiés aux autres sciences et qui ne sont pas dédiés à l'activité humaine (p.ex., chromatographe, spectromètre)

en ligne. Après la production, ces données sont validées pour vérifier la conformité aux valeurs attendues (p.ex., vérifier que l'âge des personnes soit compris entre 18 et 45 ans, ce qui correspond à l'âge des personnes ayant participé à l'enquête). Ces données sont parfois enrichies pour en augmenter la sémantique (p.ex., transformer une date de naissance en âge et recoder l'âge en classe d'âge). Ensuite, les méthodes d'analyse pour ce type de données sont principalement des méthodes d'analyse statistiques. [Howell et al. 2007] détaillent largement l'ensemble des méthodes statistiques, leur domaine de validité et leurs contraintes.

La Figure 3 présente les objectifs, les échantillons et les outils de production et d'analyse pour les méthodes qualitatives et quantitatives.

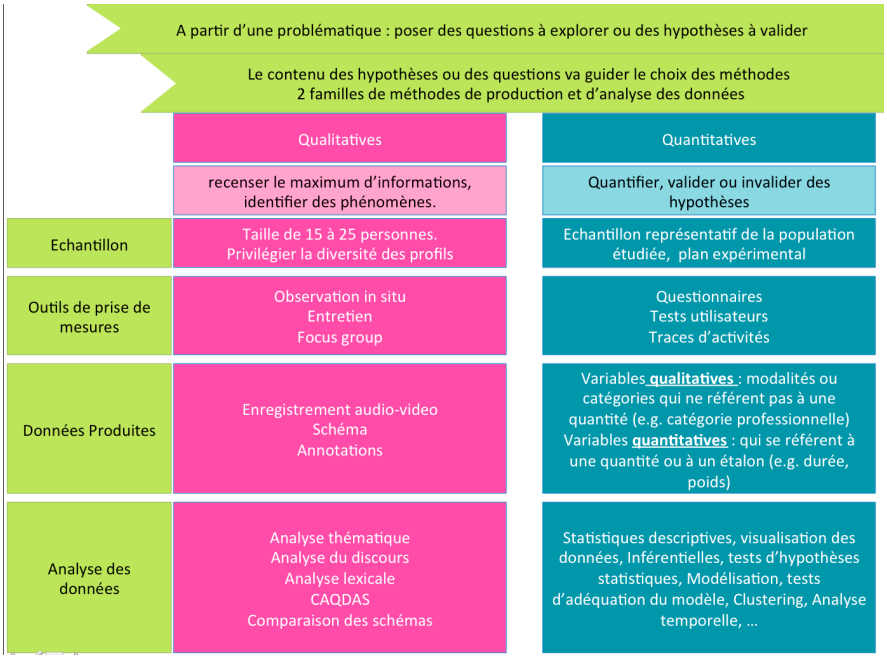


Figure 3 : Description des méthodes de production qualitatives et quantitatives selon leurs objectifs, le type d'échantillon, les outils de prise de mesures, les données produites et l'analyse des données.

2.2.3 Une mixité des méthodes pour la RICH

Comme nous l'avons vu dans la section précédente, les méthodes qualitatives et quantitatives ont des finalités distinctes : explorer *vs* quantifier. Les outils de production et d'analyse pour ces deux méthodes sont différents (Figure 3). Cependant, ces méthodes et ces outils sont complémentaires pour produire des résultats riches. Les méthodes qualitatives visent à répondre à des questions et les méthodes quantitatives à valider ou invalider des hypothèses. Les réponses à ces questions ou à ces hypothèses sont les résultats de l'expérimentation et contribuent à l'élaboration de la connaissance.

Après avoir étudier les méthodes de production et d'analyse de données, nous allons nous intéresser aux étapes dans lesquelles l'utilisateur va être impliqué pour la construction et l'évaluation de l'outil activable.

2.3 Démarche Centrée Utilisateur

La Démarche Centrée Utilisateur (DCU) telle que décrite par la norme NF EN ISO 9241 210 « Ergonomie de l'interaction homme-système – Partie 210 : conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs » a pour vocation d'améliorer l'interaction système. Cette norme présente le développement des applications informatiques comme un cycle intégrant l'utilisateur dès le début de la conception. Les trois phases de la DCU sont l'analyse, la conception et l'évaluation. La norme ISO13407 vise le champ du cycle de conception d'applications informatiques et détermine les exigences auxquelles un projet doit répondre pour être considéré comme « centré sur l'humain ». Suivant la norme, le projet doit :

1. se préoccuper en amont des utilisateurs, de leurs tâches et de leur environnement, ainsi que la compréhension claire de leurs besoins et des exigences liées à leurs tâches. Les utilisateurs doivent participer activement à la conception.
2. répartir de manière appropriée les fonctions entre les utilisateurs et la technologie,
3. itérer des solutions de conception : on peut imaginer le cycle comme une spirale, une démarche qui boucle jusqu'à ce que le système satisfasse aux exigences définies au départ.
4. faire intervenir une équipe de conception multidisciplinaire. La conception centrée utilisateur représente en effet plus que de simples considérations sur l'utilisabilité. Son caractère global vise une expérience utilisateur optimale. Cette notion d'expérience utilisateur est au carrefour de disciplines différentes (p.ex., facteurs humains, architecture de l'information, design, marketing, qualité).

En DCU, la **phase d'analyse**, recense les pratiques des utilisateurs, leur environnement, leurs besoins et leurs attentes. Les méthodes de production de données préconisées sont des méthodes qualitatives comme les entretiens semi-directifs individuels et des observations en situation. En effet, elles permettent de recueillir des données précises et d'aller en profondeur dans le questionnement.

La **phase de conception** est celle qui donne les éléments pour construire une application, en collaboration avec les futurs utilisateurs. Une méthode souvent utilisée est le focus-group. Plusieurs utilisateurs sont réunis. Au travers de différentes activités, ils construisent un outil ou utilisent une application. Ensuite, un débriefing est mené pour recueillir leurs avis et les pistes d'améliorations. Le déroulement du focus-group est cadré par une grille d'animation pour contrôler le temps de la séance. Ce travail de groupe permet la confrontation des idées.

La **phase d'évaluation** permet de mesurer auprès des utilisateurs différents critères, comme par exemple, l'utilisabilité [Nielsen 1994], la satisfaction, la performance des outils. Les méthodes de production de données employées sont des méthodes quantitatives. Pour supporter cette dernière phase, différentes méthodes existent. Nous en citons quelques unes à titre d'exemple. Les méthodes ergonomiques heuristiques, il s'agit de l'inspection d'une interface en évaluant le degré d'application d'une liste de lignes directrices établies de façon à détecter les aspects positifs et négatifs du point de vue de

l'utilisabilité et à en déduire des recommandations d'amélioration adaptées [Baccino et al. 2005]. Les travaux de Bastien et Scapin offrent aussi différents critères ergonomiques utilisés lors des évaluations [Scapin and Bastien 1997]. Les tests d'utilisabilité consistent à faire tester l'interface à des utilisateurs actuels ou futurs. Des scénarios d'utilisation sont soumis à des utilisateurs qui les réalisent sur une application. Le System Usability Scale (SUS) [Brooke and al 1996] permet de réaliser une enquête avec un questionnaire de 10 questions relatives à l'utilisabilité. Aussi, des mesures instrumentées peuvent enregistrer pendant la réalisation des tâches des informations sensorimotrices ou gestuelles (p.ex. goniomètre, outil de suivi du regard,etc.)

Afin de mieux correspondre aux besoins de mobilisation de l'utilisateur dans la RICH, lors de précédents travaux [Mandran et al. 2013]. Nous avons proposé d'utiliser des verbes plutôt que des substantifs et de modifier la terminologie pour les deux premiers termes :

- « le terme **« explorer »** plutôt que le terme « analyser ». Selon le TLFI[7], la définition du verbe « explorer » correspond à « parcourir et/ou examiner de fond en comble pour découvrir quelque chose » et celle du verbe « analyser » correspond à « décomposer un tout en ses éléments de manière à le définir, le classer, le comprendre ». Pour la conception des langages spécifiques, les études sur le vocabulaire et les pratiques des utilisateurs vont être explorés par le chercheur de manière à connaître un domaine qui lui est inconnu.

- « le terme de **« co-construire »** plutôt que le terme de « conception » car la dimension collaborative pluridisciplinaire est indispensable pour élaborer l'outil activable. En effet, les travaux collectifs se basent sur *« le processus d'allocation des tâches selon les compétences, la synchronisation des actions, la gestion des conflits et aux fonctions de communication »* [Falzon and Darses 1996].Cet aspect collaboratif n'est pas naturellement présent dans le terme de « conception », c'est pourquoi nous préférons le terme de « co-construire ».

Dans notre contribution, pour suivre les différentes étapes de développement de l'outil activable, nous emploierons ces trois verbes : « explorer », « co-construire », « évaluer ». Ils correspondent à la contribution attendue de l'utilisateur qui peut être passive : lors de la phases d'exploration c'est le chercheur qui va l'observer : dans les phases de co-construction et d'évaluation l'utilisateur est actif ; il fait part de ses représentations du « monde » au chercheur.

La démarche centrée utilisateur est constituée de trois étapes (explorer, co-construire et évaluer) nous l'emploierons pour spécifier le rôle de l'utilisateur dans la construction et l'évaluation de l'outil activable. La réussite de ce travail de recherche va dépendre des outils mis en place pour tracer les activités réalisées pendant ces trois étapes. Nous abordons maintenant cette notion de traçabilité et des indicateurs qui vont suivre un processus de recherche.

[7] TLFI : Trésor de la langue française informatisée. http://atilf.atilf.fr/

2.4 Traçabilité, démarche d'amélioration continue et indicateurs

Notre méthode de conduite de la recherche se définit comme traçable. En effet, elle propose de tracer les tâches réalisées au cours du processus de recherche ainsi que les données et les résultats produits. Nous employons des travaux sur la traçabilité et la qualité des données pour identifier des outils nécessaires à la traçabilité d'un processus.

2.4.1 Traçabilité

La traçabilité des résultats de recherche est actuellement soutenue par les cahiers de laboratoire proposés dans les instituts de recherche français (CNRS, INRA, etc) « Le cahier de laboratoire permet à tous ceux qui réalisent des travaux de recherche (chercheurs, ingénieurs, techniciens, thésards, stagiaires...) de consigner au jour le jour le détail de leurs travaux. Outil de transmission du savoir, il s'avère également très utile pour la rédaction d'un brevet ou pour prouver une antériorité. Simple d'utilisation, à condition d'être rigoureux, il devient vite indispensable» [CNRS 2016]. Ces cahiers en format papier sont difficilement utilisables dans le cas de la recherche en informatique. Les chercheurs n'ont pas pris l'habitude d'utiliser ce dispositif. Une enquête réalisée en Novembre 2016[8] au Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG) auprès de 11 chercheurs nous a permis d'identifier certains freins à l'utilisation du cahier. Le cahier de laboratoire est rarement connu par les chercheurs *« je ne savais pas que l'on avait ça », « je n'ai jamais vu personne s'en servir ».* La communication autour de cet objet ne semble pas suffisante *«Moi en tant que doctorante si j'avais eu connaissance de cet outil au début j'aurais pris le temps de l'utiliser », « Moi je ne savais pas que l'on avait ça au sein du LIG, il n'y a pas vraiment de communication dans le laboratoire à ce sujet »,« Je n'ai jamais vu cet objet, je pensais bien qu'il existait mais pas chez nous ».* Quand il est connu il est perçu comme un outil administratif *« C'est un outil institutionnel, administratif, ce n'est pas un outil de recherche* ». Outil qui est vu comme un outil de surveillance de l'activité *« Ce qu'il faut comprendre c'est qu'un cahier de laboratoire comme ça c'est aussi une demande de la super structure, eux ils aimeraient bien avoir une trace de l'activité de leurs agents parce que eux ont besoin de faire des rapports, ils ne savent pas ce qui se passe, donc de temps en temps lorsqu'il y a des problèmes ils aiment bien avoir les sources… Ça a un côté managérial», « En soi le principe du cahier est bon mais la façon dont ils l'ont mis en place est extrêmement rigide et ça ne correspond pas à l'intérêt du chercheur puisque ça l'oblige à avoir une dépendance vis-à-vis de la hiérarchie du laboratoire ».* Malgré cette non utilisation du cahier de laboratoire, certains d'entre eux tracent l'ensemble de leurs activités de recherche sur leur ordinateur. Si ce traçage de l'activité de recherche est exhaustif, la masse de données produites rend la traçabilité du travail de recherche difficile et l'émergence des nouvelles idées n'apparaît pas dans ces traces. Cependant, la traçabilité des expérimentations des recherches est nécessaire pour garantir la qualité des résultats produits et si le cahier de laboratoire permet de tracer les activités il ne permet pas de mesurer l'avancée des travaux ni d'améliorer les pratiques de conduite de la recherche. C'est pourquoi nous proposons d'utiliser des outils de la démarche d'amélioration continue pour contrôler la

[8] Cette enquête a été conduite par T.Koskas Master 1 en psychologie. La globalité des résultats de cette enquête est en cours d'analyse. Le document de synthèse sera disponible en Mars 2017.

conduite de la recherche et ainsi garantir la traçabilité de cette activité. Nous utiliserons le cycle de Deming (ou cycle PDCA) et des indicateurs de mesure de la qualité des données produites.

2.4.2 Démarche d'Amélioration Continue (DAC)

La Démarche d'Amélioration Continue (DAC) *« consiste en un effort continu pour améliorer les produits, les services ou les processus. Ces efforts peuvent viser à apporter des petites améliorations à intervalles réguliers (de façon incrémentale) ou, au contraire, à regrouper toutes les améliorations dans une implémentation globale. »* [Chartered Quality Institute 2016]. Concrètement, il s'agit de tracer ce qui est fait tout au long d'un processus, de faire un bilan du processus et de l'améliorer. Pour guider un processus W.A.Shewart en 1930 propose un premier cycle avec trois étapes « Plan, Study, Act » qui est repris et amélioré par W.E.Deming en 1950. Le Cycle de Deming [9](Figure 4) est un outil pour guider l'amélioration d'un processus [Sokovic et al. 2010]. Il se décompose en 4 actions : Plan, Do, Check, Act (PDCA). De manière générique, le sens de ces actions est : **Plan -** Préparer et planifier ce qui va être fait, **Do -** Réaliser ce qui a été prévu, **Check -** Faire le bilan de ce qui a été réalisé, **Act -** Décider de la suite à donner : arrêter le processus ou itérer.

La conduite d'un processus avec ce cycle d'amélioration continue nécessite de disposer d'indicateurs pour connaître les activités réalisées, les productions obtenues et pour identifier si les objectifs fixés dans l'action « Plan » sont atteints. Ce jeu d'indicateurs est utilisé pour prendre une décision dans l'action « Act ». Nous utilisons des travaux sur les indicateurs de qualité des données pour identifier des indicateurs nécessaires à la conduite de ce cycle.

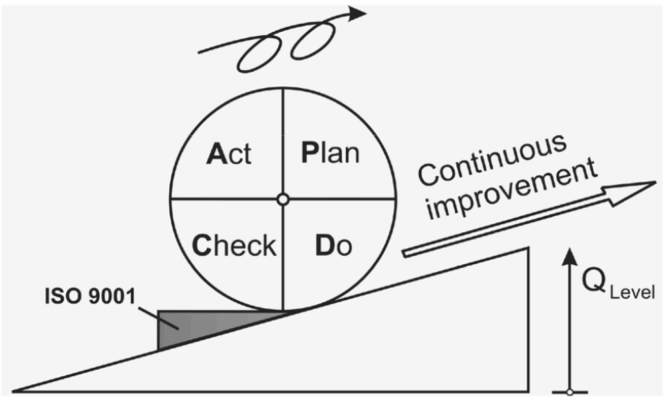


Figure 4 Roue de Deming : 4 actions et un processus d'amélioration continue [Sokovic et al. 2010]

[9] W.Shewhart a été le premier à formaliser cet outil. C'est W. Deming qui le diffuse par son action dans les entreprises japonaises dans les années 50. Ce cycle est largement utilisé dans les entreprises qui déploient le management par la qualité.

2.4.3 Indicateurs de qualité

Pour la DAC, un indicateur est *«un événement, un fait observable, mesurable et déterminé par un calcul qui identifie de façon qualitative ou quantitative une amélioration ou dégradation du comportement du processus ». « L'indicateur qualité réside en une information choisie, associée à un phénomène, destinée à en observer les évolutions au regard d'objectifs qualité » [Batisse 2009]*.

- ***Indicateurs de suivi d'un processus d'amélioration continue***

Pour suivre les processus d'amélioration continue, la norme 9001, révisions 2015 préconise d'utiliser des indicateurs de performances. Par exemple, il peut s'agi trois types 1) d'indicateurs de **pilotage** qui guident le processus, 2) d'indicateurs d'**activités** qui rendent compte de l'activité dans le processus et 3) d'indicateurs de **résultats** qui rendent compte de la réussite ou non du processus. Par exemple, dans le cas d'une société de transport : un indicateur de pilotage est le nombre de camions disponibles pour les livraisons, un indicateur d'activité est le nombre de colis livrés par jour et un indicateur de résultat est le niveau de satisfaction des clients.

Pour spécifier les indicateurs, nous utilisons les travaux de [Polańska et Zyznarski 2009]. Ces travaux offrent l'avantage d'avoir été déployés pour contrôler la production et l'analyse des données dans le contexte de l'informatique décisionnelle. Leur contribution est intéressante pour nos travaux car elle comporte la dimension de qualité des données et la présence de critères de décision liés à la valeur de ces données. La manière dont ils procèdent est également pertinente car ces critères de décision sont posés avant le recueil des données, ce qui garantit une indépendance entre la production de la donnée et la décision liée aux valeurs des données recueillies. Pour décrire les indicateurs, ils ont élaboré un cadre avec 10 critères[10] : 1- Nom de l'indicateur, 2- Nom de la mesure, 3- Objectif de la mesure, 4- Type de mesure : objective : donnée numérique, subjective : donnée de contrôle (p.ex., vérifier que l'utilisateur peut utiliser une souris), 5- Méthode pour prendre la mesure, 6- Si nécessaire, calcul à opérer sur la mesure pour la rendre utilisable (p.ex., année de naissance des élèves à transformer en âge, pour calculer l'âge moyen des élèves), 7- Type de stockage de la mesure (p.ex., continue, binaire, catégorielle, textuelle), 8- Unité de mesure, 9- Plage de validité de la mesure et 10- Critère de décision. Le Tableau 3 fournit un exemple pour les deux types de mesures : subjective et objective

Critères	**Mesure subjective**	**Mesure objective**
Nom de l'indicateur	Utilisabilité	Adaptabilité de l'architecture informatique
Nom de la mesure	Niveau de technicité de la terminologie	Adaptabilité de l'application sur différentes architectures
Objectif de la mesure	Vérifier que l'interface est utilisable par des novices	Savoir si l'application peut être supportée par différentes architectures
Type de mesure	Subjective	Objective

[10] Nous avons choisi de modifier l'ordre proposé par les auteurs car de notre point de vue il n'est pas très logique pour la compréhension du lecteur. L'ordre définit par les auteurs est : 1- Nom de la mesure 2- Objectif de la mesure, 3-Méthode pour prendre la mesure 4- Type de mesures, 5- Plage de validité de la mesure, 6-Type de stockage de la mesure, 7- Unité de mesure, 8- Calcul à opérer sur la mesure 9- nom de l'indicateur, 10 Critère de décisions

Méthode pour prendre la mesure	Question : échelle en 10 points (0 pas utilisable, 10 tout à fait utilisable)	Installer l'application et vérifier que l'architecture la supporte
Calcul à opérer sur la mesure	aucun	Diviser le nombre d'architecture supportant l'application par le nombre d'architectures testées.
Type de stockage de la mesure	Numérique (de 0 à 10)	Numérique
Unité de mesure	Catégorielle	Ratio en %
Plage de validité de la mesure	De 0 à 10	De 0 à 100%
Critère de décisions	Si la mesure est < 5 la terminologie n'est pas utilisable par un novice.	Si la valeur de p > 90% alors l'application est acceptable, sinon elle ne l'est pas.

Tableau 3 : Exemples de définition d'indicateurs de qualité avec les 10 critères de [Polańska et Zyznarski 2009].

- ***Indicateurs pour la qualité des données***

Pour suivre la qualité des données produites dans le cadre des expérimentations en RICH et garantir un certain niveau de qualité des données expérimentales, nous utilisons des travaux dans ce domaine.

Les données produites lors d'une expérimentation fournissent à la fois des fichiers de données qui sont analysés pour produire des résultats et des métadonnées qui décrivent le contenu des fichiers de données. Les approches pour contrôler la qualité des données et les indicateurs vont se préoccuper des métadonnées et des données. [Berti-Equille 2007] propose 4 approches pour contrôler la qualité des données : (1) préventive, (2) adaptative, (3) corrective et (4) diagnostique. L'approche préventive permet un contrôle en amont avant la production des données (p.ex., un test de production des données par un capteur garantira que les données produites en temps réel sont correctes). L'approche adaptative permet la vérification des données en temps réel (p.ex.: pendant la capture de données une application permet d'identifier les données aberrantes, par exemple une augmentation soudaine de la température sur un capteur). Les approches diagnostiques et correctives sont menées après la production de données. L'approche diagnostique comprend la comparaison avec la réalité sur le terrain et la gestion des métadonnées. L'approche corrective comprend, entre autres, la correction par rapport à la réalité du terrain, l'imputation de données manquantes, le redressement et l'élimination des doublons.

Afin d'être opérationnelles, les 4 approches pour suivre la qualité des données doivent s'accompagner d'indicateurs de qualité. [Di Ruocco et al. 2012] définissent dix indicateurs :

1. **Pertinence** : capacité des données répondre aux besoins actuels et futurs des utilisateurs.
2. **Exactitude/Justesse** : mesure de la conformité des données par rapport à la réalité. (p.ex., la taille des individus ne peut pas être supérieur à 2,50 m ni inférieur 0,40 cm).
3. **Précision temporelle** : exactitude des données par rapport à l'instant qu'elles sont censées représenter. Le chercheur a besoin d'avoir des données qui

décrivent une situation telle qu'elle est ou était à un moment précis. (p.ex., les bilans pour une entreprise sont enregistrés avec l'année de référence).

4. **Accessibilité** : la facilité de localisation et d'accès aux données et aux métadonnées.
5. **Facilité d'interprétation :** facilité de compréhension des données, de leur analyse et de leur usage. Les données doivent être bien documentées pour être comprises sans ambiguïté.
6. **Unicité** : garantie qu'une entité du monde réel est représentée par un seul et unique objet, il s'agit de contrôler la présence des doublons.
7. **Cohérence** : absence d'informations conflictuelles. (p.ex., l'âge des enfants doit être inférieurs à celui de leurs parents).
8. **Conformité à une norme :** respect d'une norme standardisée ou d'une convention de nommage (p.ex., la profession de la personne est codée selon la norme INSEE : PCS en 8 catégories).
9. **Complétude** : Ce critère est utilisé dans les approches préventives. Car il s'agit de contrôler si les objets nécessaires à la production des données sont présents dans le modèle de données. La complétude se juge en fonction selon 4 critères : entités, attributs, relations et occurrences. (p.ex., pour les entités, une base de données des clients est incomplète s'il manque l'adresse de facturation, p.ex., pour les relations, une personne peut aller dans plusieurs salles de cinéma, le modèle doit comporter une relation «voir des films » liant les entités « personne » aux entités « salles de cinéma ».
10. **Consistance** : Quand une entité est recopiée, il y a consistance si on retrouve les mêmes valeurs d'attributs dans toutes les bases.

Pour la conduite de la méthode de la recherche THEDRE, nous utiliserons l'approche préventive pour contrôler la production des données, l'approche diagnostique pour les évaluer et l'approche corrective pour les corriger. Nous n'utilisons pas l'approche adaptative dédiée à des captures et des corrections de données en temps réel. Au niveau des indicateurs de la qualité des données nous utilisons les huit premiers que nous détaillerons dans la proposition. Les indicateurs n°9 et n°10 sont directement liés à des modèles de bases de données. Ils sont trop spécifiques à ce format de données, nous ne les utiliserons pas.

Nous avons présenté dans quel paradigme épistémologique nous nous inscrivons pour construire de la connaissance scientifique et identifier sa valeur. Nous avons présenté les différents outils qui vont constituer notre processus : les méthodes de production des données, la démarche centrée utilisateur et la démarche qualité. Nous terminons ce chapitre en exposant comment nous souhaitons représenter ce langage afin qu'il soit proche d'un standard pour être diffusé et partagé.

2.5 Modélisation des processus et BPMN

La méthode de conduite de la recherche que nous proposons est un processus dans le sens où il s'agit d'un ensemble d'activités reliées entre elles et menées dans le but de définir un produit. Les processus sont formalisés sous la forme de modèles de processus.

- ***Les types de modèle de processus***

Les modèles de processus demandent peuvent être décrits suivant plusieurs points de vue nommés focale. [Rolland 2005] classe les modèles de processus en 5 types : orienté activité, orienté produit, orienté décision, orienté contexte et orienté stratégie. Nous utiliserons l'exemple d'un processus de production de pain en boulangerie pour illustrer ces différentes focales.

Orienté activité : le processus se focalise sur « les activités exécutées pour produire un produit et sur leur ordonnancement ». Dans notre exemple, il s'agira des activités faites par les boulangers avec les machines de production pour réaliser les différents produits de la boulangerie : pétrir, cuire, etc.

Orienté produit : le processus se concentre sur « l'état du produit et l'activité qui va engendrer cet état. Le modèle de processus est vu comme un diagramme de transitions d'état ». Dans notre exemple, le processus est focalisé sur les différents états de la pâte à pain en fonction du processus : en préparation, en fermentation, en cuisson.

Orienté décision : le processus est dirigé par les « transformations successives du produit comme résultats de décisions ». Ces modèles mettent l'accent sur la décision à prendre et sur le contexte du processus. Dans notre exemple, un processus orienté décision focalisera sur les actions à faire selon l'état de la pâte. Si la fermentation n'est pa suffisante alors reprendre une étape de fermentation sinon poursuivre le processus.

Orienté contexte : le processus est défini comme une « combinaison de situations observables avec un certain nombre d'intentions (aboutissant à des décisions) spécifiques. Le travail à accomplir est décrit dans le processus comme étant dépendant à la fois de la situation et de l'intention ; en d'autres termes, il dépend du contexte de réalisation». Dans notre exemple, le processus du pain sera décrit en fonction des outils de production disponibles et des compétences des boulangers présents.

Orienté stratégie : « Plusieurs démarches sont présentés dans le même modèle de processus. Il est donc multi-démarches et prévoit plusieurs chemins possibles pour élaborer le produit. Il est basé sur les notions d'intention d'ingénierie et de stratégie à suivre pour réaliser ces intentions». Dans notre exemple, plusieurs processus de production du pain seront décrits en fonction demandes des clients (p.ex. pétrir à la main, pétrir avec un pétrin spécialisé pour la pain sans gluten).

Puisque nous souhaitons proposer un processus à destination des chercheurs en RICH, notre processus a besoin de se situer par rapport à une activité. Il a également besoin de produits qui vont garantir la traçabilité. Ainsi, pour construire notre processus nous privilégions la focale activité pour identifier tâches à conduire avec une identification des produits à réaliser et à tracer, sans pour cela représenter l'évolution de ces produits.

Nous terminerons cette section sur les processus par la modélisation des processus par le langage BPMN qui est actuellement le standard dans ce domaine.

- ***Modélisation de processus par activités : BPMN***

Pour représenter un modèle de processus, il est nécessaire de disposer d'un langage. Une des normes pour la modélisation de processus est la « Business Process Model

Notation (BPMN). Cette norme est soutenue par le groupement OMG/BMI [BPMN (Website) 2016].

Le métamodèle BPMN comprend un ensemble d'éléments :

1. **Les activités :** c'est un ensemble d'actions qui vont être réalisées par les participants. Les activités sont divisées en 4 catégories : les tâches, les sous-processus, les activités appelantes et les transactions**.**
    a. **Tâche** : c'est une activité qui peut être réalisée par un humain ou par le système. C'est l'action de plus bas niveau. (P.ex., ajouter de l'eau dans la préparation).
    b. **Sous-processus :** il est modélisé à l'aide d'activités, de passerelles, d'événements et de flux de séquences il représente une cohérence d'ensemble sur une partie du processus. (p.ex., Préparation de la pâte à pain).
    c. **Activité appelante (call activity) :** elle englobe une tâche ou un sous-processus qui est défini globalement et réutilisé ailleurs dans le processus. (p.ex., le sous-processus de fermentation répété deux fois dans le processus).
    d. **Transactions :** type spécialisé de sous-processus qui aura un comportement spécial.
2. **Les éléments de flux** : séquencement entre les actions. Les liens sont figurés avec types de flèches différents; elles vont représenter le flux du processus. (p.ex., passer à la tâche suivante : après avoir mis la farine puis ajouter de l'eau)
3. **Les éléments de connexion** : Ils sont utilisés pour débuter ou finir un processus et gérer des actions spécifiques au cours de celui-là. Ce sont les circonstances où des activités vont être déclenchées (p.ex., le départ d'un processus)
4. **Les branchements :** Ils sont utilisés pour dissocier ou réunir des flux, si besoin sur la base de décisions à prendre entre des activités (p.ex. si la fermentation n'est pas suffisante alors attendre).
5. **Les 'artefacts'** : Il s'agit des éléments ou données manipulés au cours du processus. (p.ex., une facture)
6. **Les bassins et couloirs :**
    a. Un couloir identifie un participant du processus (p.ex, responsable de production, boulanger). Les tâches présentes dans ce processus sont celles que le participant va exécuter.
    b. Un bassin est un ensemble de couloirs ; il représente un processus indépendant.

La représentation de ces éléments est associée à des symboles qui se veulent « affordants » c'est à dire qu'ils ont une signification évidente pour le concepteur. La Figure 5 montre des exemples de ces symboles.

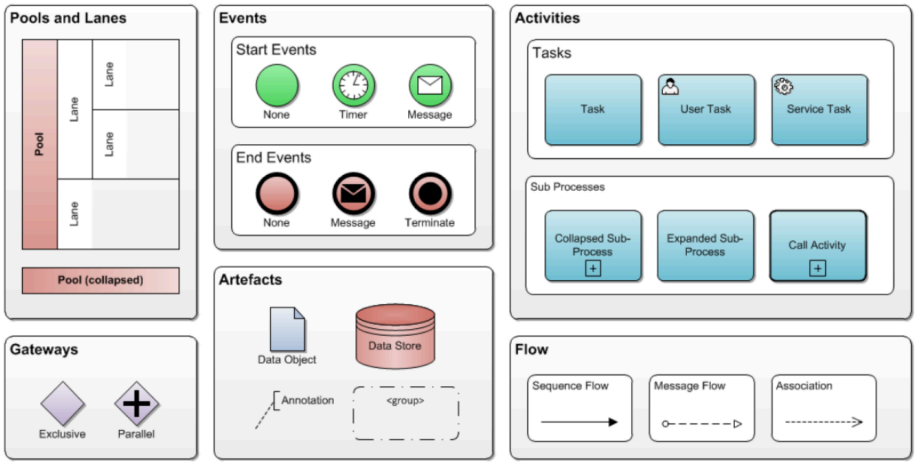


Figure 5 : Exemples de symboles affordants utilisés dans BPMN2.0

Pour modéliser un processus, les différents symboles sont utilisés. Les tâches sont liées entre elles par des éléments de flux. Les branchements représentent les points de jonction où le flux peut se diviser pour conduire des tâches en parallèle ou de manière dépendante. Les événements représentent ce qui peut se produire au cours du processus et qui peut entrainer une modification. Les flux sont situés dans des couloirs pour les spécifier par participants et dans des bassins si le processus modélisé est indépendant des autres. La Figure 6 représente la modélisation d'un processus de commande de matérie l: avec un évènement de début et de fin et 6 activités. Les activités « régler la facture », « inventorier la matériel » et « informer le service que le matériel est livré » peuvent être menées en parallèles (gateway avec la croix).

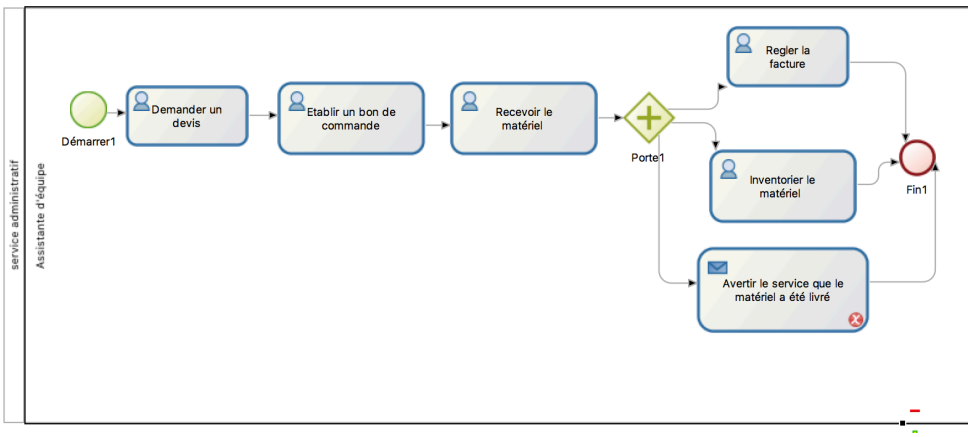


Figure 6 : Modélisation d 'un processus de commande de matériels.

Nous emploierons la notation BPMN pour représenter le modèle de processus que nous proposons car il est orienté 'activité'. Cependant, nous adapterons le BPMN pour qu'il soit plus conforme à nos besoins de modélisation d'un processus de conduite de la recherche.

RESUME : CHAPITRE 2

Le chapitre 2 expose les notions nécessaires à la compréhension de nos travaux. Nous avons présenté en quoi le choix d'un paradigme épistémologique est incontournable pour définir une méthode de conduite de la recherche. Nous avons donné des éléments de descriptions de 4 paradigmes contemporains de manière à identifier les différences entre eux et à entrevoir celui qui correspond le mieux à la production de connaissances scientifiques dans le cadre de la RICH. Parmi les paradigmes étudiés, celui qui est le plus adéquat à la RICH est le constructivisme pragmatique.

Au niveau de la production et de l'analyse des données, nous avons ensuite exposé succinctement les différentes méthodes et techniques. L'objectif ici d'avoir une vision synthétique de ces méthodes sans rentrer dans les détails de la mise en œuvre, puisqu'elle est largement détaillée dans une littérature nombreuse. La description des méthodes de production de données, qualitatives et quantitatives a montré l'intérêt d'utiliser les deux types de méthodes une pour comprendre, l'autre pour quantifier. Nous proposerons d'utiliser les deux types de méthodes de manière complémentaire.

Au niveau de la qualité des données, nous avons expliqué la démarche d'amélioration continue pour tracer un processus et aussi les outils pour suivre la qualité des données. Nous utiliserons le cycle de Deming et des indicateurs de pilotage, d'activités et de résultats et des indicateurs pour garantir la qualité des données recueillies pendant le processus de recherche et pendant le travail expérimental. Pour notre contribution, les approches préventives, diagnostiques et correctives sont pertinentes car elles accompagnent tout le cycle de vie des données [Mandran et al. 2015]. Nous les mobiliserons lors des expérimentations en RICH. L'approche adaptative ne sera pas utilisée car les données produites pendant les expérimentations sont rarement modifiables en temps réel. Nous utiliserons le cycle de Deming et des indicateurs de pilotage, d'activités et de production et des indicateurs pour garantir la qualité des données recueillies pendant les expérimentations. Nous avons aussi présenté les fondements nécessaires à la représentation d'un processus, donc en particulier un processus de conduite de la recherche.

CHAPITRE 3

ETAT DE L'ART

3.1 Design Based Research 54
3.1.1 Fondements 54
3.1.2 Caractéristiques de la DBR 55
3.1.3 Le DBR & les outils activables (EIAH) 58
3.1.4 Synthèse sur la méthode DBR 59
3.2 Design Science pour les recherches en Sciences de l'Information 61
3.2.1 Fondements 61
3.2.2 Modèle initial [Hevner et al. 2004] 62
3.2.1 Ajout d'un processus au modèle initial par [Peffers et al. 2006] 65
3.2.1 Modification du modèle par [Gregor and Hevner 2013] 66
3.2.1 Modification du cycle de pertinence par [Drechsler and Hevner 2016] 68
3.2.2 Ajout de deux cycles au modèle initial par [Uysal 2016] 68
3.2.3 Synthèse sur la méthode Design Science et ses extensions 69
3.3 Recherche action et Action Design Research pour les recherches en GL. 71
3.3.1 Fondements de la recherche action 72
3.3.2 Action Design Research [Sein et al. 2011] 73
3.3.3 Synthèse sur la méthode Design Action Research pour le GL 76
3.4 Dialogical Model pour les recherches en Sciences de Gestion 78
3.4.1 Paradigme et validation des connaissances 78
3.4.2 Caractéristiques du Modèle Dialogique 79
3.4.3 Synthèse sur le Modèle Dialogique 82
3.5 Synthèse sur les méthodes étudiées 85

3 ETAT DE L'ART : METHODES DE CONDUITE DE LA RECHERCHE

Notre état de l'art concerne les méthodes de conduite de la recherche. Par méthode de conduite de la recherche, nous entendons le processus global qui conduit à la production de connaissances scientifiques. En règle général, il est initié par un bilan de l'état de l'art d'un domaine, suivi de la définition d'une problématique, puis par la construction d'une connaissance scientifique pour répondre à ce problème et se termine par l'évaluation de cette contribution. De nombreux articles ou ouvrages offrent des *'méthodes de recherche'* ; il s'agit en réalité de méthodes de production des données. Ces travaux[11] décrivent des méthodes qualitatives [Runeson and Höst 2008], [Taylor and Bogdan 1984], [Silverman 2006], [Smith 2007], des méthodes quantitatives [Sternberg and Brossard 2007], [Coolican 2014], ou des techniques particulières [Bisseret et al. 1999], [Bernhaupt 2009], [De Vaus 2013]. De plus en plus, les travaux sur ces méthodes de production montrent l'intérêt de mixer les approches [Creswell 2013], y compris en psychologie, domaine dans lequel les méthodes quantitatives ont une place prépondérante [Mertens 2014]. Les travaux sur les méthodes de conduite de la recherche existent dans domaines en dehors de la RICH [Fortin and Gagnon 2010], [Thietart 2014]. Ces différents travaux sont intéressants car ils englobent la totalité du processus, le détaillent et définissent les paradigmes épistémologiques associés. En revanche, les processus de recherche proposés ne s'intéressent pas à des domaines où la connaissance scientifique et un outil activable doivent être créés de manière dépendante. Or, nos travaux se préoccupent de ce type de recherche, où un outil activable supporte la connaissance scientifique, c'est pourquoi notre état de l'art porte sur des méthodes de conduite de la recherche qui ont pour objectif de produire à la fois une connaissance scientifique et un outil activable et qui intègrent l'humain et son contexte à un moment du processus de recherche ou tout au long de celui-ci.

Nous avons identifié trois grandes classes de méthode de conduite de la recherche employées dans trois des domaines de la RICH ayant plusieurs variantes :

1. **Le Design Based Research (DBR)** : utilisé par les recherches en sciences de l'éducation[12] et par la recherche en informatique pour conceptualiser des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH).
2. Le **Design Science (DS)** : utilisé par les recherches en Système d'Information (SI).
3. La recherche action et sa déclinaison dans **l'Action Design Research** (ADR) employée dans les recherches en Génie Logiciel (GL) et en Système d'Information (SI).

Nous analyserons aussi une méthode employée par les recherches en sciences de gestion car elle a été construite avec le paradigme épistémologique qui nous semble le plus pertinent pour la RICH : le constructivisme pragmatique. De plus, les auteurs approfondissent les hypothèses ontologique et épistémique, le but, la valeur et la validité des connaissances. Il s'agit du **Modèle Dialogique** (DM). Nous avons

[11] Nous ne citons que quelques uns des ouvrages traitant de ce sujet.

[12] Par sciences de l'éducation, nous désignons toutes les sciences humaines qui se préoccupent des problèmes liés à l'enseignement et à l'apprentissage.

également retenue cette méthode car elle s'intéresse à la création de connaissances scientifiques et à des modèles utilisables, ce qui correspond aux deux objectifs de la RICH.

Pour analyser et confronter ces 4 méthodes, nous nous appuyons sur 17 critères que nous avons répartis en 6 catégories issues des fondements scientifiques présentés au chapitre 0.

1. Une méthode de conduite de la recherche doit indiquer comment elle se confronte au réel, comment elle construit et évalue la connaissance scientifique. Ce point fait l'objet d'une première catégorie. Nous focaliserons sur la description des paradigmes épistémologiques, sur les hypothèses ontologiques et épistémiques et sur le point d'entrée de la recherche : recherche guidée par le terrain ou par la théorie.
2. Dans le cas de la RICH, la méthode de conduite de la recherche doit pouvoir s'appliquer à une connaissance scientifique et à un outil activable par des utilisateurs. Elle a pour finalité de construire et d'évaluer à la fois la connaissance et l'outil activable. Ce sera l'objet de notre deuxième catégorie. Pour chacune des méthodes nous étudierons comment elles se positionnent par rapport à un outil activable et si elles préconisent des temps de construction et des temps d'évaluation de la connaissance et de l'outil.
3. Comme nous nous intéressons à décrire un processus de conduite de la recherche, pour organiser les différentes étapes d'un travail de recherche, notre troisième critère porte sur les descriptions du processus. Nous analyserons si les auteurs détaillent un processus de recherche.
4. Pour se construire la RICH est centrée sur les représentations de l'humain, la méthode de conduite de la recherche doit donner accès à l'humain et à son contexte ; c'est notre quatrième catégorie. Nous analyserons si les méthodes proposées intègrent le contexte dans lequel l'humain évolue et les représentations de l'humain.
5. Afin de mesurer l'humain dans son contexte et avoir accès à ses représentations, toutes les méthodes de production et d'analyse de données doivent être mobilisées ; il s'agit de la cinquième catégorie. Nous observerons, aussi, si la mixité pluridisciplinaire des méthodes de production des données (p.ex., gestion, sociologie) est suggérée et si les trois de modes de raisonnement (inductif, déductif et abductif) sont préconisés.
6. La dernière catégorie est en lien avec la traçabilité du processus de recherche et la qualité des données expérimentales. Nous analyserons les outils de traçabilité et de qualité des données mis en place par les auteurs.

Au total, ce sont 17 critères que nous suivrons pour comparer ces méthodes de conduite de la recherche. Dans le Tableau 4 nous détaillons les catégories avec les critères associés.

Six catégories	Dix-sept critères : les travaux étudier doivent
Choix du paradigme et point d'entrée de la recherche	1. **Mentionner le paradigme épistémologique** auquel se réfère la recherche, ce paradigme doit **être compatible avec les hypothèses ontologiques et épistémiques** du constructivisme pragmatique 2. **Etre guidés par la connaissance scientifique avec un outil activable** à construire 3. **Pouvoir faire évoluer la question de recherche** au cours du processus de recherche
Finalités de la recherche	4. Pouvoir être applicables à une recherche qui a besoin de **construire un outil activable pour élaborer une connaissance scientifique** 5. **Avoir une double finalité : construire et évaluer** de la connaissance scientifique et l'outil activable associé **6. Décomposer l'outil activable en une ou plusieurs sous-parties**
Processus de recherche	7. **Avoir un processus de conduite de la recherche** clairement spécifié, 8. **Procéder de manière itérative** dans cette construction afin de faire évoluer la connaissance et l'outil activable, 9. Offrir un processus **expérimental détaillé**
Contexte et utilisateur	10. **Considérer un contexte d'application** pour résoudre la problématique de recherche, 11. Intégrer **l'utilisateur et son contexte** à certaines étapes du processus, autrement dit s'ancrer dans une posture systémique,
Production et analyse des données	12. **Autoriser la mixité des méthodes de production et d'analyse des données**, 13. **Permettre la pluridisciplinarité au niveau des méthodes**, en particulier celles produites par les SHS, 14. **Autoriser trois types de raisonnement déductif, inductif et abductif**
Traçabilité et qualité	15. **Traçabilité** : Offrir des outils et des indicateurs de contrôle du processus de la recherche 16. **Capitaliser** les outils de production des données et les données 17. Offrir des outils pour **garantir la qualité des données**

Tableau 4 : Catégories et critères pour étudier et comparer les 4 méthodes de conduite de la recherche

Les critères d'analyse étant fixés, nous abordons l'étude des 4 méthodes de conduite de la recherche retenues. Pour chacune des méthodes, nous décrirons leurs fondements, leurs caractéristiques, leur manière de contribuer à la construction des outils activables, leurs avantages et leurs limites. La structure de la présentation entre les 4 méthodes n'est pas uniforme car nous avons choisi de garder la structuration fournie par les auteurs, ce qui révèle le point de focalisation de chacun d'eux. Par exemple, comme nous le verrons,

le Design Based Research est présenté au travers de propriétés de la recherche et le Design Science au travers des processus.

Pour résumer chaque méthode, nous faisons des tableaux de synthèse à la fin de chaque section. Nous utilisons la symbolique présentée dans le Tableau 5 pour évaluer les méthodes que nous étudions dans l'état de l'art. Les notes serviront à faire une synthèse des critères. Pour chacune des méthodes de conduite de la recherche, en fonction des informations recueillies dans la littérature, nous affectons un niveau de validité pour chacun des critères (validé, partiellement validé, non abouti et non abordé).

Modalité	Symbole
Critère validé	
Critère partiellement validé	
Critère abordé par les auteurs mais pas suffisamment abouti	
Critère non abordé par les auteurs ou non conforme à nos besoins	

Tableau 5 : Légende pour schématiser le niveau de validité de nos critères sur l'état de l'art

3.1 Design Based Research

La première méthode de conduite de la recherche que nous étudions est le Design Based Research. Nous présentons les fondements et les propriétés de la méthode fixées par les auteurs et la manière dont cette méthode aide à la construction des outils activables, ici les Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH).

3.1.1 Fondements

La méthode de conduite de la recherche nommée Design Based Research (DBR) trouve son origine dans les écrits de [Collins 1992a]; elle est mobilisée dans des travaux de recherche sur la conception des environnements informatique pour l'apprentissage humain (EIAH[13]). D'après le collectif pour le développement de la méthode DBR, « Design-based Research can help create and extend knowledge about developing, enacting and sustaining innovative learning environments".

[Collins 1992b] dans les travaux du Center for Technology in Education (New York), fait une synthèse des recherches technologiques en lien avec l'éducation et il propose de développer une méthode de conduite des expérimentations en classes avec des élèves pour étudier si de nouvelles technologies peuvent être intéressantes pour l'apprentissage. Pour lui, la question de l'éducation a été abordée de manière théorique par les philosophes comme Platon ou Rousseau mais ces derniers n'ont pas confronté leurs travaux au terrain. Cette question est aussi abordée par la recherche des « sciences de l'éducation » qui étudie l'impact des différents dispositifs et contextes de formation et la

[13] Technology-enhanced Learning Environment (TEL ou TELE) dans la littérature anglophone.

modélisation de leurs effets sur les apprentissages et conduites des apprenants [Sternberg and Brossard 2007]. [Collins 1992b] identifie trois limites à ces travaux 1- « les expérimentations sont réalisées par les personnes qui ont conçu une certaine innovation technologique », 2-« ils ne regardent que les effets significatifs qui peuvent être de petits effets». 3- «Les expériences sont si variables dans leur conception et leur mise en œuvre qu'il est difficile de tirer des conclusions en comparant différentes expériences.». Ainsi, [Collins 1992b] définit une première version du Design Based Research (DBR) pour la conduite de la recherche en science de l'éducation avec une intégration des acteurs du terrain (p.ex., les enseignants). Ils les nomment « co-investigateurs », dans le sens où ils font partie intégrante de la recherche. L'objectif du DBR est de faire avancer de manière conjointe la recherche et les pratiques. Il procure aussi un ensemble d'indicateurs pour évaluer les succès et les erreurs des dispositifs et les valeurs critiques de ces indicateurs. Il définit trois niveaux de mesures : 1- le niveau d'adoption de la technologie par les enseignants : intérêt de l'enseignant pour la technologie, adaptation du domaine enseigné à la technologie, amélioration des pratiques de l'enseignant, intérêt de l'enseignant dans l'expérimentation, 2- le niveau d'institutionnalisation et la continuité de l'utilisation du dispositif d'enseignement sans technologie : coordination avec les décideurs, enthousiasme des élèves, apprentissage des étudiants et enthousiasme des enseignants, 3- la continuité de l'utilisation du dispositif avec des technologies : l'enseignant structure son enseignement avec le dispositif, ensuite il utilise le dispositif pour sa classe.

Dans la continuité de ces travaux, le collectif DBR [Collective 2003] recense les méthodes existantes et pose les bases d'une recherche en éducation qui soit une recherche appliquée.

3.1.2 Caractéristiques de la DBR

Cette méthode de conduite de la recherche se positionne dans le paradigme constructiviste. Dans les paragraphes suivants, nous présentons les sept caractéristiques de la DBR telles que les créateurs les définissent.

Pragmatique

La méthode de conduite de la recherche par la DBR fait progresser les connaissances scientifiques en science de l'éducation et la pratique des enseignants. L'évolution de la théorie est intiment liée aux pratiques et réciproquement. La notion de validation est vue sous l'angle de la valeur de la théorie pour le terrain. Elle est évaluée au regard des informations qu'elle procure aux praticiens et de l'amélioration des pratiques. Les auteurs ajoutent une dimension de continuité des méthodes et des processus : « pragmatic goals of method is continually reified through disciplined application of its methodologies and research processes » [Wang and Hannafin 2005]. Cette propriété fait référence à notre critère de double finalité de la RICH dont l'objectif est de faire progresser la connaissance scientifique au travers d'un outil activable (critère n°4). Cet outil activable mis en place sur le terrain est utilisé par les enseignants et/ou les élèves. Ce qui correspond à notre besoin de mettre l'outil activable dans les mains de l'utilisateur et de prendre appui sur un contexte pour l'élaborer (critères n°10 et n°11).

« Fondée sur le terrain » (« grounded » dans le texte original)

Avant d'initier une recherche de type DBR, le chercheur identifie une théorie à propos de l'apprentissage, réalise une revue de la littérature et choisit un cas d'étude. A partir de ces éléments, il identifie une problématique de recherche. Ce type de recherche est conduit par la théorie au sens de « Theory-driven ». La DBR est aussi qualifiée de «Fondée sur le terrain» dans le sens où la recherche est conduite en *« real world where participants interact socially»* [Wang and Hannafin 2005]. Par cet ancrage dans le terrain, la DBR étudie les multiples dimensions du problème. Le chercheur pourra s'intéresser aux pratiques des enseignants, aux comportements des élèves mais aussi aux dimensions plus institutionnelles comme les programmes scolaires. Elles pourront être investiguées ensemble ou séparément. La DBR se situe dans une posture systémique, car elle étudie l'utilisateur, le système dans lequel il évolue et la complexité de ce système. Cette propriété correspond à notre critère sur la manière dont la RICH est élaborée, c'est à dire guidé par la théorie mais en s'ancrant dans un terrain (critère n°2).

Interactive

L'interactivité traduit la collaboration qui est au centre de la méthode de conduite de la recherche DBR. En effet, les chercheurs, les enseignants, les élèves et/ou les décideurs travaillent ensemble afin de faire émerger la connaissance scientifique et la mise en œuvre de cette connaissance dans le monde réel. Dans les périodes où la recherche s'accompagne de la conception et du développement d'un EIAH, les concepteurs en informatique et les développeurs sont intégrés dans la recherche. Ainsi, la spécification d'un dispositif de type EIAH est optimisée puisque elle tient compte des contraintes du terrain et les praticiens y collaborent. Cependant la distinction des rôles entre ces différents acteurs est floue « researchers manage the design process, cultivate the relationship with practitioners and most importantly develop their understanding of the research context » [Linn et al. 2003]. Pour faciliter cette collaboration [Linn et al. 2003] ont développé la plateforme WISE [WISE site 2016] qui intègre les caractéristiques technologiques qui peuvent être utilisées par les enseignants, les ressources éducationnelles et les stratégies d'enseignements pour créer des dispositifs EIAH. Les participants à ces séances de conception sont à la fois des chercheurs, des enseignants et des développeurs. Ainsi toutes les compétences sont réunies pour concevoir un nouveau dispositif. Cette propriété valide notre critère sur la pluridisciplinarité et celui de l'intégration de l'utilisateur dans le processus de recherche en RICH (critères n°13 et n°10).

Itérative

La DBR est caractérisée par des cycles itératifs. Il s'agit de différentes périodes au cours desquelles des allers-retours entre recherche et terrain vont être réalisés. Elles se déclinent en plusieurs étapes « *design, enactement, implementation, analysis and redesign* » [Collective 2003]. Sur ce point, elle s'apparente à de nombreuses méthodes de conception nous citerons la démarche centrée utilisateur [Abras et al. 2004] [ISO 9241 2010] et les cycles d'ingénierie de type Agile [Martin 2003]. Ce positionnement est conforme au critère n°8 sur la nécessité d'avoir un processus itératif.

Flexible

Au sens de la DBR, la flexibilité est une propriété liée à la problématique de recherche. C'est la possibilité de faire évoluer la question de recherche à partir des résultats obtenus avec l'analyse des données expérimentales. Pendant les différentes étapes de la mise en œuvre du DBR, les interactions entre les *« co-investigateurs »* vont faire apparaitre de nouveaux éléments qui contribueront à l'évolution des connaissances, à de nouvelles implémentations et à l'émergence de nouvelles questions de recherche. Ces dernières vont donc évoluer tout au long du processus de recherche, ainsi que les méthodes de production et d'analyse de données mobilisées. Cette question de flexibilité de la recherche est l'objet du critère n°3 qui offre la possibilité de faire évoluer la question de recherche tout au long du processus.

Intégrative

Cette caractéristique indique que la DBR va intégrer différentes méthodes de production et l'analyse des données. Les phases expérimentales sont réalisées en mixant les approches qualitatives et quantitatives. *«By using combination of methods, data from multiple sources increase the objectivity, validity and applicability of the on-going research»*.[Wang and Hannafin 2005]. Les méthodes de production et d'analyse seront choisies en fonction des nécessités de la recherche. Une étude des pratiques des enseignants en classe sera réalisée par une méthode d'observation alors que les premiers tests d'une application seront faits en laboratoire avec une méthode de tests utilisateurs. Ce point correspond au critère que nous avons fixé pour l'intégration de méthodes de production de données différentes et issues de plusieurs disciplines pour la conduite de la RICH (critères n°12 et n°13). Le type de raisonnement est principalement abductif. (critère n°14).

Contextuelle

Les promoteurs de la méthode DBR mettent l'accent sur la nécessité de faire le lien entre les résultats de la recherche et les moyens qui ont supporté la production des données pour aboutir à ces résultats. Ils préconisent de faire le lien entre ces résultats et le contexte dans lequel les données et les résultats ont été obtenus. La prise en compte du contexte est centrale pour la mise en œuvre d'une méthode DBR. Plusieurs contextes pourront être étudiés ; cette multiplicité de contextes permet de garantir la généricité des résultats et d'augmenter leur niveau de validité. La validité des résultats est assurée par plusieurs mises à l'épreuve des propositions de recherche dans des contextes différents. Ces répétitions d'une part augmentent la difficulté d'investigation et d'autre part demandent de suivre correctement les actions qui vont être menées sur le terrain. [Shavelson et al. 2003] préconisent de documenter le processus de recherche, les résultats de la recherche et les changements conduits dans la recherche initiale et de fournir les outils et conseils pour appliquer les résultats produits par la recherche. Pour [Wang and Hannafin 2005] la documentation est intéressante pour tracer « l'émergence d'une innovation ou d'une combinaison d'innovations ». La caractéristique « contextuelle » de la méthode DBR est double. Elle préconise d'une part la mise à l'épreuve des propositions de recherche dans des contextes différents et de répéter ces mises à l'épreuve et d'autre part de suivre ces contextes et de les documenter pour garantir la validité des

résultats. Cette propriété fait référence à deux nos critères, celui sur la prise en compte du contexte et celui sur la traçabilité de la recherche en RICH (critères n°10 et n°15).

3.1.3 Le DBR & les outils activables (EIAH)

Nous allons maintenant présenter le contexte d'utilisation de la méthode DBR. Elle s'applique principalement pour la recherche en EIAH. Cette dernière s'intéresse à la modélisation de trois grandes catégories d'environnements : 1-« Intelligent Tutoring System (ITS) » (Figure 7), ils sont construits pour l'apprentissage d'un savoir, ils offrent des exercices aux élèves et des retours pour que les élèves identifient leurs erreurs (feedbacks), 2- les « serious games », ces applications ont un objectif sérieux qui est l'apprentissage d'un savoir de manière ludique en utilisant des ressorts de jeux (Figure 8) et 3- les « Massive Open Online Course, (MOOC) » qui sont des formations ouvertes à distance. (p.ex.https ://www.fun-mooc.fr/courses/grenobleinp/19001S02/session02/about MOOC sur la gestion de l'eau).

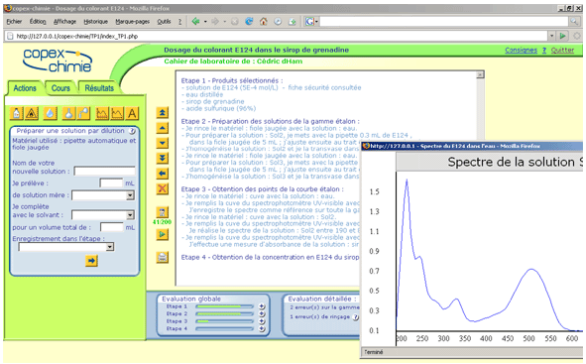


Figure 7 : Exemple de Intelligent Tutoring System Copex Chimie (Ref)[Girault and d'Ham 2014]

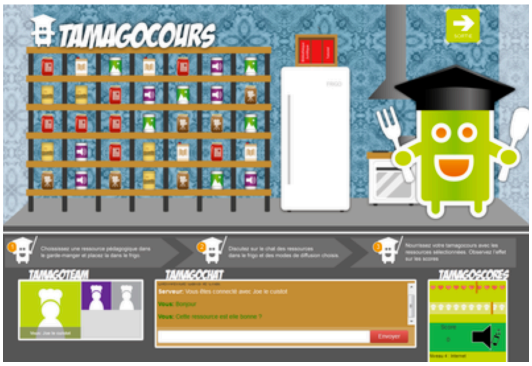


Figure 8 : Exemple de Serious Games : Tamagocours [Sanchez et al. 2015]

Les plateformes EIAH ont souvent été conçues de manières incompatibles ou en contradiction avec la théorie et les fondements épistémologiques des sciences de l'éducation et des pratiques [Hannafin et al. 1997]. Une fois implémentées et mises à disposition des enseignants ces plateformes sont délaissées car elles ne correspondent pas aux pratiques des praticiens ni à leurs besoins. La position de [Cobb 2001] permet de comprendre en quoi la DBR peut aider cette conception de l'outil activable ; il décrit le test de la théorie (c.-à-d. la connaissance scientifique) en 4 étapes : 1-le développement d'une théorie, 2-la dérivation de principes pour la conception de la théorie, 3-la traduction des principes dans des conceptions concrètes (c.-à-d. qui peuvent être utilisées par les acteurs de terrain), 4-l'évaluation des conceptions pour vérifier si elles fonctionnent comme prévu. Au niveau du « test de la théorie », la méthode DBR se concentre sur l'apprentissage et l'enseignement dans un contexte social et institutionnel. La mise en œuvre de ces théories est supportée par des outils activables (p.ex., EIAH). Le travail collaboratif est crucial.

La méthode de conduite de la recherche DBR est un outil est essentiel pour suivre le processus. En effet, la DBR peut entretenir une synergie continue entre la théorie et la

pratique car les acteurs collaborent autour d'une même proposition de recherche pour faire progresser les connaissances scientifiques. Les spécialités de recherche vont concerner des domaines éducationnels (p.ex., science de l'éducation, didactique) et des domaines de la recherche en informatique qui se préoccupent de l'apprentissage humain (p.ex., intelligence artificielle, modèle de connaissances). Les outils activables produits par ces recherches vont avoir un double rôle d'une part ils vont instancier le modèle lié à la proposition de recherche (p.ex., le modèle de connaissance des chirurgiens pour faire une opération percutanée) et d'autre part, lors de leurs utilisations par les élèves, les données produites (p.ex., traces d'interactions) vont procurer des informations pour faire progresser la connaissance scientifique en EIAH.

Ainsi la DBR offre une méthode de recherche pluridisciplinaire puisqu'elle s 'applique de manière conjointe à une science humaine (c.-à-d. les sciences de l'éducation) et à une science de l'artificiel (c.-à-d. les EIAH) [Sanchez and Monod-Ansaldi 2015]. Concrètement, les modèles éducationnels sont instanciés sous la forme d'applications informatiques que des élèves ou des enseignants utilisent en contexte réel. Cette mise à l'épreuve par l'intermédiaire des applications permet d'évaluer les modèles, de recueillir des données de terrain et ainsi de faire évoluer les connaissances scientifiques et l'outil activable. Ainsi la DBR valide deux de nos critères, celui sur la double finalité de la recherche produire de la connaissance scientifique (critère n°4) et un outil activable et celui sur la pluridisciplinarité pour construire et évaluer un outil avec des utilisateurs (critère n°13).

Les sept caractéristiques de la DBR sont intéressantes pour conduire un travail de recherche collaboratif pluridisciplinaire dans le cadre d'une RICH dédiée à l'apprentissage humain. En plus de la dimension collaborative, cette méthode offre une construction progressive du coté SHS et du coté informatique en prenant en compte le terrain. Le mode d'évaluation des propositions de la recherche défini par la DBR est intéressant car il s'agit d'observer si les propositions sont acceptées par les utilisateurs, si elles prennent toute leur place sur le terrain et si cette confrontation au terrain fait émerger de nouvelles problématiques de recherche.

3.1.4 Synthèse sur la méthode DBR

Nous allons maintenant faire la synthèse des travaux sur la méthode de conduite de la recherche DBR en utilisant les critères que nous avons fixés. Le Tableau 6 présente un résumé de cette synthèse.

La méthode DBR correspond à 9 de nos critères. C'est une méthode de conduite de la recherche qui se positionne dans le paradigme constructiviste. Ces travaux ont besoin de disposer d'un outil activable pour faire progresser la connaissance scientifique. Elle est ancrée dans RICH, puisqu'elle est dédiée aux sciences de l'éducation et aux développements des EIAH. C'est une méthode de conduite de la recherche itérative. Elle intègre tous les utilisateurs qui peuvent contribuer à l'élaboration de la connaissance et de l'outil activable. Elle mixe les méthodes de production de données et utilise des méthodes issues des SHS.

Sur le critère de traçabilité, la DBR y répond partiellement. La caractéristique « contextuelle » prévoit que les outils, les documents de la recherche soient suffisamment documentés pour être réutilisés. Cette caractéristique correspond au besoin de traçabilité

de la recherche. Les premiers indicateurs proposés par [Collins 1992] ne semblent pas avoir été utilisés, ni actualisés. Ces deux propositions, même si elles n'ont pas abouti, montrent la nécessité de tracer le processus de recherche.

La méthode DBR ne valide pas trois de nos critères. Elle n'offre pas de processus précis pour conduire la recherche. Elle ne détaille pas de processus pour conduire les expérimentations afin de construire et d'évaluer la connaissance scientifique et les outils activables. La notion de traçabilité est abordée mais aucune solution n'est vraiment proposée. Quant à la qualité des données c'est un point non abordé par la méthode DBR.

La méthode doit :	**Méthode étudiée : Design Based Research**
1) Mentionner le paradigme épistémologique	OK Paradigme constructivisme. Par contre, les hypothèses ontologiques et épistémiques ne sont pas stipulées.
2) Etre guidées par la théorie avec un outil activable	OK Le point d'entrée est la question de recherche. La DBR est conduite par la théorie des sciences de l'éducation, elle utilise un outil activable les EIAH.
3) Pouvoir faire évoluer la question de recherche	OK La propriété « flexibilité » répond à ce point
4) Construire un outil activable pour élaborer une connaissance scientifique	OK La DBR a été créé pour les sciences de l'éducation mais aujourd'hui elle sert à la conception d'outils activables : les EIAH.
5) Avoir une double finalité : construire et évaluer la connaissance scientifique	OK La DBR s'attache à la co-construction de la connaissance et d'outils activables pour l'apprentissage humain. L'évaluation se fait par la mise en pratique de l'outil activable.
6) l'outil activable est décomposable en sous-parties	✗ Non abordé
7) Avoir un processus de conduite de la recherche clairement spécifié	✗ Aucun processus n'est décrit de manière précise pour conduire une recherche avec la méthode DBR
8) Procéder de manière itérative	OK Propriété « itérative » de la méthode DBR
9) Offrir un processus expérimental détaillé	✗ Non abordé
10) Considérer un contexte d'application pour résoudre la problématique	OK La méthode DBR est spécialisée pour le contexte des sciences de l'éducation.
11) Intégrer l'utilisateur et son contexte	OK Dans le DBR, l'utilisateur et le contexte où il évolue sont présents tout au long du processus.

12) Autoriser la mixité des méthodes de production et d'analyse des données	OK Propriété « Intégrative » de la méthode DBR
13) Permettre la pluridisciplinarité au niveau des méthodes	OK La DBR est dédiée à la recherche en EIAH qui est par définition pluridisciplinaire
14) Autoriser trois types de raisonnement déductif, inductif et abductif	OK Le type de raisonnement est principalement abductif
15) Traçabilité : Offrir des outils de contrôle du processus	Les indicateurs de [Collins 1992] n'ont pas été utilisés ni repris. Les propriétés pragmatique et contextuelle répondent partiellement à ce problème
16) Capitaliser les moyens de production et les données	Non abordé
17) Outils pour garantir la qualité des données	Non abordé

Tableau 6 : Tableau synoptique pour évaluer la méthode DBR sur la base de nos 17 critères.

3.2 Design Science pour les recherches en Sciences de l'Information

La seconde méthode de conduite de la recherche que nous étudions est le Design Science Research (DSR) dédié aux sciences de l'information. Nous présentons tout d'abord les fondements de cette méthode. Le DSR est présenté par l'intermédiaire d'un processus ; plusieurs modifications de ce processus ont été faites ces dernières années, nous présenterons donc le DSR et ses évolutions.

3.2.1 Fondements

Le DSR a été fondé par [Hevner et al. 2004]. D'après [Hevner et al. 2004], cette méthode conduit à créer des innovations qui se basent sur les pratiques et les capacités techniques pour concevoir et gérer des systèmes d'informations utilisables. Ces innovations sont dépendantes des théories comportementales et donc liées à l'humain. Ainsi, le DSR est une méthode de conduite de la recherche qui inclut l'utilisateur et son contexte : « Ces innovations se fondent sur des théories qui sont appliquées, testées, modifiées et étendues à travers l'expérience des utilisateurs, et sur la créativité, l'intuition et la résolution du problème par le chercheur ». Le DSR intègre la théorie du domaine, les compétences du chercheur pour résoudre un problème et l'utilisateur. Dès les fondements, les auteurs posent la nécessité d'inclure l'utilisateur et son contexte dans la recherche, ce qui correspond aux critères n°10 et n°11 sur l'intégration de l'utilisateur et du contexte pour la RICH.

[Hevner et al. 2004] cite [Benbasat and Zmud 1999] « la pertinence de la recherche en système d'information est directement liée à sa mise en œuvre ". Pour [Hevner et al. 2004] cela nécessite « d'engager des complémentarités entre la recherche en SI et les sciences du comportement ». Ce point est fondamental pour résoudre des problèmes de

recherche en SI et produire des applications opérationnelles ». Hevner montre ici la nécessité de faire appel à la fois à des outils d'étude du comportement et des outils pour concevoir des technologies. La pluridisciplinarité est posée comme une des caractéristiques de critère de la méthode, ce qui corrobore le critère n°13 pour une méthode de conduite de la RICH.

Cette méthode a été conçue pour donner les moyens de produire des résultats de haute qualité aux recherches en sciences de l'information «it is vital that we as a research community provide clear and consistent definitions, ontologies, boundaries, guidelines and deliverables for the design and execution of high quality design science research projects»[Hevner 2007]. Les dimensions de qualité et de précision de la recherche sont mentionnées, ce qui correspond en partie aux critères n° 17 et n°15.

Sur ses premières bases, le DSR comporte des caractéristiques en lien avec les critères que nous avons fixés. Nous allons maintenant étudier de manière plus précise les évolutions du DSR et voir en quoi ses nouvelles caractéristiques valident nos critères.

3.2.2 Modèle initial [Hevner et al. 2004]

Le Design Science Research est décomposé en trois cycles : le cycle de **pertinence,** celui de **rigueur** et celui de **design** (Figure 9). Ces trois cycles sont un premier moyen de guider la conduite de la recherche et ainsi de disposer d'un processus global.

Le cycle de pertinence apporte l'environnement contextuel lié à la recherche.

« Le DSR a pour objectif d'améliorer l'environnement visé par le projet de recherche par l'introduction de nouveaux artefacts[14] innovants et des processus pour les construire » [Hevner 2007]. Une « bonne » manière de conduire la méthode DSR est de commencer par identifier les problèmes dans l'environnement où l'artefact devra être mis en œuvre. C'est aussi le moyen d'identifier de nouvelles opportunités pour améliorer les pratiques avant que le problème soit identifié [Iivari 2007]. Le cycle de pertinence initie le processus avec un contexte de l'application qui fournit non seulement les points d'entrée de la recherche mais définit également les critères d'acceptation pour l'évaluation finale des résultats de recherche [Hevner 2007]. Les résultats des tests réalisés sur le terrain déterminent si d'autres cycles de pertinence doivent être conduits. Il s'agit de corriger les problèmes de déficiences et de qualité de l'artefact (p.ex., performance, satisfaction de l'utilisateur, utilisabilité) mais également de vérifier que l'artefact correspond à un besoin. Une nouvelle itération du cycle de pertinence commence avec les résultats qui proviennent de l'environnement où l'artefact est implanté.

Le cycle de rigueur relie les activités de recherches avec les bases de connaissances des recherches existantes, des expériences et des expertises. Il fait référence aux savoirs scientifiques. Il s'agit des bases de connaissances représentant l'ensemble des théories et des méthodes scientifiques. Elles comportent deux types de «savoirs complémentaires» :

1- Les expériences et les expertises présentent dans un domaine de recherche, ce qui est communément nommé « état de l'art »

[14] Les auteurs emploient le terme artefact; il correspond à ce que nous nommons outils activables.

2- Les artefacts ou processus qui existent dans le domaine métier (p.ex., pour imaginer un nouvel outil de bureautique, il est nécessaire d'étudier les outils existants de type OpenOffice, libre office et autres).

Le cycle de rigueur fournit des éléments qui vont garantir que la recherche fait une nouvelle proposition, c'est à dire produit une nouvelle connaissance et non pas la nième version d'une application existante. Pour cela, la méthode DSR se fonde sur des résultats de recherches les plus récents et non pas sur la connaissance des pratiques utilisées sur le terrain.

La rigueur de la recherche en DSR est fondée sur la capacité des chercheurs à savoir sélectionner et appliquer les bonnes méthodes et théories pour construire et évaluer l'artefact. C'est un aspect fondamental de la rigueur en DSR.

Pour les sources d'information à mobiliser [Hevner et al. 2004] préconise l'utilisation de plusieurs sources d'informations différentes que ce soit des idées du terrain ou des recherches passées. L'objectif est de faire preuve de créativité en s'inspirant de sources diverses.

Le résultat de ce cycle est l'augmentation de la base de connaissances. Ce cycle peut fournir des améliorations des théories originales, des méthodes ou des nouveaux artefacts mais également toute l'expérience acquise pour construire ces résultats de recherche. De ce fait, la contribution de recherche est un objet pour la communauté académique mais aussi pour les praticiens.

Le cycle de design concerne la construction de l'artefact, son évaluation, son amélioration pour le raffiner. Ce cycle itère rapidement entre ces trois périodes. Il est central pour le DSR. L'objectif de ce cycle est de fournir un artefact proche des besoins définis par les travaux de recherche. Pour cela, il est nécessaire de mobiliser différentes méthodes de construction de ces artefacts. Pendant le cycle de design il est important de maintenir un équilibre entre construction et évaluation. Ces deux aspects doivent être guidés par le cycle de pertinence pour rester en accord avec l'environnement dans lequel l'artefact doit prendre place et par le cycle de rigueur pour produire de nouvelles connaissances.

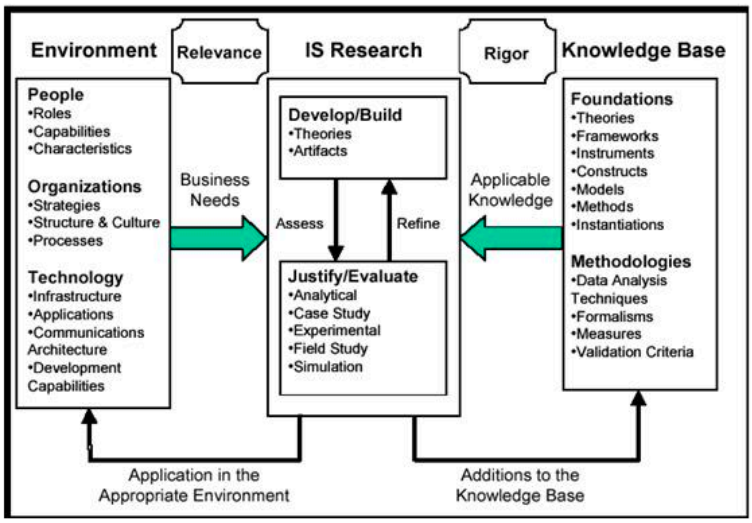


Figure 9 : Design science research model ([Hevner et al. 2004] adapté par [Hill 2009] et publié dans [Hevner 2012]

Ces trois cycles sont un moyen de guider un processus de recherche, par trois temps différents et distincts et par la nécessité de pratiquer de manière itérative. Ces trois cycles sont interdépendants et se nourrissent mutuellement. Cela concorde avec le besoin de disposer d'un processus de suivi de la recherche (critère n°7) et avec la nécessité d'itérer dans le processus de recherche (critère n°8).

Pour guider ces cycles, [Hevner et al. 2004] proposent 7 « guidelines » :

1. Concevoir un artefact[15] : « DSR doit fournir un artefact viable sous la forme d'une construction, d'un modèle, d'une méthode, d'une instanciation ». Ce qui corrobore notre critère sur la nécessité d'avoir un outil activable pour construire de la connaissance scientifique (critère n°5)
2. Pertinence du problème : « l'objectif de la DSR est de développer des solutions technologiques à des problèmes de terrain importants et pertinents »
3. Evaluation de la conception : "l'utilité, la qualité et l'efficacité de l'artefact doivent être rigoureusement démontrées par des méthodes d'évaluation correctement utilisées". L'évaluation par des méthodes rigoureuses de production des données est nécessaire. Notre critère (n°12) de mixité des méthodes est en partie abordé dans ce point, ainsi que la nécessité de faire des expérimentations (critère n° 9).
4. Contributions de recherche : "la démarche DSR doit fournir de manière claire et vérifiable une contribution dans le domaine des artefacts, des fondements ou des méthodologies"
5. Rigueur scientifique : la DSR repose sur l'application de méthodes rigoureuses tant pour la construction que l'évaluation de l'artefact. La méthode DSR identifie deux temps dans le développement de la recherche : une phase de construction et une phase d'évaluation, il s'agit du critère n° 5.

[15] Pour les auteurs, l'artefact inclut l'instanciation, mais aussi les concepts, le modèle, les méthodes utilisées dans le développement et l'utilisation du système d'information.

6. Processus de conception et de recherche : « La recherche d'un artefact efficace demande d'utiliser tous les moyens disponibles pour atteindre les objectifs visés »
7. Communication de la recherche : « les résultats doivent être présentés à des audiences intéressées par les technologies mais aussi à celles intéressées par la gestion des systèmes d'informations. »

Dans le DSR, le processus est décrit au travers de 3 cycles et les auteurs proposent 7 guidelines pour accompagner le processus. De notre point de vue, ces « guidelines » sont plus exactement des étapes à réaliser pour suivre ce processus et non pas de réels outils d'accompagnement du processus. De plus, le processus expérimental n'est pas décrit. Nos critères sur la nécessité d'avoir un processus général clairement spécifié et un processus expérimental ne sont pas atteints par le DSR (critères n° 7 et n°9)

3.2.1 Ajout d'un processus au modèle initial par [Peffers et al. 2006]

D'après [Peffers et al. 2006], le DSR n'est pas adopté dans la communauté SI car il n'y a pas de processus pour le mettre en œuvre et qu'il ne représente pas un « modèle mental » pour la recherche. Pour pallier ce manque, ils proposent un processus découper en six activités. Par cet apport, les auteurs confirment le besoin d'avoir un processus pour conduire une recherche et que ce processus soit suffisamment détaillé, ce qui valide notre critère n°7.

1. **Identification du problème et motivation** : il s'agit de « Définir le problème spécifique de recherche et de justifier la valeur de la solution » ; « les ressources nécessaires à cette activité comprennent la connaissance de l'état de l'art et l'importance de la solution ».
2. **Objectifs de la solution** : il s'agit de définir les objectifs de la solution à partir de l'identification du problème. Les objectifs peuvent être quantitatifs ou qualitatifs. Les ressources nécessaires sont la connaissance de l'état du problème, les solutions existantes et leur efficacité.
3. **Conception et développement** : cette activité consiste à identifier les fonctionnalités souhaitées pour « the artifactual solution » et son architecture, et ensuite l'artefact est créé.
4. **Démonstration** : cette étape consiste à démontrer l'efficacité de l'artefact pour solutionner le problème. Cette activité inclut les tests et autres activités appropriées.
5. **Evaluation** : il s'agit d'observer et de mesurer comment l'artefact résout le problème. Cette activité implique la comparaison entre les objectifs de la solution aux résultats observés lors des tests. Elle se situe sur le terrain où se pose le problème. A la fin de cette activité, le chercheur décide ou non de faire une itération avec l'activité 3.
6. **Communication** : cette étape est celle de la communication aux chercheurs du domaine sur le problème, sur son importance, son artefact son utilité, son caractère novateur, sur la rigueur de sa conception, son efficacité. Pour communiquer [Peffers et al. 2006] propose la structure suivante « problem definition, literature review, hypothesis, development, data collection, analysis, results, discussion and conclusion ».

Le processus proposé est structuré de manière séquentielle Figure 10. Si l'idée de la recherche est issue d'une recherche précédente ou d'une nouvelle idée, les chercheurs procèdent selon ce processus. Mais selon les cas le chercheur peut être amené à suivre différemment ce processus. [Peffers et al. 2006] exposent trois alternatives :

1. Avec un « objectif centré solution », le processus commence à l'activité n°2.
2. Avec un « objectif centré développement », le processus commence à l'activité n°3. C'est le cas, quand un artefact existe et qu'il n'a pas encore été formalisé ; il sera le point de départ de la recherche.
3. A partir de l'observation d'une solution pratique qui est déjà formalisée et qui est opérationnelle, le processus commence à l'activité n° 4.

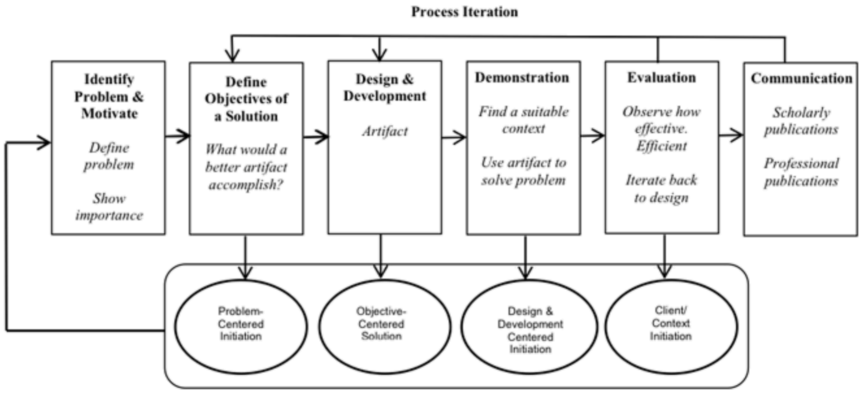


Figure 10 : Processus proposé par [Peffers et al. 2006] pour améliorer le design science proposé par Hevner en 2004.

Cette proposition est intéressante car elle offre un processus assez détaillé pour suivre la méthode DSR ce qui la rend plus opérationnelle (critère n°7).

En revanche, l'auteur situe cette méthode dans un paradigme interprétativiste. Le paradigme interprétativiste s'intéresse à la narration des acteurs pour créer une connaissance dont l'objectif est de « Comprendre comment des individus donnent du sens aux expériences sociales qu'ils vivent ». Ce positionnement ne correspond pas aux hypothèses ontologiques et épistémiques dont nous avons besoin pour construire de la connaissance scientifique en RICH. De plus, ce positionnement n'est pas celui proposé par [Hevner 2012] (chapitre 5) qui situe le DSR dans un paradigme constructivisme. A ce propos, [Pirkkalainen 2015] identifie que l'ambiguïté autour du paradigme épistémologique a été partiellement levée, puisque que [Hevner 2012](chapitre 5) inscrit le DSR dans le paradigme constructiviste et posent 12 « theses » (c.-à-d. des hypothèses au sens de l'épistémologie) pour définir ce paradigme. Ce positionnement correspond à celui dans lequel nous nous inscrivons (critère n°1). Cependant, ces douze « theses » ne distinguent pas les aspects ontologiques, épistémiques, ni le but, ni la valeur et ni la validité. De notre point de vue, ces douze « theses » demandent à être structurées selon les aspects précédemment cités.

3.2.1 Modification du modèle par [Gregor and Hevner 2013]

L'amélioration du modèle proposé par [Gregor and Hevner 2013] porte sur la distinction de deux types de connaissances : 1) **la connaissance descriptive** (le "what") qui est la connaissance des phénomènes naturels et des lois liées à ces phénomènes 2) **La**

connaissance prescriptive (le "how") qui est le comment des artefacts sont construits sur la base des connaissances (p.ex., concept, modèle, instanciation). Cette proposition est intéressante car elle distingue les connaissances qui viennent du terrain (le what) et celles qui sont modélisées (le how). C'est la double finalité de la recherche construire à la fois des connaissances scientifiques (how) et des connaissances issues du terrain avec l'outil activable (what) (critère n°4).

Les auteurs mettent également en évidence la décomposition de l'artefact, ce sera un des objets de notre contribution : arriver à découper l'instrument de recherche en sous-composants. La méthode DSR est la seule à proposer ce découpage (critère n°6).

Les auteurs définissent un cadre pour situer le niveau de maturité de la recherche en SI. Ils croisent deux dimensions le niveau de maturité de la solution et le niveau de maturité de l'application selon deux critères haut et bas (Tableau 7). Ainsi, 4 niveaux sont proposés : « Routine design » : appliquer une solution connue pour connaître un problème connu, « Exaptation » : étendre des solutions connues à de nouveaux problèmes[16], « Improvement » : développer de nouvelles solutions pour connaître des problèmes », « Invention» : inventer de nouvelles solutions pour de nouveaux problèmes. Cette classification semble profitable à la méthode, en revanche il est difficile de voir comment qualifier de « haut » ou de « bas » le niveau de maturité de la solution et le niveau de maturité du domaine d'application sans avoir recours à des experts. Ce niveau de maturité est un élément pour qualifier l'artefact, cependant il nous semble trop abstrait et difficilement évaluable pour être utilisé en tant qu'indicateur de suivi du processus de conduite de la recherche (critère n°15).

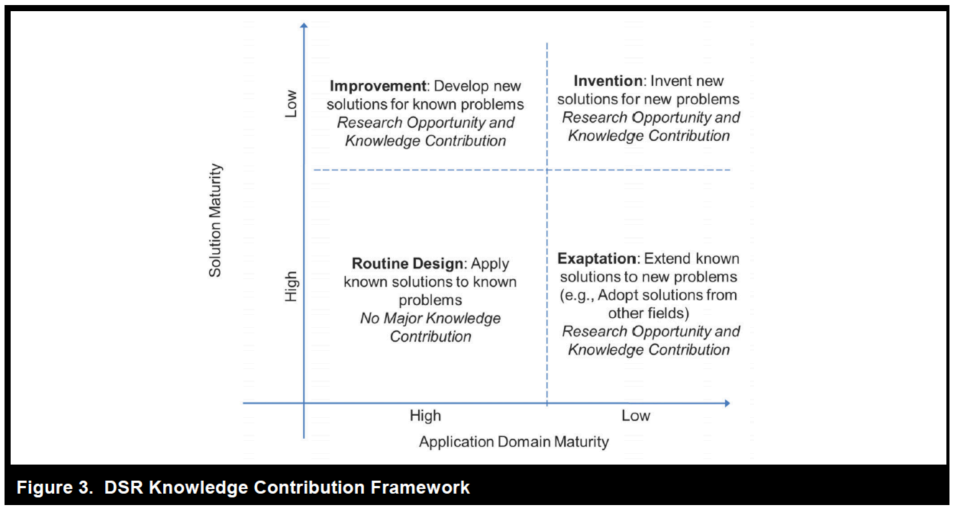


Figure 3. DSR Knowledge Contribution Framework

Tableau 7 : niveaux de maturité d'un projet de recherche définis par [Gregor and Hevner 2013]

[16] Ce qui pourrait être interprété comme de la transdisciplinarité.

3.2.1 Modification du cycle de pertinence par [Drechsler and Hevner 2016]

[Drechsler and Hevner 2016] font un bilan du DSR en présentant les travaux de [Conboy et al. 2015] qui mixent la méthode agile au DSR et ceux de [Pirkkalainen 2015]. Suite à ces travaux, [Drechsler and Hevner 2016] pour améliorer leur modèle proposent de diviser le cycle de pertinence en deux (Figure 11). Le contexte comprend un contexte interne qui va correspondre au contexte dans lequel l'artefact va être testé à court terme (évaluation en laboratoire ou en situation) et le contexte réel de mise en application dans lequel des mesures d'impact à long terme peuvent être faites. Cette proposition montre l'importance de confronter l'artefact support de la connaissance scientifique à un terrain d'étude réel (critères n°10 et 11).

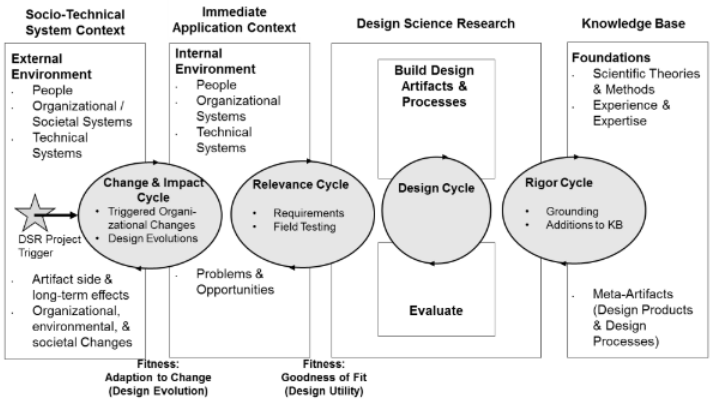


Figure 11 : Les 4 cycles du Design Science - version 2016.

3.2.2 Ajout de deux cycles au modèle initial par [Uysal 2016]

[Uysal 2016] identifie aussi la difficulté à mettre en application la méthode DSR. Pour lui, la méthode DSR doit être prolongée pour identifier le rôle de la théorie et de ses constructions dans le cas de la recherche en génie logiciel. Il remarque aussi que rares sont les preuves de la théorie dans ce domaine. Pour tenter de répondre à ces deux problèmes, il propose d'améliorer le DSR avec 5 « blocs » (Figure 12) :

1. **Pertinence** correspond au cycle de pertinence décrit dans la version initiale
2. **Type de recherche** : moment où identifier si la recherche est guidée par la théorie ou le terrain
3. **Théorie et connaissance** : comprend un état de l'art de la recherche, les développements et études associés. Il utilise le tableau de [Gregor and Hevner 2013] pour catégoriser l'état des connaissances avec 3 critères « problem domain maturity », « solution maturity », « result and knowledge contribution » (exemple : Tableau 8).

Problem Domain Maturity	Solution Maturity	Result and Knowledge Contribution
Known problem (high maturity)	Known solution (high maturity)	• Routine design • No contribution
Known problem (high maturity)	New solution (low maturity)	• Improvement • Research contribution
New problem (low maturity)	Extension of known solution (high maturity)	• Exaptation • Research contribution
New problem (low maturity)	New solution (low maturity)	• Invention • Research contribution

Tableau 8 : Caractérisation de la théorie et des connaissances par [Uysal 2016]

4. **Cycle de Design** – construction et test qui correspondent au cycle Design de [Hevner 2007]
5. **Evaluation** : il s'agit de la phase d'évaluation de l'artefact associé à la recherche. Elle est conduite avec des méthodes de production de données aussi bien qualitatives que quantitatives. Ce dernier point est intéressant, il correspond à notre critère sur la mixité des méthodes de production des données (critère n°12).

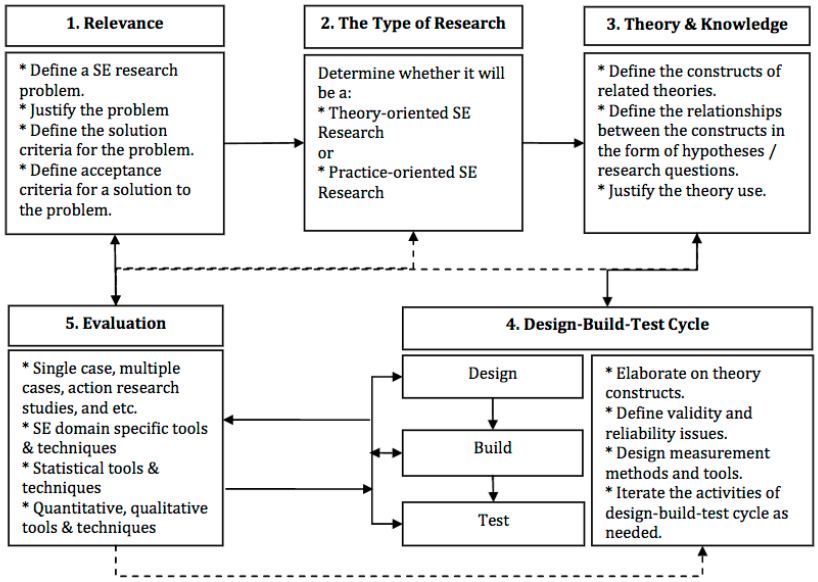


Figure 12 : Framework proposé par [Uysal 2016]

3.2.3 Synthèse sur la méthode Design Science et ses extensions

Nous allons maintenant faire la synthèse des travaux sur la méthode de conduite de la recherche DSR en utilisant les critères que nous avons fixés. Le Tableau 9 présente un résumé de cette synthèse.

Le DSR concorde avec certains de nos critères. Le paradigme épistémologique est le constructivisme. Des « thèses » sont posées même si l'organisation de ces points reste à faire. La méthode DSR se préoccupe de travaux de recherche qui ont besoin de créer un outil activable dans un contexte. Les deux cycles rajoutés dans la dernière version témoignent de l'intérêt de cette prise en compte d'un contexte interne et externe. Très

clairement, le DSR considère la recherche et son terrain d'application comme faisant partie d'un tout. La méthode DSR doit être conduite de manière itérative pour faire évoluer de manière conjointe la recherche et l'artefact associé. Les deux étapes de construction et d'évaluation de la recherche sont indiquées par tous les auteurs. Pour élaborer ces étapes des méthodes de production de données qualitatives ou quantitatives peuvent être mobilisées ; elles peuvent provenir des SHS. De même, la participation de l'utilisateur est une caractéristique majeure du DSR, mais les auteurs n'explicitent comment et quand il doit être impliqué dans le processus.

Au niveau du processus, s'il est explicité, il n'est pas forcément facile à suivre d'après les auteurs qui l'ont mis en pratique. Les améliorations apportées ne semblent pas encore faire leur preuve ; il est encore nécessaire de travailler ce point. Ce point démontre l'importance d'avoir un processus, la difficulté à le modéliser et à le rendre utilisable.

Le point sur lequel le DSR est le plus faible est celui du processus expérimental, de notre point de vue elle ne rentre pas au cœur du processus. Au niveau de la traçabilité et des indicateurs de qualité, les auteurs proposent des pistes pour la qualité des données, mais il manque des indicateurs de pilotage, d'activité et de production pour le suivi du processus. Enfin, le DSR ne précise le mode de raisonnement utilisé à partir des données produites.

La méthode doit :	**Méthode étudiée : Design Science**
1) Mentionner le paradigme épistémologique	La méthode DS est située dans le paradigme constructiviste. 12 « thèses » sont proposées par Hevner et al., 2012., mais elles manquent de structuration.
2) Etre guidées par la théorie avec un outil activable	Le DS est guidé par une question de recherche en ingénierie de l'informatique et utilise des outils activables. Le point d'entrée est la question de recherche.
3) Pouvoir faire évoluer la question de recherche	oui les trois cycles le permettent
4) Construire un outil activable pour élaborer une connaissance scientifique	Tous les travaux conduits dans le DSR identifient clairement le besoin de construire des outils activables.
5) Avoir une double finalité : construire et évaluer la connaissance scientifique	Tous les auteurs identifient la nécessité de construire et d'évaluer.
6) l'outil activable est décomposable en sous-parties	Découpage proposé mais uniquement au niveau SI
7) Avoir un processus de conduite de la recherche	Les auteurs se préoccupent de ce problème, ils

clairement spécifié	le jugent important. Il a même été identifié comme un frein au développement du DSR. Depuis, plusieurs versions du processus existent. Cela démontre l'importance d'avoir un processus et la difficulté à le modéliser et à le rendre utilisable
8) Procéder de manière itérative	C'est un principe fondateur du DS
9) Offrir un processus expérimental détaillé	Non abordé
10) Considérer un contexte d'application pour résoudre la problématique	C'est une méthode spécialisée pour la recherche en SI, donc utilisée dans un contexte d'application
11) Intégrer l'utilisateur et son contexte	Oui, même si l'utilisateur n'est pas explicitement mentionné
12) Autoriser la mixité des méthodes de production et d'analyse des données	Les méthodes de production de données qualitatives ou quantitatives peuvent être mobilisées
13) Permettre la pluridisciplinarité au niveau des méthodes	les méthodes proviennent de l'informatique et des SHS
14) Autoriser trois types de raisonnement déductif, inductif et abductif	Non abordé
15) Traçabilité : Offrir des outils de contrôle du processus	Partiellement abordé avec la présence de guidelines
16) Capitaliser les moyens de production et les données	Non abordé
17) Outils pour garantir la qualité des données	[Hevner 2012] pages 133, 135 ; mais pas de justification par rapport à des travaux sur la qualité des données.

Tableau 9 : Tableau synoptique pour évaluer la méthode Design Science sur la base de nos 17 critères

3.3 Recherche action et Action Design Research pour les recherches en GL.

Nous faisons, maintenant, un point sur la méthode connue sous le nom de « recherche action », il s'agit d'une méthode de conduite de la recherche issue des SHS qui s'est propagée dans d'autres domaines comme celui de l'informatique. Mais pour cela, cette méthode a été adaptée. Nous nous appuyons sur la synthèse de [Jrad et al. 2014] pour présenter cette méthode. Nous abordons les fondements de cette méthode dans le cadre des SHS et ensuite son évolution pour la recherche en Génie Logiciel (GL).

3.3.1 Fondements de la recherche action

[De Vries 2007] utilise la définition [Hult and Lennung 1980] "Action research assists in practical problem solving, expands scientific knowledge, enhances actor competencies, is performed collaboratively in an immediate situation, uses data feedback in a cyclical process, aims at an increased understanding of a given social situation, is applicable for the understanding of change processes in social systems, and is undertaken within a mutually acceptable ethical ». Cette méthode de recherche se préoccupe de la résolution de problème en situation pour augmenter la connaissance d'une situation sociale donnée. Elle étudie comment les humains perçoivent le monde réel, quelles expériences ils ont du monde et des faits sociaux. L'objectif de cette méthode de recherche est d'identifier des modèles sociaux en lien avec ces faits ou ces perceptions. C'est une méthode dont le paradigme est celui de l'interprétativisme. Ce qui diffère du positionnement épistémologique requis pour la RICH (critère n°1).

Les auteurs identifient : 5 phases pour construire la recherche :

1. **Diagnostique** : identifier le problème qui nécessite de faire évoluer l'organisation sociale
2. **Planification** : planifier les actions à conduire pour répondre au problème
3. **Mise en œuvre des actions** : réaliser des actions planifiées
4. **Evaluation** : évaluer des résultats mis en œuvre
5. **Spécifier l'apprentissage pour la recherche**: identifier ce qui a été appris lors de la mise en œuvre des actions.
   Cette dernière action est caractérisée de trois manières : 1- Soit le changement mis en œuvre a été un succès et de nouvelles connaissances ont été acquises, 2- soit le changement n'est pas un succès mais des nouvelles connaissances ont été acquises sur la manière de résoudre le problème et sur ce qu'il a manqué, 3- malgré le succès ou l'échec la connaissance scientifique a significativement augmentée. Ces 3 points correspondent à des indicateurs de suivi de l'évolution de la connaissance scientifique. Il s'agit d'un critère de traçabilité du processus, dans le sens où ce sont des indicateurs de production (critère N°15). Cependant, il semble difficile d'évaluer les avancées et les échecs de la recherche sans avoir fixer des objectifs a priori (c.-à-d. au moment de la « planification » de la recherche »).

La recherche action est présentée comme un processus, ce qui corrobore le critère d'avoir un processus général (critère n°7). Le processus de la recherche action est un cycle itératif [De Vries 2007] (Figure 13). Ainsi, en fonction des résultats, le cycle peut être répété autant de fois que nécessaire. [Jrad et al. 2014] cite [Devillers et al. 2002] « Les objectifs de chaque cycle peuvent être modifiés pour répondre aux exigences du chercheur sur la base des résultats du cycle précédent. De même le contexte pouvant changer les objectifs de chaque cycle, ils peuvent être modifiés ». Ces derniers points valident d'une part le besoin de faire évoluer la question de recherche (critère n°3) et d'autre part le besoin d'itérer pendant ce processus (critère n° 8).

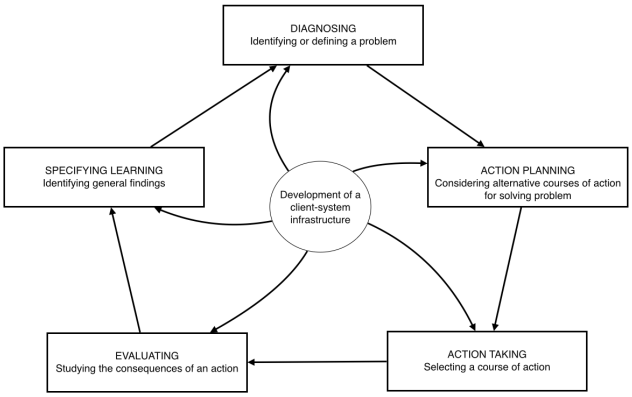


Figure 13 : Cycle action research proposé par [Hult and Lennung 1980]

3.3.2 Action Design Research [Sein et al. 2011]

Depuis les écrits de [Hult and Lennung 1980], des nouvelles méthodes de conduite de la recherche issues de la recherche action ont été proposées. Nous nous attarderons sur les travaux de [Sein et al. 2011] qui exposent l'Action Design Research (ADR) : « we turn to a research approach that has organizational intervention at its very heart, namely Action Research ». [Sein et al. 2011] définissent l'ADR comme « a research method for generating prescriptive design knowledge through building and evaluating ensemble Information Technologies (IT) artifacts in an organizational setting. ». La connaissance construite prend appui à la fois sur les artefacts et l'organisation dans laquelle ils sont introduits. L'ADR nécessite la création d'un artéfact et un contexte pour le mettre en place. Ceci correspond à notre critère de contextualisation et d'outil activable (critère n°10). « It deals with two seemingly disparate challenges: (1) addressing a problem situation encountered in a specific organizational setting by intervening and evaluating; and (2) constructing and evaluating an IT artifact that addresses the class of problems typified by the encountered situation. The responses demanded by these two challenges result in a method that focuses on the building, intervention, and evaluation of an artifact that reflects not only the theoretical precursors and intent of the researchers but also the influence of users and ongoing use in context. ». L'ADR est une méthode de construction et d'évaluation qui est initiée à partir d'une question de recherche théorique et qui a besoin d'intégrer l'utilisateur dans le processus de recherche. Ces trois points corroborent trois de nos critères (critères n°5, n°10 et n°11).

Les auteurs décomposent cette méthode en 4 étapes (Figure 14) :

1. **Formulation du problème** : «L'élément déclencheur de la première étape est un problème perçu dans la pratique ou anticipé par les chercheurs. Il donne l'impulsion pour la formulation de la question de recherche. L'entrée pour cette formulation peut provenir de praticiens, des utilisateurs finaux, des chercheurs, des technologies existantes, et / ou de l'examen des recherches antérieures ». Ils proposent deux premiers principes qui sont les points d'entrée de la recherche : **n°1« practice-inspired research »** : ce principe s'appuie sur l'identification des problèmes de terrain comme des opportunités de création de connaissances scientifiques. L'identification d'un problème va interroger le chercheur qui à partir de là initie un processus de recherche pour créer de la

connaissance. **n°2 « theory-ingrained artifact»** ce principe indique que les artefacts créés et évalués sont informés par la connaissance scientifique. Dans ce second cas, ce sont les connaissances scientifiques du domaine qui vont initier le développement de l'artefact. L'ADR privilégie deux points d'entrée de la recherche : le terrain ou la théorie. De notre point de vue, une entrée par le terrain peut conduire à des développements d'ingénierie et non pas à de l'amélioration des connaissances scientifiques. Ce modèle ne correspond pas à notre point d'entrée de la recherche qui privilégie l'entrée par la théorie (critère n°2).

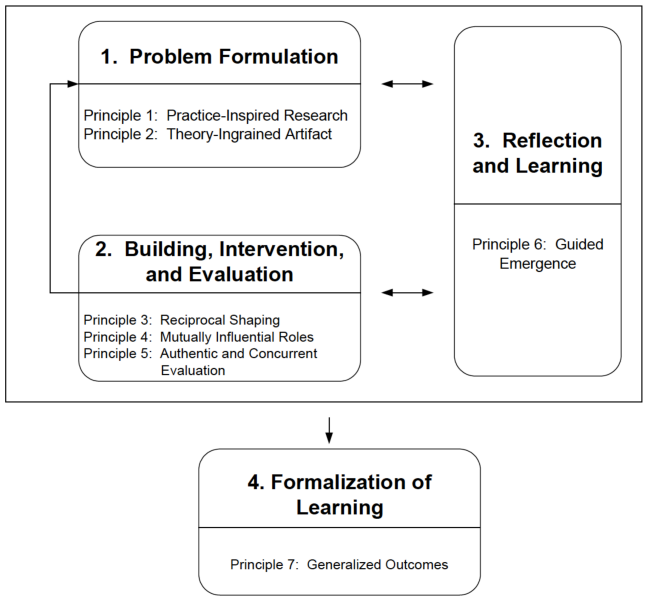


Figure 14 : Schema Action Design Research [Sein et al. 2011]

2. **Building, Intervention and Evaluation (**BIE) : Cette étape utilise le cadrage initial du problème et de la théorie identifiée dans l'étape n°1. Ces éléments offrent une base pour générer la conception initiale de l'artefact informatique (critère n°4). Ensuite, le processus itératif fait évoluer l'artefact dans un environnement cible. Cette phase mêle la construction de l'artefact, son implémentation dans l'organisation et son évaluation. Le résultat de cette étape est la construction de l'artefact. Au cours du BIE, le problème et l'artefact sont évalués de façon continue. Au cours des itérations des étapes BIE, les chercheurs confrontent les idées et les hypothèses au contexte d'utilisation spécifique de l'artefact ; afin de créer et d'améliorer la conception. Chaque itération se termine par une évaluation des artefacts et des principes de conception associés. Dans l'ADR, l'artefact est déployé dans l'organisation au début des itérations de conception. Les itérations s'arrêtent lorsque l'organisation décide d'adopter ou de rejeter l'artefact, et/ou lorsque les contributions des cycles supplémentaires sont marginales. La méthode ADR met l'accent sur la nécessité d'itérer ce qui est en accord avec notre besoin pour la RICH (critère n°8).
   Cette étape a trois principes : **« Reciprocal Shaping »** : il souligne les influences inséparables exercées par les deux domaines l'artefact informatique et le contexte organisationnel, **« Mutually Influential Roles »** : c'est

l'importance de la collaboration mutuelle entre les différents participants au projet. Les chercheurs apportent leurs connaissances de la théorie et les progrès technologiques, tandis que les praticiens apportent des hypothèses et des connaissances pratiques de l'organisation, **«Authentic and Concurrent Evaluation»** : l'évaluation n'est pas une étape distincte du processus de recherche. Les décisions concernant la conception, la mise en forme, et la modification de l'artefact doivent être intimement liées à l'évaluation continue. Ces principes mettent en avant le besoin de travailler de manière pluridisciplinaire avec plusieurs acteurs (critère n°13).

3. **Reflection and Learning :** C'est l'étape dans laquelle à partir du terrain la connaissance scientifique est identifiée. C'est le moment où il est important d'ajuster le processus de recherche en fonction des résultats de la première l'évaluation pour rendre compte de l'artefact dans sa globalité. Le principe associé n° 6 **«Guided Emergence»** correspond à l'interaction entre les deux points de vue apparemment contradictoires, celui du chercheur et celui de l'organisation. L'artefact reflète la conception préliminaire initiée par les chercheurs et sa mise en forme continue par l'organisation, son utilisation et ses utilisateurs. Ce point mentionne la nécessité d'ajuster en cours de processus et par conséquent de faire évoluer à la fois la question de recherche et l'artefact (critère n°3).
4. **Formalization of Learning :** L'objectif est de formaliser l'enseignement tiré de la recherche. Les chercheurs décrivent les fonctionnalités de l'artefact informatique et décrivent les résultats organisationnels attendus. Ces résultats peuvent être caractérisés comme des principes de conception ou comme des améliorations. Ils peuvent aussi contribuer à l'avancée des théories qui ont contribué à la conception. Le principe n°7 associé « Generalized Outcomes » : caractérise le niveau de généricité des résultats : les auteurs proposent trois niveaux : pour cette démarche conceptuelle: (1) la généralisation de l'instance de problème, (2) la généralisation de l'instance de solution, et (3) la dérivation des principes de conception à partir des résultats de la recherche de design. Les auteurs ébauchent des indicateurs pour identifier les avancées du travail par rapport à la question de recherche. Ce point peut se rapprocher des indicateurs d'évaluation de la connaissance produite (critères n°15).

3.3.3 Synthèse sur la méthode Design Action Research pour le GL

Nous allons maintenant faire la synthèse des travaux sur la méthode de conduite de la recherche ADR en utilisant les critères que nous avons fixés. Le Tableau 10 présente un résumé de cette synthèse.

La méthode ADR valide certains de nos critères. C'est une méthode de conduite de la recherche qui se préoccupe de travaux de recherche qui ont besoin de créer un outil activable dans un contexte. C'est une méthode conduite de manière itérative pour faire évoluer l'artefact. Les deux étapes de construction et d'évaluation de la recherche sont indiquées par les auteurs. La pluridisciplinarité et l'implication de tous les acteurs sont clairement indiquées.

Sur d'autres critères la méthode ADR ne corrobore que partiellement nos critères. Au niveau du processus global, il n'est pas vraiment explicité et son opérationnalisation reste réservée à des experts ; il ne semble pas assez détaillé pour être mis en œuvre par des jeunes-chercheurs.

La méthode ADR ne valide pas 4 de nos critères. Il ne détaille pas de processus expérimental avec des utilisateurs. Les méthodes de production des données ne sont pas stipulées. Le processus global et la production des données ne sont pas suivis par des indicateurs de pilotage, d'activité ou de production. Le paradigme épistémologique est déduit de la recherche action ; il s'agit de l'interprétativisme. De ce fait le seul mode de raisonnement est le mode abductif, alors que de notre point de vue il est nécessaire de mobiliser d'autres modes de raisonnements.

De plus, la méthode ADR peut démarrer de deux manières différentes : par le terrain et par la théorie. Ce positionnement est problématique car la recherche prend le risque d'être guidée uniquement par les besoins de l'utilisateur. Cet inconvénient peut entrainer un chercheur dans une réponse d'ingénierie seule (c.-à-d. créer une application) et pas dans une réponse de recherche (c.-à-d. produire de la connaissance scientifique).

La méthode doit :	**Méthode étudiée : Action Design Research**
1) Mentionner le paradigme épistémologique	⊗ L'ADR se situe dans paradigme interprétativisme.
2) Etre guidées par la théorie avec un outil activable	⊗ L'ADR est principalement guidée par un problème de terrain même si connaissances antérieures sont mobilisées. L'artefact est d'ailleurs implémenté dès le début de la recherche sur le terrain.
3) Pouvoir faire évoluer la question de recherche	OK Cette méthode est conduite de manière itérative pour faire évoluer l'artefact
4) Construire un outil activable pour élaborer une connaissance scientifique	OK C'est un des points majeurs de l'ADR

5) Avoir une double finalité : construire et évaluer la connaissance scientifique	Les auteurs identifient la nécessité de construire et d'évaluer.
6) l'outil activable est décomposable en sous-parties	Non abordé
7) Avoir un processus de conduite de la recherche clairement spécifié	Les auteurs présentent la méthode ADR comme un processus, mais il ne semble pas assez détaillé pour être mis en œuvre par des non experts.
8) Procéder de manière itérative	Cette méthode est conduite de manière itérative pour faire évoluer l'artefact
9) Offrir un processus expérimental détaillé	Non abordé
10) Considérer un contexte d'application pour résoudre la problématique	c'est même un des points central de l'ADR : l'intégration de l'artefact dans le contexte dès le début de la recherche
11) Intégrer l'utilisateur et son contexte	Le principe « Mutually Influential Roles » fait très clairement référence aux différents acteurs et entre autre l'utilisateur.
12) Autoriser la mixité des méthodes de production et d'analyse des données	Non abordé
13) Permettre la pluridisciplinarité au niveau des méthodes	Le principe « Mutually Influential Roles » fait référence à des travaux multidisciplinaires, mais pas aux méthodes
14) Autoriser trois types de raisonnement déductif, inductif et abductif	Non abordé
15) Traçabilité : Offrir des outils de contrôle du processus	La mise en place 'indicateurs est préconisée pour suivre les avancées du travail de recherche
16) Capitaliser les moyens de production et les données	Non abordé
17) Outils pour garantir la qualité des données	Non abordé

Tableau 10 : Tableau synoptique pour évaluer la méthode Action Design Research sur la base de nos 17 critères

3.4 Dialogical Model pour les recherches en Sciences de Gestion

Pour présenter ce modèle, nous utilisons l'article de [Avenier 2009] qui pose les bases du Modèle Dialogique (DM) et celui [Avenier and Cajaiba 2012] qui expose les objectifs visés par les recherches en sciences de gestion (SG). Les auteurs ont identifié un manque : « (en SG) aucun des cadres ne se préoccupent de la construction des recherches dont l'objectif est d'améliorer les résultats d'une recherche et de montrer la pertinence de son implémentation ». Ainsi, elles proposent est une méthode de conduite de la recherche pour les SG : le Modèle Dialogique (DM). Nous présentons tout d'abord le paradigme épistémologique que les auteurs ont défini, et ensuite les caractéristiques de cette méthode.

3.4.1 Paradigme et validation des connaissances

La description fine du paradigme épistémologique est incontournable pour comprendre comment la connaissance scientifique va se construire. Souvent dans les méthodes de conduite de la recherche, ce point est abordé de manière succincte et non structurée. Les travaux de [Avenier 2009] décrivent de manière approfondie le paradigme avant d'expliciter la méthode DM. Elle est positionnée dans le paradigme épistémologique « constructivisme pragmatique »[17] (critère n°1). Le terme pragmatique est utilisé car «dans ce paradigme, la connaissance est connectée à l'action et donc facilement connectable à la pratique de gestion[18]». La connaissance scientifique et l'outil activable de la recherche sont donc interdépendants. [Avenier 2009] pose trois hypothèses pour le constructivisme pragmatique :

Hypothèse 1 : Les humains ne peuvent pas connaître le monde indépendamment de leur expérience de ce monde. L'existence d'un monde objectif qui rassemble des entités indépendantes (« world-as-is ») n'est ni nié, ni affirmé. Le « monde connu» par l'expérience de l'être humain est connaissable.

Hypothèse 2 : Un être humain exprime sa connaissance de ses constructions du « monde connu », comme des constructions symboliques appelées représentations. Elles sont considérées comme des interprétations de l'expérience d'un sujet : il est impossible de savoir si ces représentations correspondent à un hypothétique « world-as-is ». Si cela se produit, il n'y a aucun moyen de le prouver ». Dans le cas du constructivisme pramatique, « "Connaitre", ce n'est pas posséder de véritables représentations de la réalité, mais plutôt de posséder les moyens d'agir et de penser qui permettent d'atteindre les objectifs visés ».

Hypothèse 3 : «La connaissance est téléologique [19] et récursive, elle est orientée par l'action cognitive délibérée de construire une représentation du phénomène étudié». Cela signifie que « le constructivisme pragmatique considère que la connaissance construite dépend de l'objectif pour lequel elle est construite et le contexte dans lequel la

[17] JL Le Moigne et MJ Avenier parlaient de constructivisme radical, le nom a été changé en « constructivisme pragmatique ». Nous n'utiliserons que cet terme pour éviter les confusions.

[18] Au sens des sciences de gestion

[19] Téléologique : qui repose sur l'idée de finalité, qui constitue un rapport de finalité (source Trésor de la Langue Française consulté le 11/08/2016).

construction prend place ». « De plus, si les objectifs évoluent, la représentation et la connaissance construite peuvent évoluer » « De plus, la connaissance construite, à son tour, peut modifier la première connaissance qui a permis de la construire ».

Pour le constructivisme pragmatique, la « validité » des connaissances produites repose sur la notion de « genericization [20]». En raison de l'objectif de la connaissance et de la dépendance contextuelle, la généralisation ne peut pas prétendre à des théories universelles. Dans ce cas, la généralisation désigne un processus conceptualisation de fond et de décontextualisation. Ce terme est décrit par [Mills et al. 2009] p 422 « it is a process of forming generic knowledge throught providing to a higher conceptual-level generalisation of local substantive knowledge in case study research ».

Dans ces travaux sur le DM, les auteurs posent de manière précise le paradigme dans lequel leur méthode est positionnée. Les hypothèses, les buts, la valeur et la validité sont posés. Le paradigme et la définition des hypothèses correspondent à notre critère n°1. Nous adopterons ces éléments dans le chapitre 4 pour présenter notre contribution ; nous poserons les hypothèses de construction de la connaissance, son but sa valeur et sa validité dans le domaine de la RICH.

3.4.2 Caractéristiques du Modèle Dialogique

Le Modèle Dialogique initie la recherche par la problématique. En effet, [Avenier and Cajaiba 2012] notent la difficulté de mener à bien certaines recherches quand les questions sont mal ou pas posées : « if researchers do not specify a tentative scholarly question and potential theoretical contribution early in research project, it is difficult for them to do so at later time". C'est pourquoi, les auteurs proposent un modèle qui « donne les moyens de spécifier des questions de recherche avec une valeur théorique et pratique à fort potentiel académique». L'entrée de la recherche est donc une entrée théorique, pour identifier rapidement tout le potentiel académique de la question posée (critère n°2).

Le terme 'Dialogique' est employé car d'une part il s'agit de faire dialoguer les partenaires, praticiens et chercheurs (critère n°11), à partir de l'identification du problème pratique jusqu'à la conceptualisation de la connaissance, mais aussi en les impliquant dans la mise en œuvre et la communication. D'autre part, les enjeux de la recherche et des praticiens qui apparaissent souvent antagonistes sont vus comme complémentaires. Par exemple, les praticiens ont besoin de résoudre des problèmes pratiques alors que les universitaires visent à développer des connaissances conceptuelles. Le DM s'inscrit dans un contexte pluridisciplinaire faisant appel à différents acteurs ce qui correspond à notre critère de pluridisciplinarité (critère n°13).

Les auteurs découpent ce modèle en 5 activités :

1. **Identification du manque théorique et formulation de la question de recherche**. Cette activité est collaborative entre le chercheur et le praticien. Elle est composée de trois sous-activités qui sont, si nécessaires, conduites de manière itérative (critère n°8).

[20] Genericization est différent de généricité. La généricité est la propriété d'un algorithme développé sur un jeu de données type à être applicable à des données d'un autre type.

   a. Spécifier la question de recherche à partir de problèmes identifiés par les chercheurs et les praticiens, problèmes ayant un intérêt académique élevé,
   b. Réaliser un examen approfondi de la littérature académique et professionnelle, identifier les modèles existants à employer,
   c. Vérifier si la littérature offre suffisamment de connaissances pour éclairer le problème pratique des praticiens.
2. **Elaboration de la « Connaissance Locale**». Il s'agit d'élaborer des « connaissances contextualisées à partir du terrain, de l'expérience du praticien et des connaissances sur la question de recherche » (critère n°11). Elles servent de base pour le développement des connaissances conceptuelles. Les méthodes de production de données préconisées dans le cadre du DM pour investiguer le terrain sont des méthodes de type qualitatif (critère n°12). Le raisonnement est de type abductif (critère n°14). Le chercheur observe des phénomènes pour trouver des régularités dans les modes de fonctionnement des entreprises ou des institutions.
3. **Construction de la « Connaissance conceptuelle»** : il s'agit de conceptualiser des connaissances génériques à partir des connaissances locales. Le chercheur va procéder par « inférence à partir des groupes de comparaison de l'étude et, plus généralement, à partir du travail sur le terrain par rapport aux connaissances locales précédemment élaborées et toutes autres connaissances disponibles sur le sujet. ». Les connaissances conceptuelles prennent des formes variées « models, frameworks, patterns ».
4. **Communication de la connaissance** : communiquer sous toutes formes autour de la question de recherche, des résultats et la mise en œuvre, pas uniquement dans des revues universitaires mais dans des articles de praticiens.
5. **Activation de la connaissance** : mettre les connaissances en pratique car c'est un des objectifs d'élaboration des connaissances dans le modèle dialogique et c'est un moyen pour tester les connaissances et leur viabilité dans divers contextes (critère n°10)

La description de ces 5 activités, peut correspondre à un processus général de conduite de la recherche (critère n° 7). La distinction entre « Connaissance locale» et «Connaissance conceptuelle» montre que deux types de connaissances peuvent exister. Par analogie en RICH, il y a la connaissance scientifique et l'outil activable tous les deux porteurs de connaissances (critère n°4).

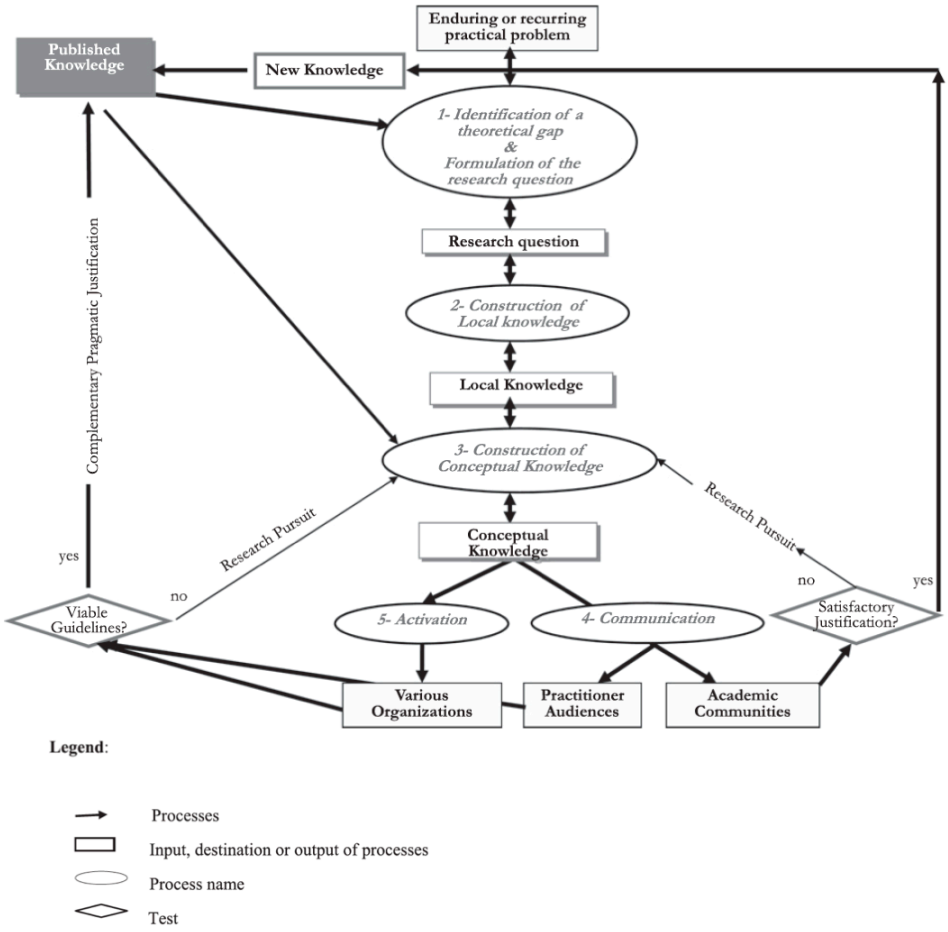


Figure 15 : Modèle Dialogique [Avenier and Cajaiba 2012]

Le modèle présenté dans la Figure 15 est un modèle itératif, ce qui correspond au critère n°8). La question de recherche peut être modifiée à chaque début de cycle (critère n°3). Dans ce modèle deux règles de décisions sont proposées, elles sont basées sur le niveau de maturité de la connaissance :

Si les connaissances conceptuelles sont des guidelines viables alors la connaissance est publiée sinon la recherche se poursuit.

Si les connaissances conceptuelles sont satisfaisantes alors la connaissance scientifique est créée et elle est publiable.

De notre point de vue, ces règles de décisions sont utiles ; elles vont permettre de savoir si de nouvelles expérimentations sont nécessaires (critère n°15 et n°8). Cependant, ces règles sont assez caricaturales, elles demandent à être approfondies par des indicateurs d'activités et de résultats du processus.

Pour assurer la valeur et la validité des connaissances produites, [Avenier and Cajaiba 2012] présentent trois 'outils' pour valider un travail conduit avec la méthode DM.

1. **La fiabilité : description approfondie du processus de recherche :** les éléments suivants doivent être détaillés : la spécification progressive de la question de recherche, la revue de la littérature, le contexte dans lequel est né

le problème pratique, les itérations successives, les méthodes utilisées pour étudier le terrain, les sources de données, la description des décisions prises au long du processus et tout autre document pour garantir la fiabilité des travaux. Pour nous, ce travail de description constitue la traçabilité d'un processus, (critères n° 15 et n°16).

1. **La validité interne :** les activités du chercheur sur le terrain, au laboratoire sont écrites. Ce travail de traçabilité va identifier les problèmes rencontrés en cours de travail de recherche, les décisions prises et les ajustements nécessaires. Il s'agit de montrer la cohérence du travail en lien avec les questions de recherche posées. Ce niveau de validité permet d'ajuster la question de recherche (critère n°2) et d'avoir des indicateurs de résultat du processus de recherche (critère n° 15).
2. **La validité externe :** la validité externe se réfère à la validité des connaissances dans un autre contexte que celui où elles ont été élaborées. Les connaissances construites dans un contexte sont évaluées dans un autre contexte. Les connaissances sont donc construite et évaluées (critère n°5).

3.4.3 Synthèse sur le Modèle Dialogique

Nous allons maintenant faire la synthèse des travaux sur le Modèle Dialogique en utilisant les critères que nous avons fixés. Le Tableau 11 présente un résumé de cette synthèse.

La méthode DM valide certains de nos critères. C'est une méthode où les paradigmes épistémologiques sont décrits ainsi que les hypothèses. Les recherches conduites avec cette méthode sont initiées par la définition d'une question de recherche en lien avec un problématique terrain ; le chercheur s'assure de la haute valeur académique de la question avant de lancer la recherche. Le contexte est primordial dans cette méthode ; il y a le contexte initial où la recherche est conduite et le contexte pour évaluer les recherches. Les deux étapes de construction et d'évaluation de la recherche sont indiquées par les auteurs. Cette méthode intègre l'utilisateur dès le début du processus.

Sur d'autres critères, la méthode DM ne correspond que partiellement à nos attentes. Au niveau du processus global, il est détaillé en 5 activités et 3 sous-activités (pour l'activité 1) et des règles de décisions sont représentées. Cependant, ces activités ne sont pas assez détaillées pour être opérationnelles et les règles de décisions sont trop larges. Au niveau de notre critère de traçabilité, les auteurs proposent trois 'outils' intéressants car si nous nous référons à la démarche qualité, la fiabilité peut correspondre à la notion de capitalisation, la validité externe à la notion de traçabilité et la validité externe à la qualité perçue.

En revanche, la méthode DM ne détaille pas de processus expérimentaux avec des utilisateurs. Les méthodes de production des données sont des méthodes uniquement qualitatives et le mode de raisonnement abductif. Alors que pour la RICH nous avons besoins de mixer les méthodes et d'avoir des raisonnements déductifs, inductifs et abductifs. De plus, la distinction faite par les auteurs entre

« connaissance locale» et « connaissance conceptuelle» semble difficilement applicable dans le cadre de la RICH qui s'intéressent plutôt à des connaissances conceptuelles (c-à-d. la connaissance scientifique) et des outils activables.

La méthode doit :	**Méthode étudiée : Modèle Dialogique**
1) Mentionner le paradigme épistémologique	OK Définition approfondie et structurée.
2) Etre guidées par la théorie avec un outil activable	OK La méthode DM est principalement guidée par la question de recherche. La méthode ne concerne pas la construction d'outils activables.
3) Pouvoir faire évoluer la question de recherche	OK A chaque début de cycle la question de recherche peut être modifiée ou affinée.
4) Construire un outil activable pour élaborer une connaissance scientifique	⊗ Non concerné
5) Avoir une double finalité : construire et évaluer la connaissance scientifique	OK La recherche est construite dans un certain contexte et elle est évaluée dans un autre contexte.
6) l'outil activable est décomposable en sous-parties	⊗ Non concerné
7) Avoir un processus de conduite de la recherche clairement spécifié	OK Un processus existe avec des règles de décision et des alternatives. Cependant le processus est peu détaillé ; il manque d'outils suffisamment pragmatiques pour être mis en œuvre.
8) Procéder de manière itérative	OK Le processus de conduite de la recherche est itératif
9) Offrir un processus expérimental détaillé	⊗ Non abordé
10) Considérer un contexte d'application pour résoudre la problématique	OK C'est un point fondateur de la méthode DM, puisque la question de recherche est posée dans un contexte donné et la validation de la recherche est faite dans un autre contexte.
11) Intégrer l'utilisateur et son contexte	OK le praticien est intégré dans le processus de l'élaboration de la question, à la mise en œuvre du modèle et à la communication sur les résultats

12) Autoriser la mixité des méthodes de production et d'analyse des données	Les méthodes utilisées sont plutôt des méthodes qualitatives.
13) Permettre la pluridisciplinarité au niveau des méthodes	la pluridisciplinarité est abordée mais pas en terme de méthodes de production des données
14) Autoriser trois types de raisonnement déductif, inductif et abductif	Le mode de raisonnement est principalement abductif.
15) Traçabilité : Offrir des outils de contrôle du processus	Trois critères pour suivre le processus : fiabilité, validité interne, validité externe mais pas d'indicateur de qualité.
16) Capitaliser les moyens de production et les données	Le problème est abordé par l'indicateur de fiabilité
17) Outils pour garantir la qualité des données	non abordé

3.5 Synthèse sur les méthodes étudiées

Pour conclure, nous allons comparer les méthodes que nous avons étudiées à l'aune de nos 6 catégories de critères. Le Tableau 11 fait une présentation synthétique de cette étude comparative.

Au niveau de la première catégorie de nos critères : Choix du paradigme épistémologique et point d'entrée de la recherche, nous pouvons conclure que les quatre méthodes définissent, même *a minima,* un paradigme épistémologique. Trois des méthodes indiquent que le point d'entrée de la recherche est plutôt un point d'entrée théorique sauf l'Action Research qui se focalise plus sur le terrain. Pour les quatre méthodes la question de recherche peut évoluer tout au long du processus.

Au niveau de la deuxième catégorie sur les finalités de la recherche, les méthodes dédiées aux sciences de l'artificiel se préoccupent de construire et d'évaluer un objet activable sauf le modèle dialogique qui n'est pas concerné par cette notion d'outil activable. En revanche, seul le Design Science préconise de découper l'objet activable pour sa construction et son évaluation. Mais ces préconisations ne sont pas très précises.

Au niveau de la description des processus de conduite de la recherche, qui correspond à notre troisième catégorie, seul le Design Based Research ne propose pas de processus. Les quatre méthodes insistent sur le besoin d'avoir un processus itératif. Cependant, le critère itératif n'est pas toujours clairement représenté dans les processus. De plus, le processus expérimental pour la production et l'analyse des données n'est pas explicité de manière opérationnelle dans ces méthodes. Sur ce dernier point, les méthodes ne semblent pas assez précises pour former des doctorants au volet expérimental de la recherche.

Au niveau de la catégorie sur le contexte et l'utilisateur, les quatre méthodes mentionnent l'importance de la prise en compte de l'utilisateur et de son contexte. Autrement dit, elles se situent toutes les quatre dans une posture systémique, pour la prise en compte d'un système dans sa globalité.

Au niveau de la catégorie sur les méthodes de production et d'analyse des données, le Design Based Research et le Design Science préconisent la mixité des méthodes de production et la pluridisciplinarité au niveau des méthodes. Pour les deux autres méthodes de conduite de la recherche, les auteurs ne font pas de recommandation précise. Quant au type de raisonnement, seuls le Design Based Research et le Modèle Dialogique le mentionnent, mais il s'agit du raisonnement abductif.

Au niveau de notre dernière catégorie sur la traçabilité et de la qualité des données, les quatre méthodes mentionnent ce besoin de tracer le processus, la production des données et des résultats, mais les préconisations relatives à la traçabilité sont partielles et aucune mention n'est faite pour mettre en place des outils issus de la démarche qualité et des indicateurs de suivi du processus.

L'analyse menée sur ces quatre types de méthode montre les déficits principaux des méthodes de conduite de la recherche étudiées. Ils se situent principalement au niveau de la formalisation du processus expérimental pour accompagner cette étape de la RICH et dans la mise en place d'outils de management de la qualité, de suivi des processus et d'indicateurs de traçabilité du processus.

Notre contribution va donc tenter d'apporter des éléments de réponses à deux besoins abordés mais non résolus : 1) le problème de l'opérationnalisation de conduite de la recherche et intrinsèquement celui du processus expérimental dans un souci de répétabilité de ces processus, 2) le problème de la traçabilité du processus de recherche et de la qualité des donnée produites. Notre contribution définira également un cadre épistémologique pour conduire des recherches en RICH.

Critères	**La méthode doit**	Design Based Research	Design Science	Action Design Research	Dialogical Model
Choix du paradigme et point d'entrée de la recherche	1) Mentionner le paradigme épistémologique				
	2) Etre guidées par la théorie avec un outil activable				
	3) Pouvoir faire évoluer la question de recherche				
Finalités de la recherche	4) Construire un outil activable pour élaborer une connaissance scientifique				
	5) Avoir une double finalité : construire et évaluer la connaissance scientifique				
	6) l'outil activable est décomposable en sous-parties				
Processus de recherche	7) Avoir un processus de conduite de la recherche clairement spécifié				
	8) Procéder de manière itérative				
	9) Offrir un processus expérimental détaillé				
Contexte et utilisateur	10) Considérer un contexte d'application pour résoudre la problématique				
	11) Intégrer l'utilisateur et son contexte				
Production et analyse des	12) Autoriser la mixité des méthodes				

données	de production et d'analyse des données				
	13) Permettre la pluridisciplinarité au niveau des méthodes				
	14) Autoriser trois types de raisonnement déductif, inductif et abductif				
Traçabilité et qualité	15) Traçabilité : Offrir des outils de contrôle du processus				
	16) Capitaliser les moyens de production et les données				
	17) Outils pour garantir la qualité des données				

Tableau 11 : Catégories et critères pour comparer les 4 méthodes de conduite de la recherche.

RESUME : CHAPITRE 3

Le chapitre 3 a présenté l'état de l'art sur 4 types de méthodes de conduites de notre recherche : Design-Based-Research, Design-Science, Action Design Research et Dialogical Model. Pour réaliser une étude comparative entre ces méthodes nous avons fixés 17 critères que nous avons répartis en 6 catégories qui sont issues des fondements scientifiques présentés au chapitre 2 : 1) Choix du Paradigme épistémologique, 2) Finalités de la recherche, 3) Processus de la recherche, 4) Contexte de la recherche et type d'utilisateur, 5) Production et analyse de données, 6) Traçabilité et Qualité

Aucune des méthodes ne couvre intégralement les critères que nous avons identifiés pour la RICH. Les critères les moins abordés par les autres méthodes ou non résolus sont : le paradigme épistémologique, la traçabilité de la conduite du processus de recherche, la décomposition de l'outil activable en sous-parties, la capitalisation des données, les indicateurs de qualité des données et la description d'un processus expérimental.

Ainsi il reste à traiter : 1) le problème de l'opérationnalisation de conduite de la recherche et intrinsèquement celui du processus expérimental dans un souci de répétabilité de ces processus, 2) le problème de la traçabilité du processus de recherche et de la qualité des donnée produites. Notre contribution définira également un cadre épistémologique pour conduire des recherches en RICH.

CHAPITRE 4

Traceable Human Experimental Design Research

Paradigme et Formalisme

4.1 Le Constructivisme Pragmatique pour la méthode THEDRE 91
4.2 Concepts de la méthode THEDRE 93
4.2.1 Terminologie pour la méthode THEDRE 93
4.2.2 Acteurs et rôles de la méthode THEDRE 94
4.3 Vision globale de la méthode THEDRE 95
4.4 Organisation, Découpage et Traçabilité dans la méthode THEDRE 97
4.4.1 Cycle PDCA pour organiser la méthode THEDRE 98
4.4.2 Tâches et blocs pour découper les sous-processus 99
4.4.3 Traçabilité pour la méthode THEDRE 99
4.4.4 Indicateurs de traçabilité pour la méthode THEDRE 100
4.4.5 Formalisme des indicateurs dans le modèle THEDRE 102
4.5 Langage de modélisation d'un processus de recherche en RICH 103
4.5.1 Une extension de BMPN 103
4.5.2 Syntaxe abstraite d'un langage de conduite de la recherche en informatique centrée humain. 106
4.5.3 Syntaxe graphique pour la méthode THEDRE 109
4.5.4 Conclusions sur le langage de processus THEDRE 111

4 PARADIGME ET FORMALISME POUR UNE METHODE TRAÇABLE EN RICH

L'état de l'art a montré des déficits ou des imprécisions dans les méthodes de conduite de la recherche analysées. En particulier, les éléments pour définir le paradigme épistémologique ne sont pas toujours structurés. Le processus global de conduite de la recherche demande à être précisé pour être conduit sans ambiguïté. De plus, le processus expérimental n'est pas décrit dans les 4 méthodes étudiées. Enfin, quand ces méthodes proposent des indicateurs de traçabilité et de qualité des données, elles ne fournissent pas de moyens opérationnels pour les mettre en place.

Pour répondre à ces questions, nous proposons la méthode THEDRE (Traceable Human Experimental Design Research), dont la finalité est de définir une méthode de conduite pour la RICH qui s'inscrive dans le cadre du constructivisme pragmatique et qui soit traçable. L'utilisateur de notre méthode est un chercheur en RICH qui souhaite impliquer des humains pour construire et évaluer l'instrument produit par la recherche (c.-à-d. la connaissance scientifique et l'outil activable). THEDRE a pour objectif d'améliorer les échanges entre les chercheurs et les spécialistes en production et en analyse de données pour les SHS, c'est à dire des méthodologues pour mobiliser les outils des SHS, pour identifier les limites de ces méthodes et pour organiser les phases expérimentales de la recherche. THEDRE a aussi pour vocation de former les jeunes doctorants dans les pratiques expérimentales pour la RICH afin de répondre à une question de recherche émergente.

Notre méthode va préciser les hypothèses du paradigme épistémologique pour construire de la connaissance en RICH ; elle va détailler le processus de conduite de la recherche en sous-processus, avec un focus sur l'expérimentation et elle va fournir un ensemble d'outils et d'indicateurs pour tracer les processus et qualifier les données produites. De plus, ce travail de formalisation a été une opportunité pour construire un langage de description des méthodes de conduite de la recherche.

Concrètement, la méthode THEDRE propose :

1. Un processus global pour conduire la recherche qui est divisé en sous-processus et en blocs[21] pour mieux tracer le processus. Par exemple, plusieurs de ces blocs constitueront le processus expérimental.
2. Un ensemble d'indicateurs d'activités, de production et d'objectifs.
3. Des outils de guidage et de gestion du processus.

Ce chapitre est divisé en deux parties. La première partie concerne la définition des hypothèses pour le positionnement épistémologique de la méthode THEDRE. La seconde présente le langage de modélisation d'un processus de conduite de la recherche associé à la méthode THEDRE.

[21] Le concept de « bloc » est défini dans la suite de la contribution. Pour le définir simplement, il s'agit d'un découpage des sous-processus.

4.1 Le Constructivisme Pragmatique pour la méthode THEDRE

Positionner une méthode de conduite dans un paradigme épistémologique est incontournable [Avenier and Thomas 2011]. Afin d'être valable pour produire de la connaissance scientifique la méthode THEDRE doit, donc, s'ancrer dans un paradigme épistémologique et expliciter les hypothèses ontologique et épistémique auxquelles elle se réfère. Comme nous l'avons déjà abordé, le paradigme épistémologique choisi pour construire de la connaissance scientifique en RICH est le « constructivisme pragmatique » [Avenier 2009], car il permet :

- De produire un instrument composé de connaissance scientifique et d'un outil activable,
- De produire et de raffiner des connaissances scientifiques,
- D'intégrer l'humain et le contexte dans lequel il vit,
- D'utiliser de multiples sources de données et des méthodes des productions de données de différents types,
- D'interpréter et d'analyser les données pour élaborer l'instrument,
- De tracer le chemin de conduite de la recherche.

Nous commençons par poser nos hypothèses en lien avec ce paradigme et la RICH. Au niveau des hypothèses ontologiques[22], le « constructivisme pragmatique » ne les pose pas. Dans notre cas, nous formulons une hypothèse ontologique (n°1) afin de définir de manière précise et non ambiguë comment nous prenons en compte l'humain et les situations dans lesquelles il évolue.

Hypothèse n°1 : des représentations du réel par l'humain existent. Ces représentations sont liées au contexte dans lequel l'humain évolue. Elles changent en fonction du temps, d'événements personnels (p.ex., changement de profession), technologiques (p.ex., évolution des modes de communication) ou de faits sociétaux (p.ex., événements du 11 septembre 2001).

Nous posons ensuite nos hypothèses épistémiques de la méthode THEDRE.

Hypothèse n°2 : l'humain va exprimer ses connaissances du monde qu'il connaît au travers de constructions symboliques appelées représentations. L'objectif est de posséder des moyens d'agir et des éléments proposés par l'humain pour construire et évaluer un instrument produit par la RICH.

Hypothèse n°3 : l'instrument produit par la RICH est construit avec une finalité. De même, la connaissance scientifique construite dépend du contexte dans lequel elle prend place.

Hypothèse n°4 : la construction de l'instrument est incrémental jusqu'à ce que l'instrument soit suffisamment abouti pour être publié.

Hypothèse n°5 : les résultats du terrain et l'évolution de la connaissance scientifique peuvent entrainer la modification de la question de recherche, de manière à ce que l'instrument soit en accord avec les contextes académique, technique et sociétal.

[22] c.-à-d. elles concernent les situations à connaître, le monde est directement connaissable ou il est connaissable à travers le sujet qui a une connaissance du réel.

Afin que cet ancrage dans le constructivisme pragmatique soit complet, nous précisons le but (c.-à-d. quoi sert la connaissance ?), le statut (c.-à-d. comment est elle produite ?) et la forme de la connaissance produite (c.-à-d. quelles formes prend-t-elle ?).

But de la connaissance : la RICH construit des modèles de l'expérience humaine pour construire des connaissances et des outils activables. Elle produit des connaissances scientifiques qui vont modéliser un outil activable. L'outil activable est un média pour que l'utilisateur puisse contribuer à l'élaboration de la connaissance scientifique.

Statut de la connaissance : La RICH interprète des représentations du monde par l'humain dans son contexte pour construire des connaissances scientifiques et connaître comment les outils activables sont mis en œuvre en contexte.

Forme de la connaissance : La RICH produit des concepts, des modèles conceptuels, des langages, des applications et des outils activables. Ces outils sont utilisables par l'humain, leur utilisation fait évoluer la connaissance scientifique et l'outil de manière conjointe.

Nous terminons la description du paradigme de THEDRE par les critères de valeur et de validité qui doivent être associés à un paradigme épistémologique (Tableau 12). **Pour la validité** des connaissances scientifiques produites, nous proposons trois critères en nous appuyant sur ceux définis par le constructivisme pragmatique :

1. la **multiplicité des données** : THEDRE repose sur une large diversité des données de types qualitatifs ou quantitatifs que nous pouvons recueillir et produire lors des phases expérimentales. Les sources de données sont multiples. Il peut s'agir de données existantes (p.ex., une enquête qualitative du CREDOC sur les pratiques d'utilisation de facebook par les seniors) ou des données à produire (p.ex., test utilisateur pour un nouveau dispositif d'interaction). Les données produites pour construire de la connaissance scientifique dans la RICH peuvent être traitées avec trois modes de raisonnement : déductif, inductif ou abductif.
2. la **fiabilité des données** : THEDRE repose sur le volume et la qualité des données produites guidés par des indicateurs appropriés,
3. la **mise à l'épreuve** : elle s'effectue lors des phases expérimentales où l'objet activable est testé avec des utilisateurs en laboratoire, in situ à court terme ou à long terme.

Pour **la valeur** de la contribution de la recherche nous utilisons deux critères :

1. la **qualité du construit** : il s'agit de l'adéquation de l'outil activable aux pratiques et besoins de l'utilisateur
4. **la contribution de la recherche** : dans le cas de THEDRE, la recherche contribue aussi bien à une généralisation qu'au raffinement de connaissances scientifiques.

Validité	Multiplicité des données	Diversité de données expérimentales produites. Données quantitatives et qualitatives recueillies lors de la phase de préparation de la recherche et de la phase expérimentale
	Fiabilité	Le volume et la qualité de ces données sont guidés par des indicateurs de qualité
	Mise à l'épreuve	L'outil activable est testé avec ou sans utilisateurs en laboratoire, in situ à court terme ou in situ à long terme.
Valeur	Qualité du construit	Adéquation de l'outil activable aux pratiques et besoins de l'utilisateur .
	Contribution	Génération ou raffinement de la connaissance scientifique

Tableau 12 : Critères de validité et de valeur de la recherche construite avec le modèle THEDRE

Le paradigme épistémologique de la méthode THEDRE étant posé, nous allons maintenant expliciter les concepts nécessaires pour formaliser cette méthode.

4.2 Concepts de la méthode THEDRE

Cette section va présenter les concepts qui constituent THEDRE et une vision globale de la méthode. Nous exposons aussi les outils employés pour mettre en place la traçabilité dans la méthode. Nous terminons cette partie avec le langage de modélisation de processus de conduite de la recherche THEDRE.

4.2.1 Terminologie pour la méthode THEDRE

Dans l'introduction de ce document, nous avons présenté cinq concepts qui seront employés pour décrire le processus. Pour mémoire, il s'agit des termes : instrument, connaissance scientifique, outil activable, composant activable et expérimentation (section 1.2). Nous ajoutons deux nouveaux concepts qui est celui de la valeur ajoutée de la recherche et l'état de l'outil activable ou des composants activables.

Valeur ajoutée de la recherche : la valeur ajoutée est un concept économique dont la définition est *« la différence entre la valeur finale d'un produit au prix du marché et la valeur initiale des matériaux et des services utilisés pour sa production* » [TLF 2016]. A l'instar de cette définition, la valeur ajoutée de la recherche en informatique est la différence entre ce qui existe dans l'état de l'art et ce qui va être produit lors d'un nouveau cycle de recherche aussi bien au niveau de la connaissance scientifique que de l'outil activable. Nous utiliserons donc cette notion de valeur ajoutée dans notre méthode de conduite de la recherche. La valeur ajoutée est un concept peu habituel en recherche, le terme de contribution est plus fréquent. Mais ce terme dont la définition est « *part apportée à une œuvre commune » [TLF 2016]* ne porte pas cette notion de différence entre un état au temps t et au temps t+1. Par expérience avec les jeunes doctorants, cette notion de valeur ajoutée les aide à identifier les éléments concrets qu'ils vont produire relativement à ce qui existait.

Etat de l'outil activable ou des composants : état de développement dans lequel se trouve l'outil activable ou ses composants au moment d'impliquer l'utilisateur. Qualifier l'état de l'outil activable permet de savoir ce qui est attendu de l'utilisateur. Nous proposons trois niveaux d'avancement de l'outil ou du composant :

1) **l'outil (ou composant) est dynamique :** l'outil a été, entièrement ou partiellement, développé. L'utilisateur peut le manipuler par l'intermédiaire d'un dispositif technique (p.ex., prototype, première version d'une application, dispositif tangible).

2) l'outil (ou composant) est statique : l'outil existe mais il n'est pas supporté par un dispositif technique (p.ex., document papier, maquette non interactive, un langage, une vidéo de démonstration). Il faut demander l'avis de l'utilisateur sur cet outil statique et co-construire avec lui l'outil pour le faire évoluer. L'outil est ensuite évalué avec l'utilisateur. La RICH peut être amenée à produire des outils uniquement statiques (p.ex., un dictionnaire de concepts).

3) **l'outil (ou composant) n'existe pas encore :** il faudra observer l'utilisateur pour élaborer une première version de l'outil**.** (p.ex., étude des pratiques métiers des experts en calcul scientifique)

La décomposition de l'outil activable en composants et l'identification de l'état des composants sont des éléments phares de notre méthode. Ce travail de caractérisation de l'outil activable est essentiel pour définir des objectifs précis pour les différentes expérimentations à conduire.

4.2.2 Acteurs et rôles de la méthode THEDRE

Notre méthode implique différents acteurs qui vont avoir un rôle à jouer dans la construction et l'évaluation de l'instrument de la recherche. Elle est pluridisciplinaire car la RICH demande également de mixer les disciplines, puisque l'étude de l'humain et de son contexte nécessite des compétences en méthodes des SHS. Ainsi, nous avons identifié **4 acteurs** qui interviennent dans le processus de la RICH

Le chercheur en RICH : il a pour rôle de poser la problématique de recherche à partir de ses connaissances d'un domaine, de faire évoluer la connaissance scientifique et de la communiquer. Il conçoit l'outil activable. Sa compétence se situe dans la maîtrise d'un domaine scientifique et dans sa connaissance des outils activables et de l'impact sociétal de sa recherche. Il est garant de la cohérence entre le travail du développeur et celui du méthodologue. La finalité de THEDRE étant, en particulier, d'accompagner et de former des jeunes chercheurs, le chercheur en RICH doit être compris dans ce sens.

Le développeur : il a pour rôle de développer l'outil activable quand il nécessite des compétences de développement (p.ex., application informatique, site web). Sa compétence se situe dans la maîtrise des outils de conception et de développement informatique.

Le méthodologue : il a pour rôle de concevoir, de mettre en œuvre et d'évaluer les expérimentations conduites avec les utilisateurs. Il assure également l'analyse des données. Quand les méthodes existantes ne sont pas suffisantes, il a pour rôle de proposer des nouvelles méthodes de production des données. Sa compétence se situe dans la maîtrise des méthodes de production et d'analyse de données et dans sa capacité à

orchestrer des expérimentations avec des utilisateurs. Ses compétences en méthode des SHS sont essentielles. Le rôle de cet acteur n'est pas décrit dans les autres méthodes de conduite de la recherche. L'ajout de cet acteur fait partie de notre contribution.

Une même personne peut jouer le rôle du chercheur en RICH, du développeur et du méthodologue. Nous nommerons ces trois acteurs : **« acteurs internes »,** dans le sens où ils sont internes au processus de recherche et donc directement impliqués dans la production de la connaissance scientifique et de l'outil activable.

L'utilisateur : il a pour rôle de participer aux expérimentations afin de faire part de ses représentations du « monde connu». Ses représentations sont les éléments qui vont permettre de construire et d'évaluer l'instrument. Concrètement, un outil activable ou un composant de l'outil activable lui sera présenté et ses avis seront recueillis. Dans le cas où l'outil activable n'existe pas, les pratiques de l'utilisateur en contexte seront observées pour construire l'outil.

Pour formaliser la **contribution de l'utilisateur,** nous employons les trois actions préconisées dans la démarche centrée utilisateur : explorer, co-construire et évaluer. Ainsi, les utilisateurs contribuent de trois manières différentes. Soit le chercheur va les observer pour **explorer** le terrain d'étude (rôle passif de l'utilisateur), soit ils vont participer pour **co-construire** ou pour **évaluer** l'outil activable (rôle actif de l'utilisateur). L'utilisateur a un rôle actif quand il va utiliser l'outil activable et un rôle passif quand c'est son activité et son contexte qui sont observés.

Cette section a exposé le rôle des acteurs, nous allons maintenant présenter une vision schématique et globale de la méthode THEDRE.

4.3 Vision globale de la méthode THEDRE

La vision globale de la méthode THEDRE est donnée par ses contextes, ses acteurs mais aussi par un processus qui suit un cycle d'amélioration Plan-Do-Check-Act (PDCA). Le processus est découpé en cinq sous-processus organisés de manière cyclique et itérative. La Figure 16 présente de manière schématique l'organisation des sous-processus. Chacun des sous-processus contribuent au sous-processus suivant (flèche en trait plein). Dans ce schéma, nous mettons en relation la Démarche Centrée Utilisateur avec le sous-processus d'expérimentation, puisque les trois étapes de cette démarche explicitent l'implication de l'utilisateur final dans le sous-processus (flèche en trait pointillé).

Les cinq sous-processus sont :

1. « **Planification de la recherche » :** élaboration de la question de recherche et proposition d'un outil activable. Ce premier sous-processus repose sur la veille de trois contextes :
    1. le **contexte académique** fait référence aux travaux du domaine et aux connaissances antérieures du chercheur. Le chercheur en extrait l'état de l'art du domaine.
    2. le **contexte technique** correspond à l'avancée technologique des outils activables. A partir de celui-ci, le chercheur réalise une veille

technologique. Même dans le cas d'outil activable statique, une veille technologique peut apporter des éléments pour nourrir la recherche.

3. le **contexte sociétal** correspond à la demande sociale dans laquelle le chercheur souhaite positionner son terrain d'étude. L'utilisateur est issu de ce contexte sociétal.

2. « Expérimentation » : conception et mise en œuvre des expérimentations pour construire et évaluer de la connaissance et un outil activable. Ce sous-processus est intégratif dans le sens où il mobilise les 4 acteurs de la méthode : chercheur, méthodologue, développeur et utilisateur. Il est pluridisciplinaire car il emploie des méthodes de production et d'analyse issues de différents domaines (p.ex., Informatique, Sociologie, Psychologie, Gestion) et des méthodes d'ingénierie pour développer l'outil activable. Le matériel expérimental est construit par le méthodologue. Le développeur assure le développement de l'outil activable à partir des spécifications du chercheur. L'intégration de l'utilisateur dans la phase d'expérimentation est guidée par les « actions » de la **démarche centrée utilisateur : explorer, co-construire-évaluer.**

3. **« Contrôle »** : vérification des résultats issus du sous-processus « expérimentations » pour qu'ils soient acceptables afin de construire la connaissance scientifique et l'outil activable.
4. **« Construction et Prise de décision » :** c'est le temps de la construction de la connaissance scientifique, temps où le chercheur confronte ses nouveaux résultats à ceux de la communauté académique et technique. Le chercheur évalue les résultats des expérimentations pour savoir si le travail de recherche et si l'outil activable est suffisamment abouti et novateur pour être communiqué.
5. **« Communication »** : publication des résultats liés à l'instrument de la recherche, dans les contextes académiques, technologiques et sociétales. Ce sous-processus est l'étape finale avant d'itérer sur une nouvelle question de recherche. Ce sous-processus ne sera pas détaillé dans ce document.

Les sous-processus « Planification», « Expérimentation », « Contrôle », « Construction et Prise de Décision» sont conduits plusieurs fois de manière itérative. Le choix d'itérer pour construire et évaluer l'instrument est à la charge du sous-processus « Construction et Prise de Décision».

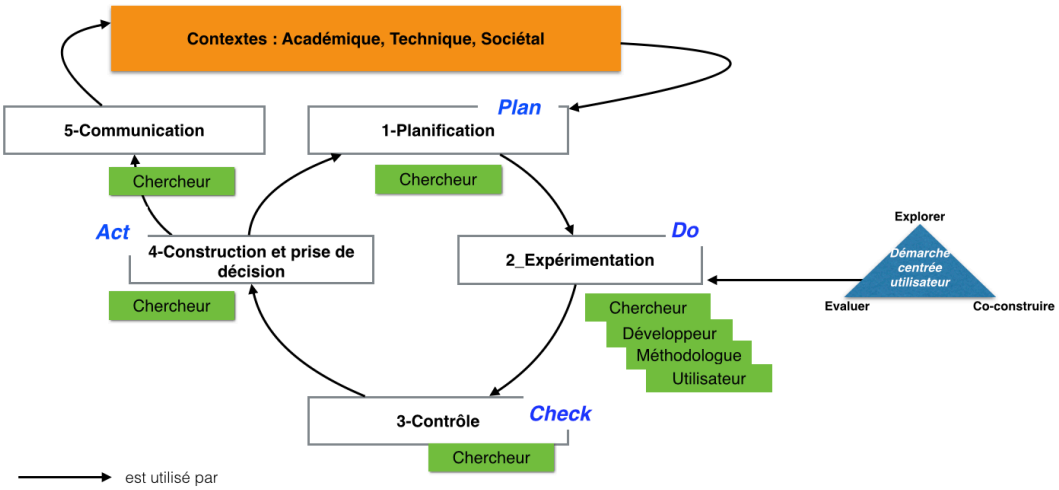


Figure 16 : Méthode THEDRE : 3 contextes, 5 sous-processus, 4 Acteurs, Cycle PDCA et Démarche centrée utilisateur (DCU)

Les cinq sous-processus principaux étant décrits il convient de les organiser. Ainsi, La connaissance du chercheur dans un domaine de la RICH, les contextes académique, technique et sociétal sont les éléments d'entrée de la méthode de conduite de la recherche THEDRE. A partir des trois contextes, le chercheur identifie des manques et des opportunités. Ainsi, il élabore une question de recherche, imagine un nouvel outil activable ou propose l'amélioration d'un outil existant. Ces activités correspondent au temps de « **Planification de la recherche ».** Le sous-processus « Expérimentation » est ensuite initié pour mobiliser les utilisateurs. Ce sous-processus inclus la construction de l'outil activable et du matériel expérimental (c.-à-d. les outils pour recueillir les données de terrain). Les résultats des expérimentations et du développement sont vérifiés dans le processus **« Contrôle ».** Les conclusions de ce sous-processus sont des aides à la décision pour la « **Construction et de la Prise de décision** ». Soient les résultats sont suffisants et le chercheur élabore une connaissance scientifique, soient ils ne le sont pas il décide alors de reconduire des expérimentations et/ou de poursuivre le développement de l'outil activable. Il peut aussi se servir de ces conclusions pour faire évoluer la question de recherche. Si les connaissances scientifiques sont pertinentes par rapport aux manques identifiés au début du processus de « Planification », le chercheur peut initier le processus **« Communication »** pour diffuser l'instrument (c.-à-d. connaissance scientifique et outil activable) dans les contextes académique, technique et sociétal.

Pour une même question de recherche, les 4 premiers sous-processus sont itératifs. Pour les organiser, nous accompagnons la méthode THEDRE avec un cycle de Deming Plan-Do-Check-Act (PDCA). Dans la section suivante, nous allons décrire la place des actions PDCA dans la méthode THEDRE.

4.4 Organisation, Découpage et Traçabilité dans la méthode THEDRE

Afin de garantir la qualité des résultats de la recherche (c.-à-d la connaissance scientifique) et la traçabilité des travaux, nous structurons THEDRE avec le cycle de Deming (Plan-Do-Check-Act). La traçabilité est assurée d'un part avec un découpage du processus, en sous-processus, en blocs et en tâches et d'autre part avec des indicateurs

d'activité, de production et d'objectifs. Pour notre méthode de conduite de la recherche, nous avons choisi de la qualifier avec des outils de la démarche qualité sans toutefois nous référer à une norme iso (p.ex, le référentiel FD X 50-551) qui aurait pu s'avérer contraignant à ce stade de développement de notre méthode.

4.4.1 Cycle PDCA pour organiser la méthode THEDRE

Dans notre contribution, nous utilisons le cycle PDCA pour structurer la méthode THEDRE selon un cycle en 4 étapes : Plan pour la planification de la recherche, Do : pour la conduite des expérimentations et des développements, Check pour l'évaluation des résultats et Act qui permet au chercheur de construire les connaissances au vu des résultats et de prendre la décision de recommencer un cycle ou de communiquer les résultats. Nous allons maintenant détailler le contenu de ces 4 étapes :

PLAN : cette étape se concentre sur la construction de la recherche, fixe les objectifs à atteindre, et pilote les actions de développement, d'expérimentation ou de communication. Dans le 1er cycle, il s'agit d'initier la question de recherche et les objectifs expérimentaux. Dans les cycles suivants, il s'agira de raffiner la question de recherche ou de fixer d'autres objectifs expérimentaux. Cette étape correspond à la **« planification »** de THEDRE.

DO : l'étape se focalise sur les expérimentations et les développements à conduire pour construire et évaluer l'instrument. Cette étape correspond à l' **« expérimentation »** de THEDRE.

CHECK : l'étape porte sur l'évaluation des résultats des expérimentations et sur le contrôle des objectifs. A l'aide d'indicateurs d'objectifs qu'il a posé avant de débuter la recherche, le chercheur vérifie si les objectifs sont atteints ou non. Cette étape correspond au **«contrôle»** de THEDRE.

ACT : Il s'agit ici de créer la connaissance scientifique à partir des résultats produits par les expérimentations et sur les limites de l'expérimentation. C'est le moment où le chercheur prend la décision de relancer un nouveau cycle pour renforcer les résultats, pour atteindre des objectifs non atteints ou pour communiquer les résultats. A la fin de cette période, un autre cycle PDCA peut être lancé. Cette étape correspond à la **«construction et prise de décision»** de THEDRE.

Le cycle PDCA permet d'organiser le processus général de THEDRE en sous-processus. Ce cycle est intéressant car il ancre THEDRE dans une démarche d'amélioration continuec'est à dire une démarche qui offre la possibilité d'améliorer les actions mises en place dans l'étape « PLAN » au démarrage de chaque nouveau cycle. Ce positionnement demande aussi de tracer les différentes activités faites tout au long d'un processus et de produire des indicateurs pour suivre la démarche. [Farges G. et al. 2015], [Farges Gilbert et al. 2015], [Farges Gilbert and Léonard Christine 2015]

Dans le cas de THEDRE, cette démarche permet de pouvoir faire évoluer la question de recherche au cours des cycles, ce qui est un de nos critères pour disposer d'une méthode adéquate pour la RICH. Les améliorations à réaliser sont guidées par des indicateurs qui contrôlent les activités et les productions dans chacune des étapes.

La section suivante décrit comment le processus et les sous-processus sont découpés.

4.4.2 Tâches et blocs pour découper les sous-processus

La méthode THEDRE est composée de plusieurs sous-processus qui vont contenir de nombreuses tâches. Les **tâches** correspondent aux activités réalisées par un des acteurs internes. Ce foisonnement de tâches peut rendre l'utilisation des indicateurs de traçabilité difficile et conduire inévitablement à leur abandon. Pour répondre à ce problème, nous divisons les sous-processus en blocs pour mieux circonscrire les différents objectifs des sous-processus et proposer une liste d'indicateurs de traçabilité ciblés et restreints. Le bloc découpe le sous-processus. Le découpage en bloc repose sur une unité de cohérence des tâches. Chaque bloc fournit un ensemble de livrables et d'indicateurs. Ainsi, nous associons à chaque bloc un ensemble d'indicateurs. Les résultats des blocs sont des **livrables** ; l'existence de ces livrables correspond aux indicateurs de production. Ainsi, le sous-processus « Expérimentation » est divisé en 3 blocs : 1-Concevoir les expérimentations, 2-Créer le matériel expérimental et 3-Produire et analyser les données avec respectivement 4, 9 et 8 indicateurs et un ensemble de livrables (voir le détail en p.96). Pour améliorer le travail entre les trois acteurs internes, des **guides** sont proposés pour assister le travail dans certains blocs. Ces guides sont des documents conçus par le méthodologue pour guider le processus de conduite de la recherche et le processus expérimental. Ils vont fournir des éléments et des aides à la réflexion pour rédiger certains livrables.

La section suivante s'intéresse à la traçabilité de la recherche dans la méthode THEDRE.

4.4.3 Traçabilité pour la méthode THEDRE

Les définitions de la traçabilité[23] sont nombreuses. Ce terme fait référence au terme anglais « traceability » qui correspond à la « capacité de suivre la trace ». Cette notion de traçabilité est déclinée selon les secteurs d'activité. Pour le contrôle qualité d'une chaîne de production, il est question de suivre les matières premières en entrée de chaîne, les opérations de transformations et le produit fini. Pour le management par la qualité, il s'agit de retracer l'histoire d'une activité ou d'un élément à l'aide de données enregistrées. Dans THEDRE, la traçabilité a pour objectif de capitaliser la trace des activités conduites pour produire l'instrument (la connaissance et l'outil activable). Cette capitalisation concerne :

1) **La manière de construire l'instrument** : Il s'agit de conserver l'ensemble des documents qui ont été produits pour conduire le processus de recherche (p.ex., protocole, questionnaire, application). Dans chaque sous-processus de THEDRE, un ensemble de livrables est constitué et ils sont enregistrés. Dans le cas d'un travail de doctorat, ces livrables constitueront une ébauche de la rédaction du document de thèse. Nous les présentons sous la forme d'un manuel pratique (voir la section, manuel de conduite de la recherche, page 233). A terme ce manuel pourra être informatisé et service de cahier de laboratoire pour la RICH. La production de ces livrables est suivie par des **indicateurs de production.**

[23] Il faut noter que le terme n'est pas encore reconnu par l'académie française, mais seulement toléré.

2) **Les actions faites au cours du processus** : Il s'agit de recenser les actions indispensables pour garantir le travail de conduite de la recherche (p.ex., avoir réaliser l'état de l'art). Ces actions sont suivies par les **indicateurs d'activités**. Ces indicateurs se présentent sous la forme d'une check-list des actions à faire. Ces indicateurs représentent aussi le volume des activités (p.ex., le nombre de publications retenues pour rédiger l'état de l'art).
3) **La production de données et la qualité de ces données** : Il s'agit de conserver les données avec les métadonnées, les algorithmes de traitements des données et les indicateurs de qualité des données. Pour ce faire, nous employons les approches de [Berti-Equille 2012] et les **indicateurs de qualité des données** [Di Ruocco et al. 2012].

Pour garantir la traçabilité de la conduite de la recherche par conséquence la qualité du travail réalisé par le chercheur et l'équipe pluridisciplinaire qui entoure ce travail, nous proposons d'employer 3 types d'indicateurs qui concerne l'activité de la recherche : **indicateurs d'activités, de production et de qualité des données.** Pour guider le pilotage du processus, nous employons aussi des **indicateurs d'objectifs** fixés par le chercheur. Dans la section suivante, nous détaillons ces 4 types d'indicateurs.

4.4.4 Indicateurs de traçabilité pour la méthode THEDRE

Les **indicateurs de production (IP**) pour vérifier que les livrables prévus dans chaque sous-processus soit effectivement produits (p.ex., le protocole expérimental, les fichiers de données). Ces indicateurs sont présentés sous la forme d'une liste de contrôle (c.-à-d. une check-list) où les livrables produits sont simplement cochés. La méthode THEDRE fournit la liste de ces livrables. Ces éléments sont fournis à titre indicatif, le chercheur peut définir lui même ses propres indicateurs de production.

Les **indicateurs d'activité (IA)** pour rendre compte des actions faites au sein de chaque sous-processus. Ces indicateurs peuvent être des booléens ; ils sont présentés sous la forme d'une liste de contrôle où les actions faites sont simplement cochées. Ces indicateurs peuvent être aussi des indicateurs chiffrés pour rendre compte du volume des actions (p.ex., le nombre d'utilisateurs interviewés, le nombre de publications pertinentes lues). Ils peuvent aussi être qualitatifs (p.ex., Intérêt des publications pertinentes, présence de fiche de lecture). Ces indicateurs d'activité en volume peuvent être associés à plusieurs sous-processus et évoluer au cours du processus de recherche. Par exemple, le nombre de publications lues pertinentes va augmenter tout au long du travail de recherche. La méthode THEDRE fournit, pour chaque sous-processus un set d'indicateurs. Ces éléments sont fournis à titre indicatif, le chercheur peut définir lui même ses propres indicateurs d'activités.

Par la méthode THEDRE, nous apportons aussi des **indicateurs d'objectifs (IO)**, ils offrent la possibilité de suivre l'évolution du travail de recherche et ainsi identifier l'amélioration de l'instrument (c.-à-d.connaissance et outil activable). Dans le sous-processus de planification, le chercheur définit des indicateurs d'objectifs, qui correspondent aux objectifs qu'il souhaite atteindre avant de communiquer ses résultats. A l'issue du sous-processus d'expérimentation, ils permettent au chercheur de contrôler si la connaissance scientifique et l'outil activable sont suffisamment aboutis pour être communiqués ou si un processus d'expérimentation doit être relancé. Ce type

d'indicateur sert à suivre les itérations nécessaires à l'exécution du processus. En effet, tant que l'IO n'est pas atteint des cycles sont relancés.

Pour éclairer notre propos sur les indicateurs d'objectifs, nous donnons trois exemples :

Exemple 1 : Dans le cas d'une application pour des jardiniers d'un parc botanique et leur responsable, la terminologie proposée doit être co-construite et évaluée avec les deux types d'utilisateurs. Le premier IO est « les jardiniers et leur responsable doivent être impliqués », le second est « les jardiniers et leur responsable participent à la co-construction et à l'évaluation». Tant que ces deux IO ne sont pas remplis, les expérimentations se poursuivent.

Exemple 2 : le nombre de participants minimal à recruter pour des entretiens est de 20 utilisateurs. L'IO est « la taille de l'échantillon à recruter est fixée à 20 participants », tant que le nombre de participants est inférieur à 20 d'autres entretiens sont conduits.

Exemple 3 : Pour un outil activable qui est une application web, la moyenne des notes d'utilisabilité mesurées avec le questionnaire SUS [Brooke and others 1996] doit être supérieures à 8/10. L'IO est « note d'utilisabilité supérieure à 8/10 ». Si ce n'est pas le cas, l'outil activable est amélioré et des expérimentations sont refaites.

Ces indicateurs d'objectifs sont mesurés pendant le sous-processus d'expérimentation. Pour l'exemple 1 et 2, les protocoles expérimentaux donnent les informations nécessaires pour évaluer ces IOs, pour l'exemple 3 ce sont les notes d'utilisabilité données par les utilisateurs qui serviront à calculer l'IO (c.-à-d. la moyenne des notes).

Ensuite, ces indicateurs d'objectifs sont contrôlés pendant le sous-processus de contrôle. Pour l'exemple 1, le contrôle porte sur les types d'utilisateur qui ont effectivement participé aux expérimentations et sur leur contribution, pour l'exemple 2 sur la taille de l'échantillon (n=20) et pour l'exemple 3 sur la moyenne des notes d'utilisabilité qui doit être supérieure à 8. A la vue de ces indicateurs, le chercheur décide de publier les résultats ou de relancer un cycle de recherche.

Le quatrième type d'indicateurs se focalisent sur les données produites pendant les expérimentations. Il s'agit des **indicateurs de qualité des données (IQ)** pour qualifier les données produites pendant le sous-processus d'expérimentation. Pour contrôler la qualité des données, nous appliquons les trois phases proposées par [Berti-Equille 2007] : Préventive, Diagnostique et Corrective. Le sous-processus expérimentation intègre ces trois phases : 'Préventive' pour fixer les plages de validité des données et pour contrôler les données produites lors des pilotes précédant les expérimentations, 'Diagnostique' pour contrôler les données après la production et 'Corrective' pour les corriger sur la base du diagnostique. Pour qualifier les données pendant ces trois phases, nous utilisons 8 des **indicateurs de qualité** des données spécifiés par [Di Ruocco et al. 2012] : Pertinence, Exactitude, Précision temporelle, Accessibilité, Facilité d'interprétation, Unicité, Cohérence et Conformité à une norme.

Les indicateurs d'objectifs, d'activités, de production et de qualité des données sont les **indicateurs de traçabilité** de la méthode THEDRE.

La méthode THEDRE propose un outil pour définir les indicateurs. Il est exposé dans la section suivante.

4.4.5 Formalisme des indicateurs dans le modèle THEDRE

Les indicateurs de traçabilité que nous avons spécifiés dans la section précédente demande à être décrits pour être tous formalisés de la même manière. Cette standardisation offre l'avantage de toujours décrire les indicateurs avec les mêmes caractéristiques. C'est aussi le moyen de disposer d'un modèle pour déployer une application de gestion des indicateurs (p.ex., sous la forme d'un entrepôt de données). Pour cela, nous aménageons le modèle de [Polańska and Zyznarski 2009] présenté dans la section 2.4.3. Nous ajoutons 4 éléments : « Sous-Processus » et « Bloc» pour indiquer le moment où l'indicateur est utilisé, « Type de l'indicateur » (IO, IA, IP, IQ) et « Partie de l'instrument concerné », pour savoir si l'indicateur porte sur la connaissance scientifique et/ou sur l'outil activable. Nous enlevons le « stockage de la mesure » et nous associons le « nom de la mesure » au « nom de l'indicateur ». Le Tableau 13 offre deux exemples d'indicateurs construits avec ce formalisme. C'est un format générique ; certains de ces éléments sont optionnels.

(*) ajouter pour THEDRE	**Description**	*Exemple 1*	*Exemple 2*
Nom du sous-processus (*)	Nom du sous-processus où l'indicateur est utilisé	*Planification*	*Expérimentation*
N° ou nom de Bloc (*)	Indiquer le N° ou le nom du bloc où l'indicateur est utilisé	*1, Faire le bilan de l'existant*	*6, produire et analyser les données*
Nom ou code de l'indicateur		*PLAN_1*	*IND_002*
Objectifs de l'indicateur	Décrire l'indicateur	*Etablir la liste des publications pertinentes*	*Evaluer l'utilisabilité*
Type de l'indicateur (*)	Activité, Production ou Objectif	*Activité*	*objectif*
Partie de l'instrument concerné (*) *optionnel.*	Connaissance scientifique et/ou objet activable	*Connaissance scientifique*	*Objet activable*
Utilité de l'indicateur par rapport à la recherche	Décrire en quoi cette mesure est utile pour tracer le processus	*Vérifier qu'une liste des publications est initiée dès le début de la recherche*	*Vérifier que l'interface est utilisable par des novices*
Méthode pour mesurer l'indicateur *optionnel.*	Décrire comment cette mesure est faite		*Question : échelle en 10 points*
Type de mesure *optionnel.*	Subjective ou Objective		*Objective*
Calcul à opérer sur la mesure *optionnel.*			*aucun*
Unité de mesure *optionnel.*	Par exemple, temps, effectif, %		
Plage de validité de la mesure *optionnel.*	indiquer les valeurs possibles de la mesure		*0 et 10*

Critère de décision	indiquer les seuils au delà desquels l'indicateur est acceptable et les règles de décision	*La liste doit exister*	*si mesure > 8 alors utilisabilité est bonne*

Tableau 13 : Guide pour décrire les indicateurs d'activité, de production ou d'objectifs du sous-processus ou de qualité des données.

A ce stade du document, nous avons exposé les différents concepts pour élaborer notre méthode de conduite de la recherche : la décomposition de l'instrument de recherche, les acteurs et les moyens de traçabilité par le cycle de Deming et des indicateurs. L'ensemble de ces propositions nous a permis d'élaborer un langage de modélisation des processus de conduite de la recherche en RICH. Ce sera l'objet de la section suivante.

4.5 Langage de modélisation d'un processus de recherche en RICH

La réflexion autour d'une méthode de conduite de la RICH a contribué à la création d'un langage de modélisation de processus pour la conduite de la RICH. Nous définissons ce langage à l'aide d'un métamodèle pour décrire sa syntaxe abstraite, d'une notation graphique pour définir sa syntaxe concrète et d'un dictionnaire des concepts présenté en annexe (p. 231). Avant de présenter notre langage, nous nous positionnons par rapport au langage BPMN standard de modélisation de processus.

4.5.1 Une extension de BMPN

Comme nous l'avons explicité dans les fondements en section 2.5, nous utilisons le standard de modélisation BPMN pour modéliser notre langage. A partir des concepts décrits dans BPMN, nous allons expliquer comment nous nous en servons, pourquoi nous en rajoutons et pourquoi nous choisissons de ne pas en utiliser certains.

Le métamodèle de BPMN (Figure 17) définit des objets de flux pouvant être des activités, des événements ou des portes (gateways). Pour notre langage, nous utilisons le concept d'activités. Les activités en BPMN peuvent être atomiques, ce sont alors des tâches qui ne peuvent être décomposées en sous-activités. Si les tâches sont décomposables, ce sont des sous-processus. Nous réutilisons les concepts de sous-processus et de tâches. Notre langage demande aussi de disposer d'un concept pour regrouper les tâches, il s'agit du concept « bloc». Il est indispensable pour tracer les livrables et positionner les indicateurs de traçabilité. Les « blocs » sont eux-mêmes regroupés en « sous-processus ». Ces derniers représentent les étapes du cycle de Deming. Ce double regroupement des tâches par blocs et par sous-processus guidé par les livrables, les indicateurs et les étapes de la roue de Deming est une des extensions que nous proposons pour la modélisation des processus de conduite de la recherche en RICH.

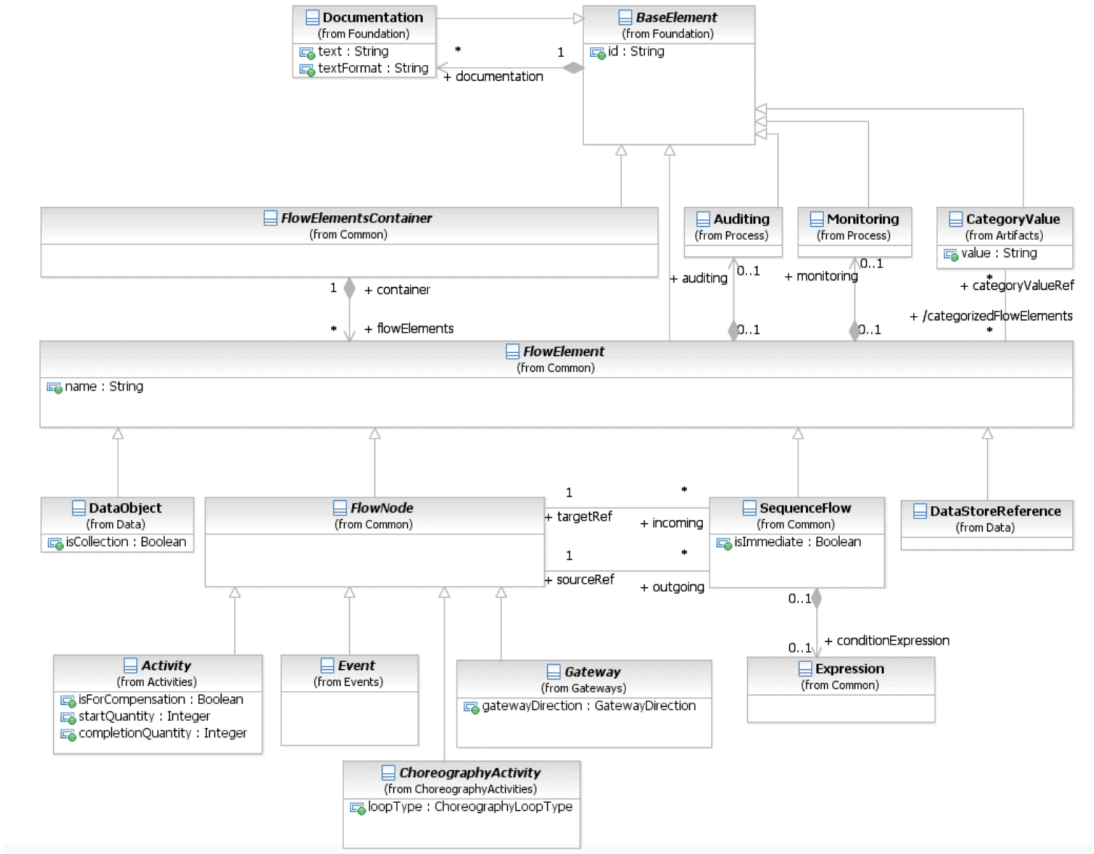


Figure 17 : Métamodèle BPMN2 : OMG: Business Process Model and Notation v. 2.0 (BPMN 2.0), 2011

Concernant les événements, nous réutiliserons simplement 2 événements particuliers : le début et la fin. Enfin nous utilisons certaines des portes pour exprimer le parallélisme ou les alternatives.

Pour notre langage de modélisation nous emploierons aussi les éléments de flux. Il s'agit du séquencement entre les actions pour représenter les liens entre les activités. Dans le BPMN, ils sont de trois types : les flux de séquences pour ordonner les activités, les flux de messages et les associations de données pour indiquer la transmission d'informations entre les activités impliquées. Nous les utiliserons pour séquencer les activités au niveau du processus global.

Pour la représentation des ces éléments de flux nous conservons deux types de flèches. Une première représente le séquencement entre les éléments de flux (flux de séquence) ; la sémantique associée est « contribue à ». Une seconde est un flux d'association de données pour exprimer la production des livrables ; la sémantique associée est « produit».

Figure 18 : Syntaxe graphique pour les éléments de flux

Dans notre modélisation, nous n'utiliserons pas les bassins ni les couloirs pour représenter le processus et les participants aux processus. En BPMN, les bassins représentent les limites du processus et les couloirs les activités réalisées en fonction des « participants » présents dans le processus. Un couloir représente les activités d'un participant dans un processus donné. Dans notre langage, nous avons précisé le concept « participants » en le divisant en deux : des « acteurs internes » au processus et des acteurs externes, les « utilisateurs». Au niveau des acteurs internes, le même participant peut avoir plusieurs rôles et la complémentarité des rôles est essentielle dans ce contexte pluridisciplinaire. Nous ne souhaitons donc pas représenter les acteurs dans des lignes séparées qui cassent la représentation de la collaboration nécessaire à notre processus de conduite de la recherche. En revanche, nous utiliserons des symboles graphiques pour identifier ces rôles.

Nous retenons aussi le concept d'artefacts car une méthode de conduite de la recherche doit proposer des « objets » pour suivre la recherche afin de la rendre traçable. Dans BPMN, ces artefacts représentent à la fois les données nécessaires à la conduite du processus, les annotations pour documenter les éléments du processus et aussi les regroupements pour grouper des éléments qui constituent un ensemble logique. Dans notre langage, ces objets sont de différents ordres. Il s'agit des guides, des livrables et des indicateurs. Nous avons besoin de ces trois concepts pour représenter ces artefacts spécifiques à notre langage. Aussi, nous spécialisons le concept d'artefact pour introduire les concepts de guides, de livrables et d'indicateurs.

Notre modélisation nécessite aussi de disposer d'un moyen de découper la production du processus. Le produit est « l'instrument » de la recherche qui se décompose en « connaissance scientifique » et « outil activable », ce dernier se découpant en un ou plusieurs composants activables. Ce sont aussi des spécialisations du concept d'artefact.

Le Tableau 14 présente une synthèse des concepts du BPMN que nous avons utilisés, et les modifications et les ajouts que nous proposons pour une représentation plus adéquate aux processus de conduite de la recherche en RICH.

Concepts	Modifications et ajouts
Activités	4 catégories : processus, sous-processus, blocs et tâches Ajout du concept de blocs comme spécialisation du sous-processus
Evènements	Restriction à deux types d'événement (début et fin)
Portes	Restriction aux alternatives et au parallélisme
Eléments de flux	Conservation du flux de séquence et ajout d'une spécialisation « contribue à » Spécialisation du flux d'association pour les livrables « produit »
Bassins et couloirs	Non réutilisés
Artefacts	Ajout par spécialisation des concepts « guides », « livrables », « indicateurs », « instrument », « outil activable », « composant activable ».

Tableau 14 : Tableau de synthèse sur les utilisations des concepts BPMN, leurs adaptations et les ajouts.

Nous apporterons également des symboles plus « parlants », non présents dans le BPMN, pour rendre compte des caractéristiques de notre langage. Ils seront présentés dans le paragraphe suivant.

4.5.2 Syntaxe abstraite d'un langage de conduite de la recherche en informatique centrée humain.

La syntaxe abstraite du langage de conduite de la recherche en informatique centrée humain est définie par un métamodèle présenté à la Figure 19. Il est composé de 15 classes décrites dans la suite de ce paragraphe avec les relations et les cardinalités associées. Nous utilisons l'exemple donné en introduction sur le modèle de conception des plateformes d'analyse des données (DOP8), pour faciliter la compréhension du métamodèle.

- ***Concepts et Relations***

Nous présentons dans cette section les concepts pour décrire un processus en RICH ainsi que la relation entre ces concepts.

Le **processus** de conduite de la recherche concerne un **instrument.** Le processus est découpé en **sous-processus.** Les résultats d'un sous-processus contribuent au sous-processus suivant. Les sous-processus sont qualifiés par une des dimensions du cycle de Deming (plan do, check, act). Le **sous-processus** est composé d'au moins un **bloc**. Les blocs sont composés d'au moins une **tâche**.

Par exemple, le processus de conduite de la recherche pour DOP8 a été découpé en 4 sous-processus : « planification », « expérimentation », « contrôle », « construction et prise de décision ». Le sous-processus « planification » est découpé en deux blocs « Identifier un problème » et « Construire la question de recherche ».

L'**instrument** de recherche est constitué de **connaissance(s) scientifique(s)** et d'**outil(s) activable(s)**. L'outil activable contribue à la création de la connaissance scientifique. L'outil activable est le média qui offre la possibilité à l'utilisateur d'utiliser la connaissance scientifique. L'outil activable est composé d'un ou de plusieurs composants activables.

Par exemple, le modèle DOP8 décrit est une connaissance scientifique qui prend la forme d'un outil activable sous la forme d'un « le site web Undertracks ». L'outil activable est composé de trois composants[24] *: une terminologie, des fonctionnalités et une IHM. Le modèle DOP8 et le site web support représentent l'instrument produit par la recherche.*

Les tâches sont assurées par les **acteurs internes** ; ils vont réaliser au moins une tâche. Les **contextes académique, technique ou sociétal** vont être consultés par au moins une tâche**.** La **connaissance scientifique, l'outil activable ou les composants activables** vont être construits ou évalués par au moins une tâche.

[24] Pour simplifier l'exemple, nous ne listons que trois composants.

Par exemple, la tâche « faire l''état de l'art » concerne la connaissance scientifique alors que la tâche « faire une veille technologique » concerne l'outil activable. Elles sont à la charge du chercheur.

Les blocs peuvent utiliser des **guides**. Un guide peut être utilisé par un ou plusieurs blocs. Les guides aident le chercheur à tracer son travail de recherche et à construire ses protocoles expérimentaux. Certains de ces guides sont des facilitateurs pour le travail collaboratifs avec le méthodologue et le développeur.

Par exemple, les blocs « concevoir des expérimentations et « créer le matériel expérimental » utiliseront le logigramme pour choisir des méthodes de production de données alors que le bloc « contrôler la production des expérimentations» n'a pas de guide associé.

Les blocs produisent au moins un **livrable.** Les livrables contribuent à la construction et à l'évaluation des composants activables, des outils activables et in fine de la connaissance scientifique. Une connaissance scientifique ou un outil activable a au moins besoin du résultat de l'analyse de données expérimentales pour être construits ou évalués.

Par exemple, le bloc « Faire le bilan de l'existant » produit « une synthèse de l'existant».

Des **outils expérimentaux** peuvent être utilisés pour réaliser des tâches.

Par exemple, si le chercheur réalise expérimentation pour faire échanger des personnes sur un sujet, la méthode de focus-group est suggérée avec des préconisations méthodologiques pour la mettre en œuvre (nombre de participants, mode de passations, etc.)

Les **utilisateurs** vont être mobilisés dans le cadre de certaines tâches. Ils seront impliqués de trois manières pour construire et évaluer la connaissance ou l'outil activable : **explorer, co-construire ou évaluer.**

Par exemple, les pratiques métiers des data-scientists ont été explorées pour construire le modèle DOP8. Les interfaces de l'application ont été co-construites avec eux. L'application a été évaluée avec des non experts des data science.

Des **indicateurs de traçabilité** (activité, production, objectif et qualité des données) sont associés à plusieurs blocs ou tâches. Les indicateurs de traçabilité correspondent aux critères de validité et de valeur du paradigme épistémologique choisi.

Par exemple, l'indicateur d'activité «nombre de publications pertinentes » est affecté à deux blocs, celui de «réaliser le bilan de l'existant » et celui de «construire la question de recherche».

Sur le métamodèle figure aussi des associations entre livrable et connaissance scientifique, entre livrable et outil activable et entre livrable et composant activable, elles ne sont pas utilisées dans la représentation des sous-processus. Cependant nous les conservons dans le métamodèle pour développer ultérieurement une vue 'produit' du processus. Le métamodèle proposé n'a pas de concept pour exprimer que deux tâches s'exécutent en parallèle, nous utiliserons celui du BPMN.

Dans la section suivante, nous présentons la syntaxe graphique du langage de modélisation de processus THEDRE.

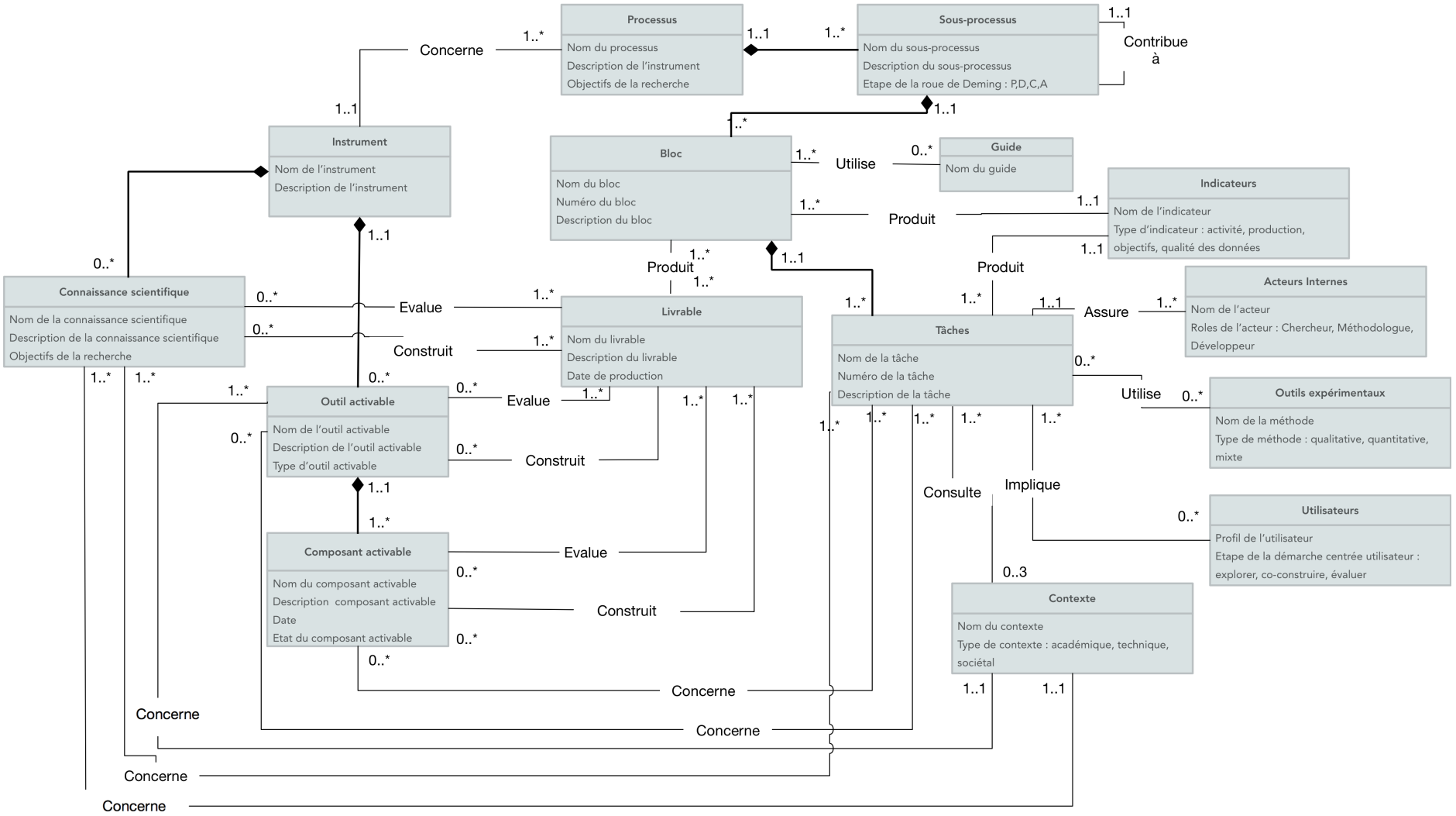


Figure 19 : Métamodèle de description de THEDRE

Nadine Mandran. 2017. THEDRE : Méthode de conduite de la Recherche en Informatique Centrée Humain. Université Grenoble-Alpes.

4.5.3 Syntaxe graphique pour la méthode THEDRE

Cette section présente la syntaxe graphique que nous utilisons pour représenter la méthode THEDRE. Nous nous basons sur deux des principes définis par [Moody 2009] dans la physique des notations pour créer notre notation visuelle :

- La clarté sémiotique qui correspond à la correspondance (1-1) entre les éléments de la syntaxe abstraite et ceux de la syntaxe concrète. Ainsi, nous avons associé à chaque concept du métamodèle une représentation graphique.
- La transparence sémantique définit dans quelle mesure la signification d'un symbole peut être déduite de son apparence. Les symboles doivent donc fournir des indices sur leur sens (la forme implique le contenu). Ce concept est proche de celui d'"affordance" en interaction homme-machine : l' "affordance" cherche la transparence dans les actions possibles pour l'utilisateur alors que la transparence sémantique vise la facilité de compréhension des concepts. La transparence sémantique n'est pas un état binaire, mais un continuum allant de la compréhension immédiate de la signification du symbole sans explication jusqu'à une interprétation différente ou opposée à son sens. Ici nous avons souhaité utiliser des symboles avec une forte transparence sémantique pour identifier les contextes concernés, l'instrument, la connaissance scientifique, l'outil activable, les composants, les acteurs et les indicateurs.

La Figure 22 représente la syntaxe graphique du langage THEDRE. Au niveau de la syntaxe graphique, nous utilisons certaines notations de BPMN et nous adaptons certaines d'entre-elles afin de proposer une représentation plus adéquate aux processus de conduite de la recherche en RICH. Les symboles adaptés de BPMN sont marqués avec une étoile.

Pour les tâches, nous gardons la forme rectangulaire. Pour les blocs et les sous-processus, nous employons cette même forme en faisant varier les bordures (Figure 20). Nous gardons également la forme de losange pour indiquer des alternatives. Pour les début et fin de processus, nous utilisons le rond avec les lettres D et F pour début et fin.

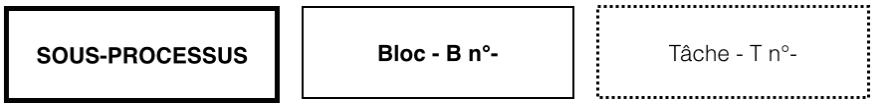


Figure 20 : Syntaxe graphique pour les sous-processus, les blocs et les tâches dans THEDRE

Pour l'organisation et le séquencement des sous-processus, des blocs et des tâches, nous utilisons trois symboles non présents dans BPMN (Figure 21).

Pour les sous-processus et les blocs, nous employons un triangle plein de couleur foncée pointe tournée vers le bas pour indiquer qu'un sous-processus (ou un bloc) va contraindre le sous-processus (ou bloc) suivant. Tant qu'un sous-processus ou un bloc marqué avec ce triangle n'est pas terminé le sous-processus (ou bloc) suivant ne peut pas être initié. Cette syntaxe rend compte de l'organisation d'un séquencement implicite entre les tâches.

Ainsi, pour les blocs et les tâches nous employons trois symboles.

Un premier indique que les blocs (ou les tâches) peuvent être conduit(e)s en parallèle ; il s'agit de trois barres horizontales parallèles.

Un second précise si les blocs (ou les tâches) sont contraints par les blocs (ou tâches) précédent(e)s. Nous avons symbolisé cette contrainte avec un triangle pointe tournée vers le bas.

Un troisième indique si les tâches sont contraintes par d'autres tâches précédentes. Elles sont représentées avec un triangle plein de couleur claire pointe tournée vers le haut avec le numéro des tâches bloquantes.

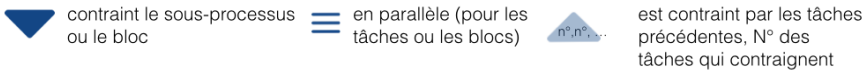


Figure 21 : Syntaxe abstraite pour piloter le séquencement des sous-processus, des blocs et des tâches

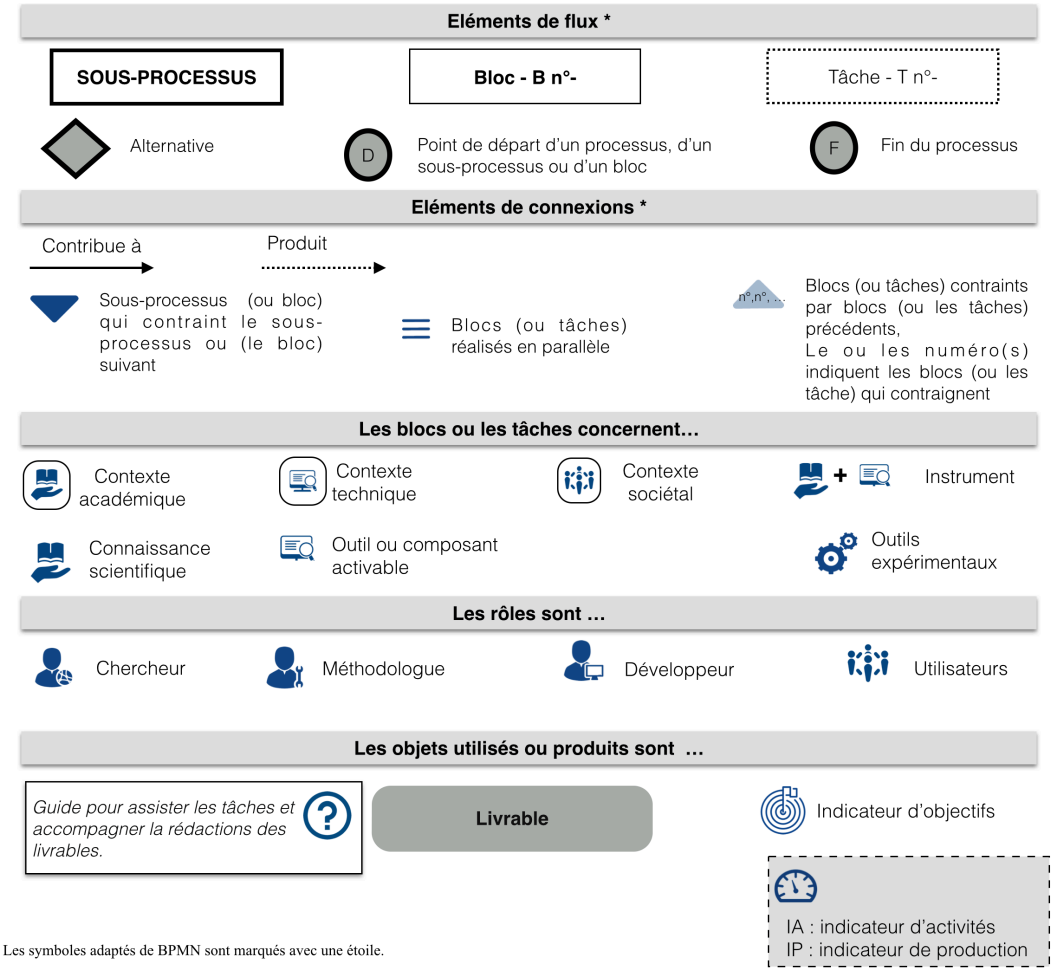


Figure 22 : Syntaxe graphique du langage de conduite de la recherche en informatique centrée humain

4.5.4 Conclusions sur le langage de processus THEDRE

En s'appuyant sur la notation BPMN, THEDRE est un langage de modélisation de processus de conduite de la recherche qui est cyclique et flexible, deux propriétés nécessaires pour conduire un travail de recherche et laisser une liberté dans le choix des activités aux chercheurs. Cependant, THEDRE offre des possibilités de contraindre les étapes Plan-Do-Check-Act. Ces étapes sont nécessaires pour définir des sous-processus et des blocs qui vont fournir les livrables et les indicateurs supports à la traçabilité du processus. THEDRE distingue 4 types de rôles qui vont intervenir dans le déroulement de la conduite de la recherche. Pour la construction et de l'évaluation de la recherche, THEDRE offre des outils pour représenter la collaboration entre les trois acteurs internes. Cette collaboration entre les trois rôles : chercheur- méthodologue et développeurs est indispensable à la conduite d'une recherche en RICH.

Nous allons, maintenant, utiliser ce langage pour décrire le cœur de notre contribution qui est une méthode de conduite de la recherche pour la RICH, en ayant pour préoccupation de favoriser la pluridisciplinarité et d'assister les chercheurs lors de la conception des expérimentations pour construire et évaluer des connaissances scientifiques et des outils activables dans la RICH.

RESUME : CHAPITRE 4

L'état de l'art a montré des déficits ou des imprécisions dans les méthodes de conduite de la recherche que nous avons analysées. Pour répondre à ces questions, la méthode THEDRE (Traceability Human Experimental Design Research), est proposée pour conduire un processus de recherche en RICH. Dans ce chapitre, nous nous inscrivons dans le constructivisme pragmatique pour élaborer notre méthode. Nous posons les hypothèses épistémiques et épistémologiques de THEDRE.

Ce chapitre présente la terminologie utilisée pour modéliser THEDRE. Dans ce chapitre, nous expliquons comment les outils de la démarche d'amélioration continue et les indicateurs sont utilisés pour tracer les activités de la recherche et comment le cycle de Deming nous permet de guider le découpage du processus global en sous-processus. Aussi, nous détaillons aussi comment la démarche centrée utilisateur est mobilisée dans les phases expérimentales de conduite de la recherche.

La seconde partie du chapitre 4 décrit le langage de modélisation du processus de conduite de la recherche avec un métamodèle et une syntaxe concrète. Ce langage est une extension de BPMN dans le sens où des concepts y ont été ajoutés er d'autres modifiés.

CHAPITRE 5

Traceable Human Experimental Design Research

Une méthode de conduite de la recherche

5.1 Sous-processus, blocs et tâches de la méthode 114
5.1.1 Sous-Processus « Planification de la recherche» du modèle THEDRE 115
5.1.2 Sous-Processus « Expérimentation » 126
5.1.3 Sous-Processus « Contrôle de la production expérimentale » 137
5.1.4 Sous-Processus « Construction et prise de décision» 139
5.2 Manuel des bonnes pratiques de conduite de la recherche pour THEDRE 142
5.2.1 Description des guides pour conduire une recherche avec THEDRE 143
5.2.2 Logigramme pour choisir les méthodes de production des données. 150
5.2.3 Livrables : des facilitateurs pour la pluridisciplinarité. 153
5.2.4 Conclusion 154
5.3 Outils activables pour THEDRE : application web dynamique 154
5.3.1 Applications et techniques utilisées 155
5.3.2 Fonctionnalités pour le « Chercheur en RICH» et le « Méthodologue » 155
5.4 'Perception' de THEDRE 161

5 METHODE DE CONDUITE DE LA RECHERCHE : THEDRE

D'après [Seligmann et al. 1989] une méthode est un ensemble de moyens d'investigation constitué par « a way of thinking, a way of modeling, a way of working and a way of supporting ». Cela signifie que toute méthode est définie par un paradigme, comporte des modèles pour définir le produit, propose des processus ou démarches et doit être soutenue par des outils logiciels. Ainsi, le chapitre 5 présente la méthode THEDRE telle qu'elle a été implémentée pour la RICH au Laboratoire d'Informatique de Grenoble. La méthode de conduite de la recherche THEDRE se positionne dans le paradigme constructivisme pragmatique tel que nous l'avons décrit et amendé au chapitre 4. La première partie de ce chapitre présente les 4 sous-processus de la méthode qui ont été instanciés. La deuxième partie expose les outils de guidage pour mettre en œuvre cette méthode. La dernière présente une application web support à THEDRE.

5.1 Sous-processus, blocs et tâches de la méthode

Le processus de la méthode THEDRE est une instance du langage de processus de conduite de la recherche présenté au chapitre 4, p.103. Il est composé de cinq sous-processus « planification », « expérimentation », « contrôle », « construction et décision » et « communication » (non détaillé) et de 9 blocs. Pour avoir une vue globale de la méthode, nous avons représenté les 9 blocs à l'aide du langage défini précédemment (Figure 23).

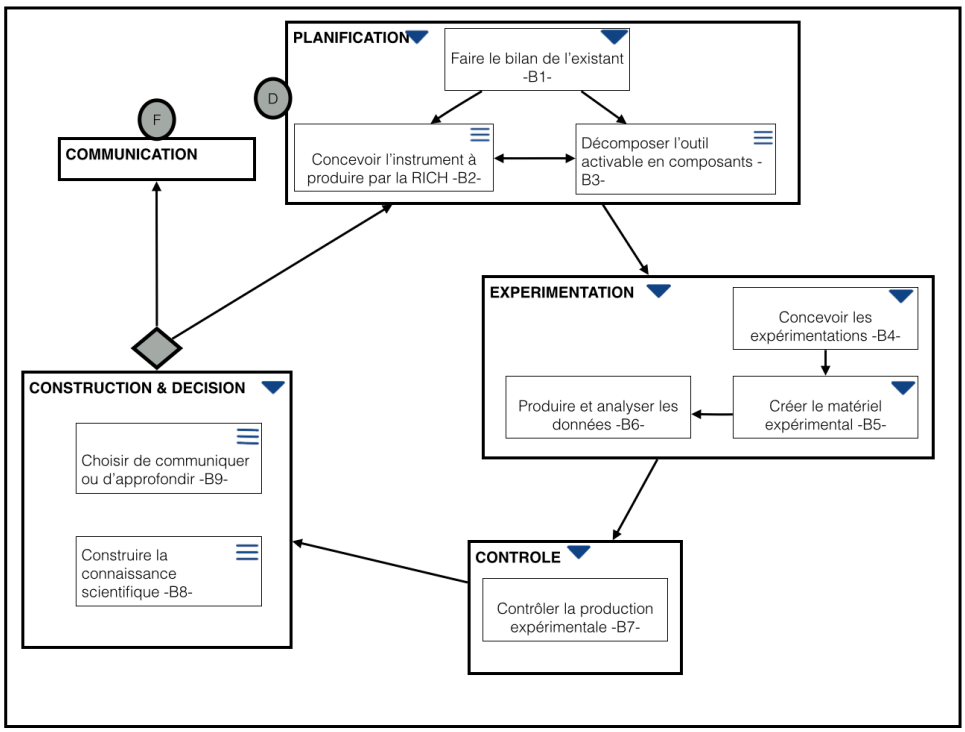


Figure 23 : Représentation des 5 sous-processus et des 9 blocs de la méthode THEDRE avec le langage

La planification de la recherche est initiée par la réalisation de l'état de l'art, qui contraint les deux autres blocs qui eux peuvent être conduits en parallèle (concevoir l'instrument à produire par la RICH er décomposer l'outil activable). Le sous-processus « expérimentation » commence par la conception des expérimentations, qui contraint la création du matériel expérimental, qui elle-même, contraint la production et l'analyse des données. Le sous-processus « contrôle » est le moment du cycle où les indicateurs d'objectifs sont calculés à partir du résultat des expérimentations. Le sous-processus de « Construction et de décision » est composé de deux blocs relatifs à la construction de la connaissance scientifique et à la prise de décision, blocs qui peuvent être menés en parallèle. Ce sous-processus débouche sur une décision à prendre de relancer un cycle par un sous-processus de « planification » ou d'initier le sous-processus de « communication ».

Dans les prochaines sections, nous explicitons les sous-processus par ordre d'apparition dans la méthode THEDRE. Nous précisons les objectifs de chacun. Nous les détaillons ensuite par bloc et tâches. Les tâches sont présentées de manière linéaire, même si parfois elles peuvent être menées en parallèle. Nous indiquons les livrables produits et les indicateurs de traçabilité et de qualité associés. Enfin, nous représentons chacun des blocs avec le langage que nous avons définit précédemment.

5.1.1 Sous-Processus « Planification de la recherche» du modèle THEDRE

Le processus «Planification» a pour finalité d'**organiser la recherche et de faire le lien avec l'existant**. Le chercheur est l'acteur principal de ce processus. A partir de ses travaux antérieurs, le chercheur lance un nouveau questionnement. Il est composé de trois blocs : n°1 Faire le bilan de l'existant, n°2 : Construire la question de recherche pour identifier la connaissance scientifique à construire et à évaluer et n°3 : Définir l'outil activable et ses composants à construire et à évaluer.

- ***Bloc N°1 : Faire le bilan de l'existant***

Finalités du bloc :

Le bloc N°1 a pour objectif de faire un bilan de l'existant académique, technique et sociétal, d'identifier des manques et des opportunités au niveau de la connaissance scientifique et des outils activable et faire émerger des terrains d'études potentiels. Au niveau du contexte sociétal, l'objectif est de repérer des cadres d'étude et des utilisateurs qui vont contribuer à la construction et à l'évaluation de l'outil activable. Il est constitué de 3 tâches et il fournit un livrable.

Tâches associées :

1. **Etudier le contexte académique** pour faire un état de l'art sur les connaissances scientifiques du domaine et identifier les méthodes de production des données utilisées dans un domaine. Ces méthodes décrites dans les articles peuvent être des références pour initier le processus expérimental. C'est une manière de connaitre les méthodes communément admises dans un domaine et de justifier pourquoi elles seront utilisées ou non pour résoudre la problématique.

2. **Etudier le contexte technique** pour identifier les outils activables existants. La littérature académique et industrielle, les bases des brevets européennes, internationales, (p.ex., [INPI 2015], les dépôts à l'Agence de Protection des Programmes [APP 2015]) sont employées pour réaliser une veille technologique.
3. **Etudier le contexte sociétal** pour analyser la demande sociale dans laquelle le chercheur souhaite positionner son terrain d'étude. L'utilisateur est issu de ce contexte sociétal. Il s'agit de faire une étude pour positionner l'objet activable par rapport aux institutions sociales, économiques et politiques.

Ces trois tâches vont permettre au chercheur d'identifier des manques au niveau de la connaissance scientifique et des outils activables et faire émerger des terrains d'étude potentiels. Elles sont particulièrement importantes pour construire la question de recherche, mais elles sont régulièrement reconduites tout au long du processus pour prendre connaissance des avancées du domaine.

Dans le cas d'une nouvelle itération du cycle PDCA, le chercheur va affiner la question de recherche à partir des résultats précédents et de l'avancée des connaissances dans les contextes académiques et techniques ou de nouvelles contraintes sociétales. Par exemple, un outil activable a été validé par des expérimentations et dans le même temps un industriel propose ce produit[25]. Dans ce cas, la question de recherche et l'outil activable doivent être redéfinis.

Un guide pour ce bloc est proposé il s'agit du guide de brainstorming pour aider le chercheur à faire émerger la question de recherche et à identifier la valeur ajoutée de la recherche à construire et à évaluer (Tableau 26).

Livrable créé au bloc n°1 :

Livrable 1. Synthèse de l'existant : elle contient une première version de l'état de l'art et de la veille technologique. Elle expose le contexte sociétal et décrit les terrains d'étude et des utilisateurs potentiellement mobilisables pour les expérimentations. A ce moment du processus, ce livrable n'est pas finalisé, il se raffinera tout au long de la recherche.

Indicateurs de traçabilité du bloc :

Nous proposons 8 indicateurs de traçabilité pour ce bloc, respectivement 7 IA et 1 IP. Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Indicateurs d'activités (actions faites)	Etablir la liste initiale des publications académiques de référence pour démarrer l'état de l'art : (oui/non)
	Etablir la liste des sites de brevets : (oui/non)
	Etablir liste des sites pour étudier le contexte sociétal : (oui/non)
Indicateur d'activités (volume)	Nombre de références lues, Pourcentage par rapport à la liste de départ.

[25] Nous avons rencontré ce cas deux fois : 1) au cours des travaux de Fatou Camara (2009), facebook a proposé la structuration des amis par des cercles de proximité alors que nous avions fini de les évaluer avec des utilisateurs. 2) Alors qu'un chercheur du laboratoire était en train de valider un outil de visualisation des données le même outil a été publié par un chercheur d'un autre laboratoire.

	Nombre publications pertinentes
	Nombre des brevets pertinents
	Nombre de sites consultés ou de documents consultés pour étudier le contexte sociétal et choisir un terrain d'étude
Indicateur de production	Livrable N°1 existe : (oui/non)

Tableau 15 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc 1 pour le processus "Planification"

L'organisation des tâches du bloc n°1.

Les trois tâches de ce bloc peuvent être menées en parallèle mais elles vont se compléter mutuellement. Par exemple, la lecture d'un article informe le chercheur sur l'existence d'un outil activable. Le chercheur se renseigne sur cet outil activable en interrogeant la base des brevets. L'organisation de ces tâches est présentée à la Figure 24.

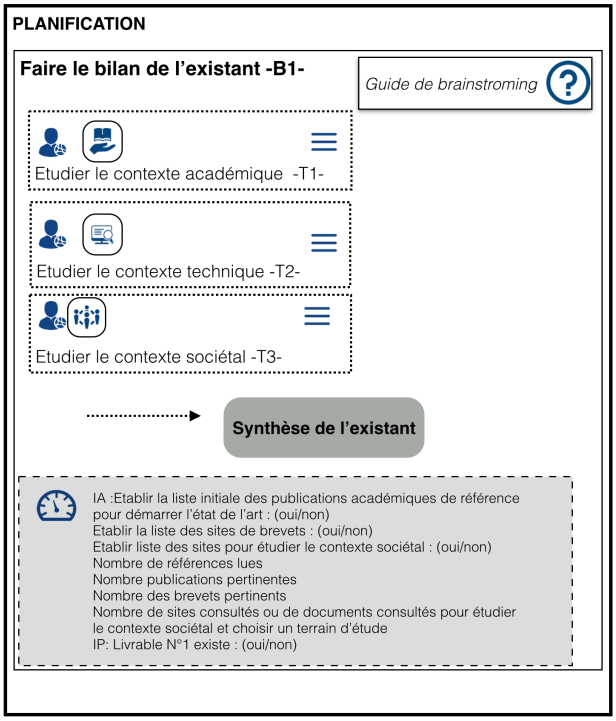


Figure 24 : Formalisation du bloc « Faire le bilan de l'existant » avec le langage conçu pour THEDRE

- ***Bloc N°2 : Concevoir l'instrument à produire par la RICH***

Le bloc n° 2 a pour finalité de construire la question de recherche. Les conclusions du bloc « Bilan de l'existant » sont le point d'entrée. Lors du 1er cycle PDCA (c.-à-d. initiation du travail de recherche), le chercheur propose une première vision de la problématique, de l'outil activable et de la valeur ajoutée de la recherche. Nous parlons ici de vision car il s'agit de la première élaboration de ces trois éléments. Dans les cycles suivants du PDCA, la problématique va évoluer en fonction des résultats du terrain et de l'avancée de la connaissance scientifique (hypothèse n°5 du paradigme) et l'outil activable va être amélioré. Ce bloc a aussi pour finalité d'élaborer les indicateurs d'objectifs (IO) pour contrôler le niveau de progression de la connaissance scientifique et

de l'outil activable. Ce bloc est constitué de six tâches. Il fournit une version améliorée du livrable n°1 et trois autres livrables : le cahier des spécifications de l'outil activable, la première version d'une base pour contacter les utilisateurs et la liste des indicateurs d'objectifs. Le guide brainstorming peut également être mobilisé dans la réalisation des tâches de ce bloc, pour aider la réflexion.

Tâches associées :

Les 5 tâches de ce bloc sont menées en parallèle et leurs résultats contribuent à l'élaboration de l'instrument de recherche et à l'orchestration des expérimentations.

1. **Choisir le terrain d'étude et l'utilisateur qu'il faut impliquer pour construire et évaluer l'instrument.** Ce choix est important car il va servir à évaluer les difficultés d'accès au terrain et de mobilisation des utilisateurs (p.ex., mobiliser des chirurgiens experts pour les observer pendant une opération au bloc opératoire est difficile). La mobilisation du terrain et le recrutement des utilisateurs sont des aspects chronophage du sous-processus d'« Expérimentation ». L'anticipation du recrutement des utilisateurs est cruciale. Dès que le terrain d'étude est choisi, une base de contacts peut être constituée ou un pré-recrutement peut être lancé.
2. **Proposer une version de l'instrument.** Dans le 1er cycle PDCA**,** à partir de la question de recherche, le chercheur imagine une première vision des connaissances scientifiques qu'il va produire et une première vision de l'outil activable. Cette tâche sert à définir la valeur ajoutée apportée par cette recherche comparativement aux travaux précédents. L'explicitation de la valeur ajoutée permet d'avoir une vision partagée des objectifs de la recherche entre les acteurs internes et de bien circonscrire les objectifs expérimentaux. L'instrument sera raffiné tout au long du processus. Dans les cycles PDCA suivants, il s'agira de proposer des améliorations pour l'instrument
3. **Elaborer un ensemble d'indicateurs d'objectifs à atteindre.** Ces indicateurs vont permettre au chercheur de contrôler si la connaissance scientifique et l'outil activable sont suffisamment aboutis et novateurs pour être communiqués**.** Ils sont fixés par le chercheur en relation avec la valeur ajoutée attendue. (p.ex., Dans le cas d'une application, les notes d'utilisabilité mesurées avec le questionnaire SUS [Brooke and others 1996] doivent être supérieures 8/10.). Choisir des indicateurs d'objectifs a priori est un des apports notoires de la méthode THEDRE. Un guide est fourni pour décrire les indicateurs d'objectifs (Tableau 13). Poser la question de ces indicateurs au moment de la construction de la recherche est même un moyen d'enrichir la question de recherche. Nous avons constaté cet apport lors des expérimentations menées pour évaluer la méthode THEDRE.
4. **Proposer des améliorations pour l'outil activable existant** qui est le support à la connaissance scientifique pour interagir avec l'utilisateur. La veille technologique a renseigné le chercheur sur l'existence d'un outil activable. Le chercheur rédige un document qui spécifie à gros grain, les améliorations à apporter à l'outil activable existant. Ou **Proposer un nouvel outil activable, s'il n'en existe pas :** le chercheur rédige un document qui spécifie à gros

grain, au sens de la maitrise d'ouvrage, les fonctionnalités de l'outil activable à créer.

5. **Construire ou raffiner la question de recherche.** Cette tâche peut être menée en répondant aux questions suivantes : Quel est le problème ? Où se produit-il ? Quand se produit-il ? Pourquoi est-il important ? Pourquoi est-il difficile à résoudre ? Quels sont les travaux académiques et techniques existants sur le sujet ? Qu'est ce que qui n'a pas été résolu ? Les réponses à ces questions s'appuient sur des références scientifiques et techniques issues des résultats du bloc n°1. Dans le 1er cycle PDCA, la question est construite, dans les cycles suivants elle est raffinée.

Livrables créés au bloc n°2

Livrable 1. Le livrable 1 initié au bloc n°1 est amendé. 4 éléments sont ajoutés : la problématique, la valeur ajoutée de la recherche, la description de l'instrument de recherche à construire et la description du terrain d'étude

Livrable 2. Les spécifications pour le développement ou l'amélioration de l'outil activable

Livrable 3. La base des contacts potentiels pour les utilisateurs

Livrable 4. Liste et description des indicateurs d'objectif

Indicateurs de traçabilité du bloc N°2 du sous-processus « Planification »:

Nous proposons 9 indicateurs de traçabilité pour ce bloc, respectivement 7 IA et 2 IP. Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Indicateur d'activité (actions faites)	Elaborer la question de recherche (oui/non) Identifier la valeur ajoutée de la recherche (oui/non) Spécifier l'outil activable (oui/non) Créer les indicateurs d'objectifs (oui/non)
Indicateur d'activités (volume)	Nombre de publications lues (actualisation du nb), ou pourcentage Nombres de publications pertinentes (actualisation du nb) Nombre de contacts dans la base des utilisateurs
Indicateur de production	Amélioration du livrable 1 (oui/non)
	Existence des livrables 2, 3 et 4 (oui/non)

Tableau 16 : Liste des indicateurs de traçabilité du Bloc N°2 pour le processus « Planification ».

L'organisation des tâches du bloc n°2

L'élaboration de la question de recherche et le choix du terrain d'étude sont menés en parallèle avec pour objectif de créer une première version de la question de recherche en lien avec un contexte d'étude. Le chercheur élabore une première vision de la connaissance scientifique qui sera construite et spécifie un outil activable qui instanciera cette connaissance. Il pose les indicateurs d'objectifs à atteindre pour suivre les progressions de ces travaux. L'organisation de ces tâches est présentée à la Figure 25.

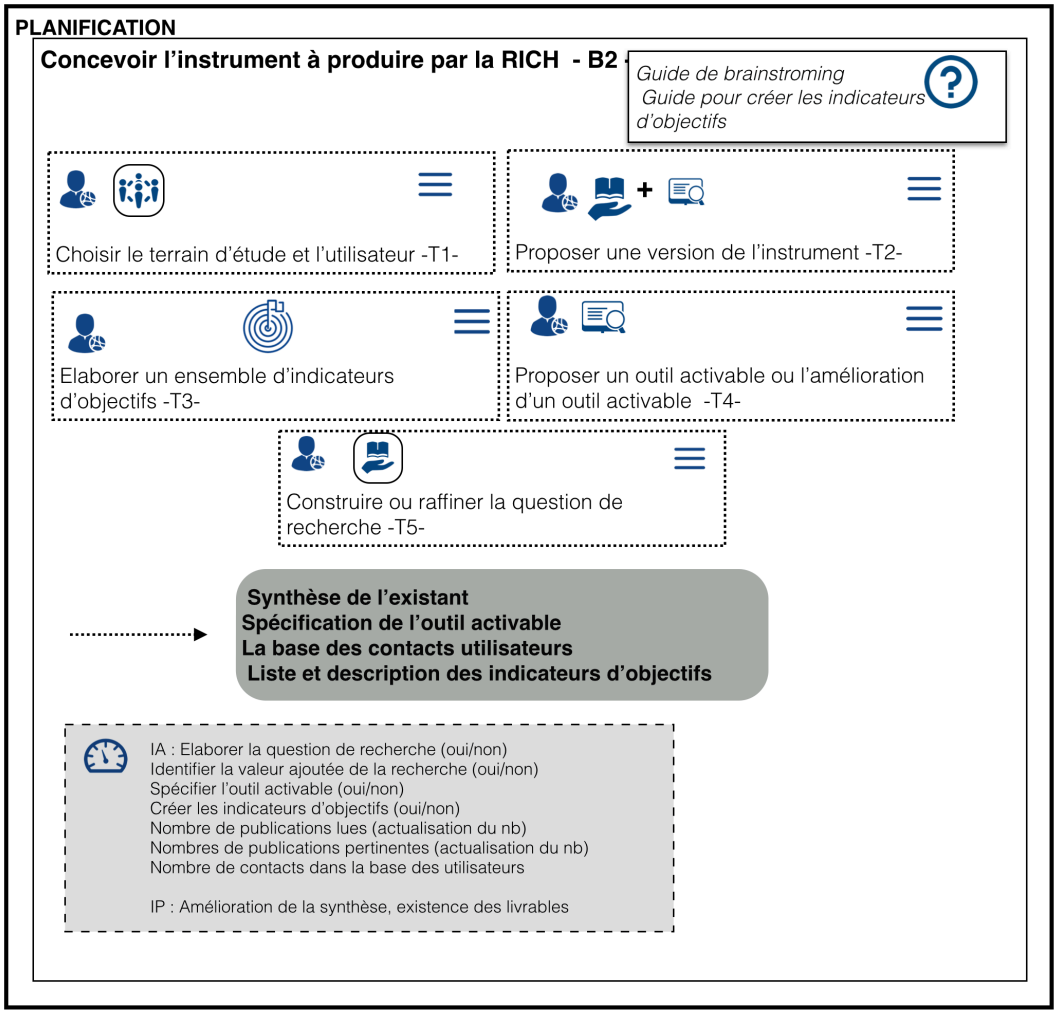


Figure 25 : Formalisation du bloc N°2 « Concevoir l'instrument à produire par la RICH »

- ***Bloc N°3 : Décomposer l'outil activable en composants***

Le livrable N°2 (Spécifications de l'outil activable) réalisé dans le bloc « concevoir l'instrument à produire par la recherche » donne une vision de l'outil activable qui sera l'aboutissement technique de la recherche. A partir de ces spécifications et de la question de recherche le bloc n°3 a pour finalité de décrire l'outil activable et de le décomposer en composants activables. L'objectif est également de repérer le rôle que l'utilisateur va jouer (c.-à-d. aucun, passif, actif) et qu'elle sera sa contribution lors des expérimentations (c.-à-d. Explorer, Co-construire, Evaluer). Ce bloc est constitué de trois tâches ; il fournit deux livrables.

Tâches associées au bloc n°3 :

1. **Préciser l'outil activable final, ses composants et l'état des composants :** le chercheur décrit les fonctionnalités de l'outil activable initial (initial car l'outil activable va évoluer tout au long du processus). Il détermine les composants de l'outil activable, l'état initial de ces composants (n'existe pas, statique, dynamique)

2. **Décrire la contribution de l'utilisateur** pour construire ou évaluer ces composants. Les utilisateurs seront impliqués ou non pour construire ou évaluer les outils. Si ils sont sollicités, ils seront caractérisés comme actifs s'ils peuvent manipuler un outil ou comme passif si ils sont observés dans leur contexte. Ainsi, la contribution de l'utilisateur sera noté avec une des modalités suivantes : aucune contribution, contribution passive, ou contribution active. Le méthodologue est impliqué dans cette tâche.

Pour guider ces deux tâches, nous proposons un guide « **décomposition de l'outil activable** » [26]. Il sert à identifier les différents composants de l'outil activable. Pour chacun des composants, le chercheur indique les fonctionnalités du composant, son état de développement à une date donnée. Pour décrire cet état, nous prenons les trois catégories décrites précédemment : «le composant est dynamique », « le composant est statique » ou « le composant n'existe pas ». Le chercheur indique aussi comment l'utilisateur va contribuer à la construction de ce composant. Est-ce que ce dernier aura un rôle ? Si oui lequel passif ou actif ? Ce guide va suivre la progression des composants, c'est pourquoi en fonction des résultats des expérimentations ce document est mis à jour. Le contenu de ce guide assiste le chercheur pour la création du diagramme d'orchestration. Ce guide est présenté dans le Tableau 17.

Guide « Décomposition de l'outil activable »	
Informations générales sur l'outil activable : Nom de l'outil activable, fonctionnalités et date de la description	
Description des composants : une instanciation par composant et par date	
Nom du composant activable n° xxx	
Rôle de ce composant	Décrire à quoi le composant sert dans l'outil activable
Date et état initial de ce composant	Indiquer la date et si à cette date le composant est statique ou dynamique.
Description précise de l'état du composant	Décrire quelle forme (p.ex., papier, maquette) prend le composant et les actions à faire dessus pour le faire évoluer
Rôle de l'utilisateur	Implication de l'utilisateur dans la construction et l'évaluation de l'objet activable : Aucune (p.ex., test de performance du système, passif, actif)
Contribution de l'utilisateur	Apport de l'utilisateur dans l'expérimentation : pour explorer le terrain d'étude (rôle passif), pour co-construire ou pour évaluer l'instrument (rôle actif).

Tableau 17 : Guide de « Décomposition de l'outil activable »

[26] Contrairement aux autres guides décrits à la page 125, nous décrivons ce diagramme, car il est nécessaire à la compréhension du fonctionnement de la tâche suivante.

3. **Orchestrer les expérimentations :** Après avoir décomposé l'outil activable en composants activables, le chercheur et le méthodologue identifient l'ordre le plus pertinent pour construire et évaluer ces composants avec l'utilisateur. Ce séquençage est nécessaire pour identifier les composants à construire en premier. Par exemple, la description des attributs utilisés dans un métamodèle est à évaluer avant les associations entre ces attributs. Nous proposons l'utilisation d'un diagramme d'Ishikawa pour orchestrer la succession d'expérimentations à mettre en place pour construire et évaluer les composants activables et in fine l'outil activable lui-même (Figure 26). Nous nommons ce diagramme « Orchestration des expérimentations »[27]. Dans le diagramme, d'orchestration, chaque 'Arête' représente un composant et chaque 'Rectangle' contient l'action (principalement les 3 étapes de la DCU) à faire pour construire ou évaluer le composant. Une icône sert à identifier si l'utilisateur contribue ou non à l'action (icône 'cercle de personnes') ou si seul le système technique est utilisé (icône 'engrenage'). Pour chaque composant et contribution attendue de l'utilisateur une expérimentation doit être conçue, sauf, si deux composants peuvent être co-construits ensemble ou si l'observation d'un utilisateur permet d'explorer le terrain pour concevoir plusieurs composants. Par exemple, la terminologie et les fonctionnalités nécessaires à la construction d'une application peuvent être étudiées dans la même expérimentation. A partir des éléments du diagramme d'orchestration, le chercheur identifie si des composants peuvent être construits ou évaluer au cours d'une même expérimentation.

   Nous proposons 4 règles pour aider aux regroupements des actions au sein d'une même expérimentation.

- Pour un composant donné : les trois étapes de la DCU ne peuvent pas être réalisées en même temps (il faut explorer, avant de co-construire et ensuite évaluer)
- Pour un composant dynamique, les évaluation techniques et les tests utilisateurs peuvent être réalisées dans la même expérimentation.
- Une expérimentation peut concerner plusieurs composants, (p.ex., co-construire une terminologie et des fonctionnalités pour une IHM).
- Une expérimentation peut impliquer plusieurs profils d'utilisateurs, en particulier lors des phases de co-construction pour confronter les avis des utilisateurs.

Il faut noter aussi, que dans un premier temps, le diagramme n'est pas rempli de manière exhaustive, il se complétera et s'affinera tout au long du processus de recherche, en fonction des résultats des différents cycles.

[27] Contrairement aux autres guides décrits à partir de la p142, nous décrivons ce diagramme, car il est nécessaire à la compréhension du fonctionnement des blocs suivants.

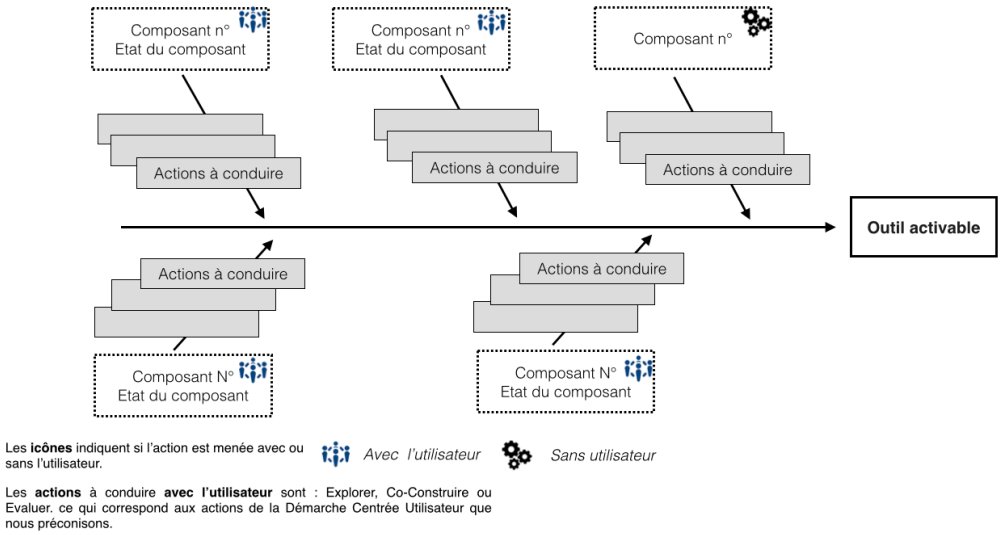


Figure 26 : Diagramme d'orchestration des expérimentations.

Pour comprendre l'utilisation de ces deux guides, nous utilisons l'exemple du modèle DOP8 pour la conception de plateformes de production de données, d'opérateurs et d'analyse de données. Le guide de décomposition présente deux composants de l'outil activable[28]. Il s'agit de deux terminologies, une pour les analystes de données et une seconde pour les développeurs d'opérateurs (Tableau 18). Celle des analystes n'existe pas, l'expérimentation va donc consister à observer et interroger les analystes. Celle des développeurs existe déjà ; il faut l'évaluer et l'actualiser. Le diagramme d'orchestration (Figure 27) indique, à première vue, que 4 expérimentations sont nécessaires pour construire et évaluer ces deux terminologies. Toujours dans cet exemple, des expérimentations seront conduites pour construire et évaluer les fonctionnalités pour les analystes et les développeurs. Lorsqu'une instanciation de l'application existera sous la forme d'un site web, des tests utilisateurs seront menés, ainsi que des tests de performances techniques du site web.

[28] Nous n'avons pas détailler les autres composants : fonctionnalités, système, IHM.

DOP8 : modèle de conception des plateformes de production et d'analyse de données	**Date de la description 19/08/2016**
Nom du composant n°1	Terminologie de l'analyseur de données
Rôle de ce composant	Langage métier de l'analyseur de données
Date et Etat initial de ce composant	19/08/2016 : n'existe pas
Description précise de l'état du composant	A créer
Rôle de l'utilisateur	Passif : observer l'analyseur de données pendant la réalisation d'une des analyses Actif : lui proposer un premier dictionnaire
Contribution de l'utilisateur	Explorer et co-construire
Nom du composant n°2	Terminologie du développeur d'opérateurs
Rôle de ce composant	Langage du développeur
Date et Etat initial de ce composant	19/08/2016 : existe a été défini en 2014 , une version interactive existe
Description précise de l'état du composant	Composant déjà construit, à actualiser.
Rôle de l'utilisateur	Actif : lui proposer le dictionnaire
Contribution de l'utilisateur	Evaluer

Tableau 18 : Exemple d'une fiche « décomposition de l'outil activable » dans le cas de la construction d'un modèle pour concevoir des plateformes de production de données, d'opérateurs et d'analyse de données.

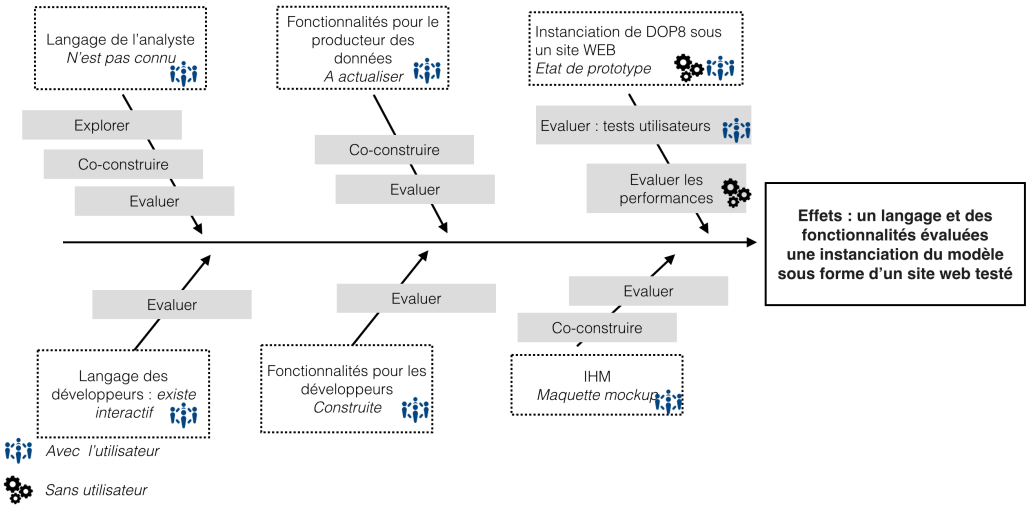


Figure 27 : Exemple de diagramme d'orchestration pour les expérimentations liées au modèle DOP8

Livrables créés au bloc n°3:

Livrable 5. Tableau de « décomposition de l'outil activable »

Livrable 6. Diagramme d'« orchestration des expérimentations » pour organiser le déroulement des expérimentations en fonction des composants.

Indicateurs de traçabilité du processus « Expérimentation bloc n°3 »:

Nous proposons 7 indicateurs de traçabilité pour ce bloc, respectivement 6 IA 1 IP. Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Indicateurs d'activités (Actions faites)	Elaboration du guide de décomposition de l'outil activable (oui/non) Elaboration du diagramme d'orchestration (oui/non)
Indicateurs d'activités (Volumes)	Nombre de publications lues (actualisé)/pourcentage Nombres de publications pertinentes (actualisé) Nombre de composants activables Nombre d'expérimentations à conduire
Indicateur de production	Existence des livrables 5 et 6 (oui/non)

Tableau 19 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc n°3 pour le processus "Planification"

Organisation des tâches du bloc n°3

Les tâches de décomposition de l'objet activable et d'identification du rôle de l'utilisateur sont menées de manière séquentielle ; elles s'enrichissent mutuellement. Elles produisent le tableau de décomposition de l'outil activable. A partir de ce document, la succession des expérimentations est orchestrée ; le diagramme d'orchestration est produit. La Figure 28 présente l'enchainement de ces tâches.

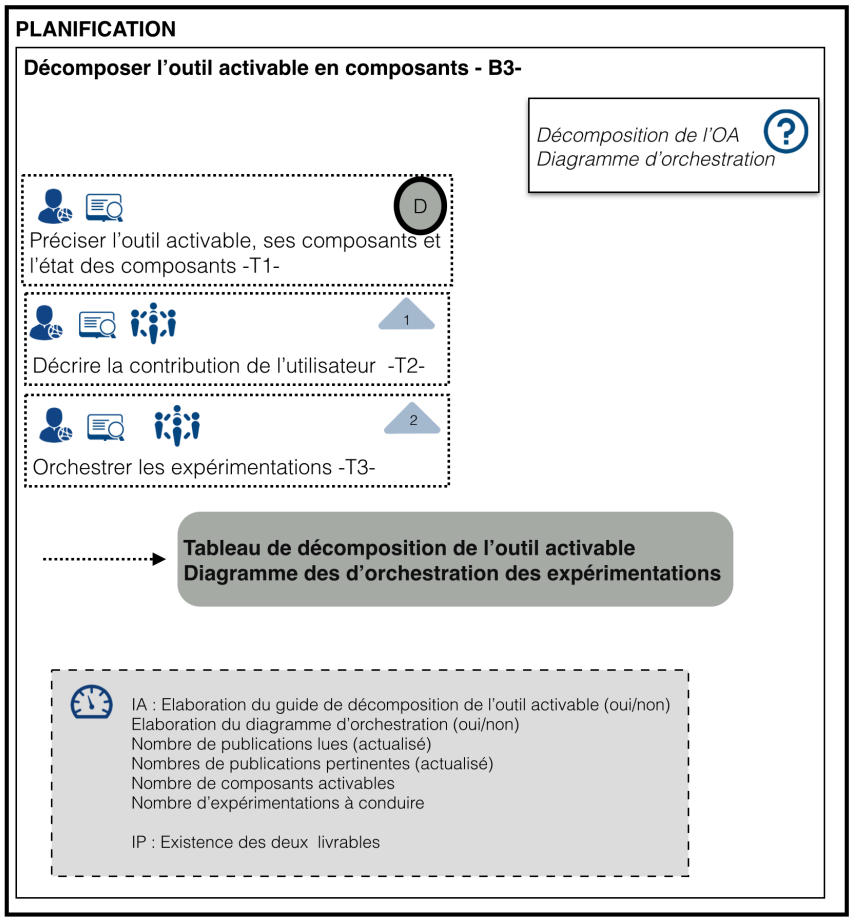


Figure 28 : Formalisation du bloc N°3 « Définir l'outil activable à construire et à évaluer »

- ***Conclusion***

Le sous-processus « Planification» est composé de trois blocs : 1- Bilan de l'existant au niveau académique, technologique et sociétal, 2- Conception de l'instrument de la recherche de la recherche, moment où la question de recherche se construit et où la connaissance scientifique et l'outil activable prennent forme et 3- La définition fine de l'outil activable afin de dimensionner le processus d'expérimentation qui impliquera ou non l'utilisateur. Il permet de produire six livrables qui décrivent la conception de la recherche, l'outil activable associé et les expérimentations prévues pour conduire ce travail de recherche. Pour ce sous-processus, nous avons proposé une liste d'indicateurs d'activités et de production qui peut être complétée ou adaptée en fonction des besoins de la recherche. L'originalité de ce sous-processus est la définition d'indicateur d'objectifs qui est fixé par le chercheur avant de débuter un cycle. Poser des indicateurs d'objectifs est un travail qui est fait de manière plus ou moins implicite par les chercheurs, le réaliser à ce moment du processus offre la possibilité de reformuler et de repréciser les objectifs de la recherche. Lors de travaux conduits avec des doctorants, la définition des indicateurs d'objectifs nous a permis de retravailler les objectifs de la recherche et des expérimentations de la recherche qui avaient, initialement, été mal posés. Nous avons ainsi mieux cerné les besoins en expérimentation.

Nous allons maintenant décrire ce sous-processus d'expérimentation.

5.1.2 Sous-Processus « Expérimentation »

Le sous-processus « Expérimentation » que nous proposons est pluridisciplinaire. Il implique le chercheur, le développeur et le méthodologue au moment de la conception des expérimentations et de l'analyse des données. Dans le cas de la RICH, cette pluridisciplinarité est importante car le méthodologue apporte sa connaissance dans des méthodes des SHS ; connaissance indispensable pour observer et mesurer l'activité humaine. Le développeur apporte son expertise dans la modélisation et le développement de l'outil activable. La pluridisciplinarité de ce processus va contribuer à l'élaboration de l'expérimentation de manière collaborative. Nous utilisons, ici, la définition de [Baker 2002], pour spécifier cette manière de travailler : « interaction coordonnée et symétrique et l'accord entre les collaborateurs ». Ainsi les acteurs internes élaborent ensemble les objectifs expérimentaux ; ils collaborent pour créer le matériel expérimental et les composants activables ; ils sont impliqués dans la production et l'analyse des données.

La finalité du processus « Expérimentation » est de produire et d'analyser des données avec les utilisateurs pour construire et évaluer l'instrument proposé dans le sous-processus « Planification». Les outils d'entrée pour initier le processus « Expérimentation » sont les documents produits par le bloc n°2 : rédaction de la question de recherche et description de la valeur ajoutée de la recherche et ceux produits dans le bloc n°3 : le tableau de description des composants activables et le diagramme d'orchestration des expérimentations.

Ce processus est divisé en 3 blocs : Bloc n°4 Concevoir les expérimentations, Bloc n°5 Créer et tester le matériel expérimental, Bloc n°6 : Produire les données, les analyser et rédiger les résultats.

- ***Bloc n°4 : Concevoir les expérimentations***

A partir du livrable N°1 qui pose la problématique de recherche, du guide de « décomposition de l'outil activable » et du diagramme d'orchestration, le bloc N°4 a pour finalité de produire un protocole expérimental pour chacune des expérimentations et de créer la liste des indicateurs pour contrôler la qualité des données. Il est composé de 8 tâches ; il fournit deux livrables.

Tâches associées au bloc n°4 :

1. **Partager entre les acteurs internes la valeur ajoutée de la recherche** : Le chercheur présente, au développeur et au méthodologue, les objectifs de la recherche, les trois contextes, la valeur ajoutée de cette recherche et l'outil activable dont il dispose ou celui qu'il souhaite développer. Cette tâche va contribuer à ce que les acteurs internes aient une vision partagée du travail à conduire. Ainsi, les acteurs internes savent ce qui est disponible pour élaborer les expérimentations (p.ex., outil activable, composant, terrain d'étude, utilisateur). Cette tâche est cruciale pour que la collaboration entre les acteurs internes soit efficiente. Les livrables n°1 « synthèse de l'existant », n°5 « décomposition de l'outil activable » et n°6 « diagramme d'orchestration des expérimentations » sont des éléments structurants pour améliorer la compréhension entre les acteurs internes et éviter de partir dans des expérimentations inutiles.
2. **Définir les objectifs expérimentaux.** Il s'agit de décrire à quoi vont servir les expérimentations en lien avec la question de recherche initiale. La définition de ces objectifs expérimentaux doit partir de la question de recherche et des composants de l'outil activable à disposition ou à développer. Les acteurs internes collaborent pour définir les objectifs. La collaboration sert à identifier les outils utiles pour la passation des expérimentations et à se répartir les rôles. Par exemple, dans le cas d'une recherche où l'outil activable est un langage pour la conception d'applications mobiles, le chercheur a en charge la rédaction d'un dictionnaire des concepts, de la syntaxe abstraite et de la syntaxe concrète ; le développeur produit une maquette support à ce langage et le méthodologue rédige les outils pour les expérimentations (p.ex., guide d'entretien, guide d'animation).
3. **Rédiger les questions ou hypothèses expérimentales.** Afin de raffiner les objectifs expérimentaux, le chercheur rédige les questions ou les hypothèses auxquelles l'expérimentation doit répondre. Quand le chercheur est dans des étapes d'exploration ou de co-construction d'un composant, il va formuler des questions. Quand le chercheur est dans la phase d'évaluation d'un composant il va poser des hypothèses ; elles sont formulées sous une forme affirmative. Par exemple, lors de recherche pour développer une application mobile pour des seniors lors de leurs activités en montagne, l'objectif expérimental est d'explorer les pratiques des personnes en répondant à la question: quelles sont les activités des seniors qui demandent une application mobile dans des activités de montagne ? Lorsque que cette application est fonctionnelle, le chercheur formule l'hypothèse selon laquelle l'application est utilisable en mobilité par des seniors lors de leur activité de montagne. La rédaction précise

des questions ou des hypothèses permet d'identifier les observations ou les mesures à réaliser lors des expérimentations. Ce travail de rédaction est fondamental.

4. **Identifier les mesures à prendre et les données à produire.** Les questions et les hypothèses vont faire émerger des mesures à prendre auprès des utilisateurs. Elles peuvent être qualitatives (p.ex., pratiques métiers, comportements en classe) ou quantitatives (p.ex.: performance, satisfaction, utilisabilité). Une liste des mesures à effectuer est établie. Les données produites lors des expérimentations sont une instanciation de ces mesures. Dans cette étape, une veille est faite pour identifier les outils de mesures existants dans la littérature. Par exemple, le questionnaire Self-Assement Manikin [Bradley and Lang 1994] qui est une technique d'évaluation picturale non verbale mesure directement le plaisir, le degré d'éveil et le sentiment de domination quand une personne est soumise à ensemble de stimuli émotionnels. Nous l'avons utilisé pour mesurer l'état émotionnel des utilisateurs de portables [Coutrix and Mandran 2012].
5. **Préciser le profil des utilisateurs et leur implication.** Le profil des différents utilisateurs et le rôle qu'ils vont jouer (aucun/passif/actif) dans l'expérimentation sont fixés. Dans cette étape, il faut aussi identifier le nombre d'utilisateurs qui vont être mobilisés. Dans le cas des méthodes quantitatives, il faut indiquer la méthode d'échantillonnage retenue (p.ex.: recensement, méthode par quotas, méthode aléatoire) et dans le cas des tests utilisateurs le plan expérimental adopté (p.ex.: mesures répétées).
6. **Choisir les méthodes de production de données.** En fonction des objectifs de l'expérimentation, du composant et des mesures, les méthodes de production de données sont indiquées. Elles sont décrites avec plusieurs éléments : le type de méthode (qualitative ou quantitative) et la technique de mesures (p.ex., entretien, focus-group, observation). Pour chaque technique, le type de données produites est indiqué (p.ex.: traces, enregistrement audio, vidéo). De même, les méthodes d'analyse de données pressenties sont précisées. Si les méthodes existantes ne sont pas suffisantes pour conduire les expérimentations et recueillir des données pertinentes, le méthodologue peut être amené à créer des méthodes. Nous avons ainsi créé la méthode DISQO, pour inciter des personnes à imaginer des services que l'intelligence ambiante pouvait leur apporter au quotidien dans leur maison [Coutaz et al. 2010]. Pour assister le chercheur dans le choix des méthodes de production, nous proposons un logigramme dans la section «Manuel des bonnes pratiques de conduite de la recherche », page 233. Le logigramme permet d'identifier une ou plusieurs méthodes à utiliser pour prendre des mesures. Il se base sur l'état du composant activable (c.-à-d. est ce que mon utilisateur va pouvoir utiliser ou non un quelconque composant activable ? est-il statique ou dynamique), sur ce que le chercheur connait de l'utilisateur pour modéliser son 'activité', et sur comment l'utilisateur sera impliqué dans la recherche (c.-à-d. explorer, co-construire ou évaluer) et aussi si ce dernier est mobilisé seul ou en groupe. C'est un des guides du bloc n°4.

7. **Intégrer dans les mesures les indicateurs d'objectifs du processus** proposés par le chercheur au bloc n°2 « construire la question de recherche ». Ces mesures sont faites pendant les expérimentations pour servir de critère de décision au chercheur dans le processus « Construction et prise de décision». Par exemple, les mesures d'utilisabilité prévues comme indicateur d'objectif sont intégrées dans le questionnaire final de l'expérimentation.
8. **Déterminer les plages de valeurs possibles des mesures et des données : approche préventive.** Les acteurs internes fixent pour chacune des mesures à prendre leur plage de validité**.** Les mesures sont décrites avec le format et les plages de valeurs qu'elles sont censées prendre (p.ex.: l'âge de l'utilisateur : valeur numérique comprise entre 18 et 60 ans, une interview : bande audio minimum 30 minutes). Cela permet de prévenir la validité ou non des mesures qui seront prises lors de l'expérimentation. Ces indicateurs sont listés dans un tableau avec le formalisme proposé au Tableau 13.

Livrables du bloc n°4 :

Livrable 7. Pour chaque expérimentation, le protocole expérimental qui contient la description des objectifs expérimentaux, la description de l'utilisateur et du rôle qu'il va jouer pendant l'expérimentation, la description des types de méthodes choisies et des outils de mesures. Nous proposons un guide pour rédiger ces protocoles, présenté dans la section « Manuel pratique de conduite de la recherche » p 204.

Livrable 8. La liste des mesures à prendre lors de l'expérimentation, les plages de validité de ces mesures.

Indicateurs de traçabilité du bloc n°4

Nous proposons 4 indicateurs de traçabilité pour ce processus, respectivement 2 IA et 1 IP. Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Indicateurs d'activité (action faites)	Rédiger le ou le(s) protocoles expérimentaux
Indicateur d'activités (volume)	Nombre de rencontres entre les acteurs internes
Indicateur de production	Existence des livrables 7 et 8 (oui/non)

Figure 29 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc n°4 pour le processus "Expérimentation"

L'organisation des tâches du bloc n°4.

Le bloc n°4 est initié avec le tableau de décomposition de l'outil activable et du diagramme d'orchestration. Le processus expérimentation étant pluridisciplinaire, la première tâche est un échange entre les acteurs internes pour avoir une vision commune des objectifs. Ce processus est d'ailleurs suivi avec l'indicateur « nombre de rencontres entre acteurs internes, dans l'objectif de vérifier que ce travail est bien collaboratif. Ensemble, les trois acteurs vont déterminer les différents éléments qui vont contribuer à la rédaction du protocole expérimental. Une représentation synthétique est proposée à la Figure 30.

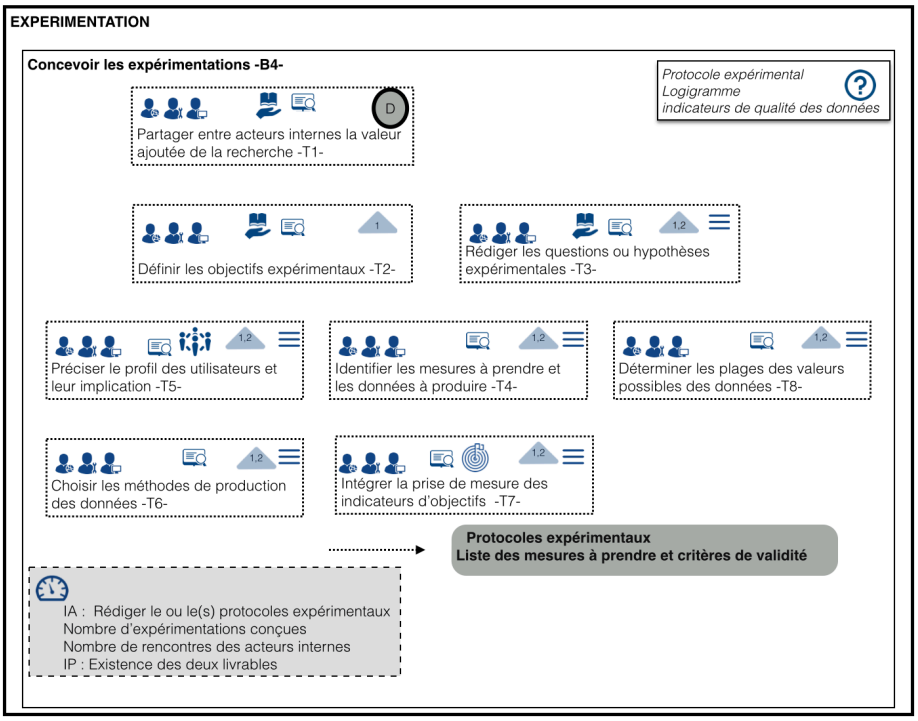


Figure 30 : Formalisation du bloc n°4 « Concevoir des expérimentations »

- ***Bloc n°5 : Créer le matériel expérimental***

A partir des protocoles expérimentaux construits au bloc n°4, les outils nécessaires à la conduite des expérimentations vont être créés. Il s'agit des outils pour la passation des expérience (p.ex., guide d'animation, guide d'entretien, questionnaire), de l'outil activable ou de ses composants. Ce bloc a pour objectif de créer et de tester les outils pour conduire les expérimentations, de créer et de tester les composants de l'outil activable, de s'assurer du respect des règles juridiques et éthiques, de faire les déclarations nécessaires, d'avoir recruter les utilisateurs et de planifier les passations. Il se décompose en 7 tâches ; il produit 5 livrables.

Tâches associées au bloc n°5 :

1. **Créer le guide d'animation.** Il s'agit de créer un document pour accompagner l'expérimentateur. Ce guide contient les différentes activités de l'expérimentation, de la phrase d'introduction à la phrase de conclusion. Il va inclure toutes les activités que l'utilisateur sera amené à réaliser lors de l'expérimentation. Il contribue au bon déroulement de l'expérimentation et assure sa répétabilité. En effet, comme il est entièrement rédigé des expérimentateurs différents peuvent faire des passations de manière quasi identique. Les éléments produits à la fin de chacune des expérimentations sont indiqués. Il peut s'agir de schémas, de films, de traces, de réponses à des questionnaires, etc. Un guide d'animation est proposé dans «Manuel des bonnes pratiques de conduite de la recherche », page 233. Lors de cette tâche le logigramme pour choisir les méthodes peut être nécessaire.
2. **Concevoir les outils pour la passation :** Les outils pour la passation sont de trois types : les **outils de support** pour présenter la proposition (p.ex., une

présentation power point), les **outils de production** (p.ex., guide d'entretien, questionnaire[29]), et les **outils administratifs** (p.ex., informations légales et consentement éclairé). Ces outils sont créés par le méthodologue et validés par le chercheur.

3. **Concevoir les outils pour l'analyse des données :**
   - **Pour les données de type audio et vidéo :** Les données enregistrées de type audio et video sont de type qualitatif. Après la production, elles sont annotées afin d'être analysées avec des outils tels que l'analyse thématique. Une grille d'annotation en lien avec les questions et hypothèses est construite. Pour ce type de données, la retranscription intégrale peut être envisagée.
   - **Pour les données de type quantitatif :** Un plan de traitement des données peut être conçu. Il s'agit de lister les différentes étapes de traitement des données et d'indiquer les méthodes statistiques pressenties pour conduire l'analyse.
4. **Concevoir l'outil activable ou les composants :** L'outil activable ou ses composants sont créés par le développeur. Il peut s'agir de dispositifs statiques (p.ex., dictionnaire des concepts, maquettes en format papier) ou d'un dispositif dynamique (p.ex., prototype avec quelques fonctionnalités ou d'une application). Avant l'expérimentation, ces outils sont validés avec le chercheur.
5. **Déclarer l'expérimentation :** Afin de déclarer les recherches conduites avec des utilisateurs, il est nécessaire de demander un avis à un comité d'éthique pour les **recherches non interventionnelles** [CERNI Grenoble 2016]. Il s'agit des recherches conduites avec des humains sans intervention niveau physique contrairement à des études en médecine dites « interventionnelles ». Si des données **nominatives ou indirectement nominatives** sont recueillies auprès des utilisateurs, il est nécessaire de faire une déclaration auprès de la Commission Nationale Informatique et Liberté (CNIL) [CNIL 2016]. Cette tâche contribue à la rédaction des documents de consentement que les utilisateurs signent avant la passation des expérimentations.
6. **Recruter les utilisateurs et planifier les passations :** Une campagne de recrutement des utilisateurs pressentis pour participer aux expérimentations est lancée. Cette tâche n'est pas à négliger car elle peut s'avérer coûteuse en temps, or elle garantit la qualité des résultats produits. Un planning des passations est réalisé. Cette tâche vient compléter la première base des utilisateurs potentiels initiés au bloc n°2 (Livrable 3).
7. **Réaliser le pilote :** Avec les différents outils conçus pour la passation des expérimentations, un test est réalisé avec une personne n'ayant pas participé à la conception de l'expérimentation**.** A l'issue du pilote, les données produites sont rapidement analysées pour vérifier que les données sont conformes aux plages de validité fixées dans le bloc n°4. En fonction des résultats de la passation, les outils de passation sont améliorés, l'organisation des passations

[29] Nous faisons référence aux ouvrages de [Paille and Mucchielli 2011]et [Creswell 2013] pour la construction des guides d'entretien et celui de [Ray 2001] pour la construction de questionnaires.

est affinée, si besoin, le protocole expérimental et le guide d'animation sont modifiés. A cette occasion, la description de la question de recherche peut être affinée.

Livrables produits au bloc n°5

Livrable 9. Le guide d'animation pour les passations
Livrable 10. Les outils de passation testés et les résultats du pilote
Livrable 11. Les composants activables développés et testés lors du pilote
Livrable 12. Le planning des passations
Livrable 13. Le dossier de dépôt à la CNIL ou au CERNI (si besoin) et les documents de consentement.

Indicateurs de qualité du bloc n°5

Nous proposons 9 indicateurs de traçabilité pour ce processus, respectivement 8 IA et 1 IP (les 5 livrables existent). Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Indicateurs d'activité (actions faites)	Concevoir et tester les outils pour la passation Concevoir et tester les composants ou l'outil activable Déclarer l'expérimentation Recruter les utilisateurs
Indicateur d'activités (volumes)	Nombre d'outils de passation et d'analyses créés Nombre de composants créés Nombre de rencontres des acteurs internes Nombre de personnes recrutées
Indicateur de production	Les livrables suivants existent : Le guide d'animation (oui/non), les outils de passation (oui/non), la version améliorée du protocole (oui/non), la liste des participants et le planning (oui/non), les dépôts à la CNIL et au CERNI (si besoin) (oui/non)

Tableau 20 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc n°5 pour le processus "Expérimentation"

L'organisation des tâches du bloc n°5 :

A partir du protocole d'expérimentation, les six tâches sont menées en parallèle. Cinq tâches sont de la responsabilité du méthodologue : la création du guide d'animation, la conception des outils de passation, la construction des outils d'analyse des données, la déclaration de l'expérimentation et le recrutement des participants. La sixième est de la responsabilité du développeur, il s'agit du développement du ou des composants activables concernés par l'expérimentation. L'ensemble des productions de es tâches sont validées par le chercheur. Ensuite, le pilote de l'expérimentation est réalisé. En fonction des résultats de ce pilote, le protocole d'expérimentation, le guide d'animation, les outils de passation ou le composant sont revus et améliorés. Le diagramme Figure 31 schématise cette organisation.

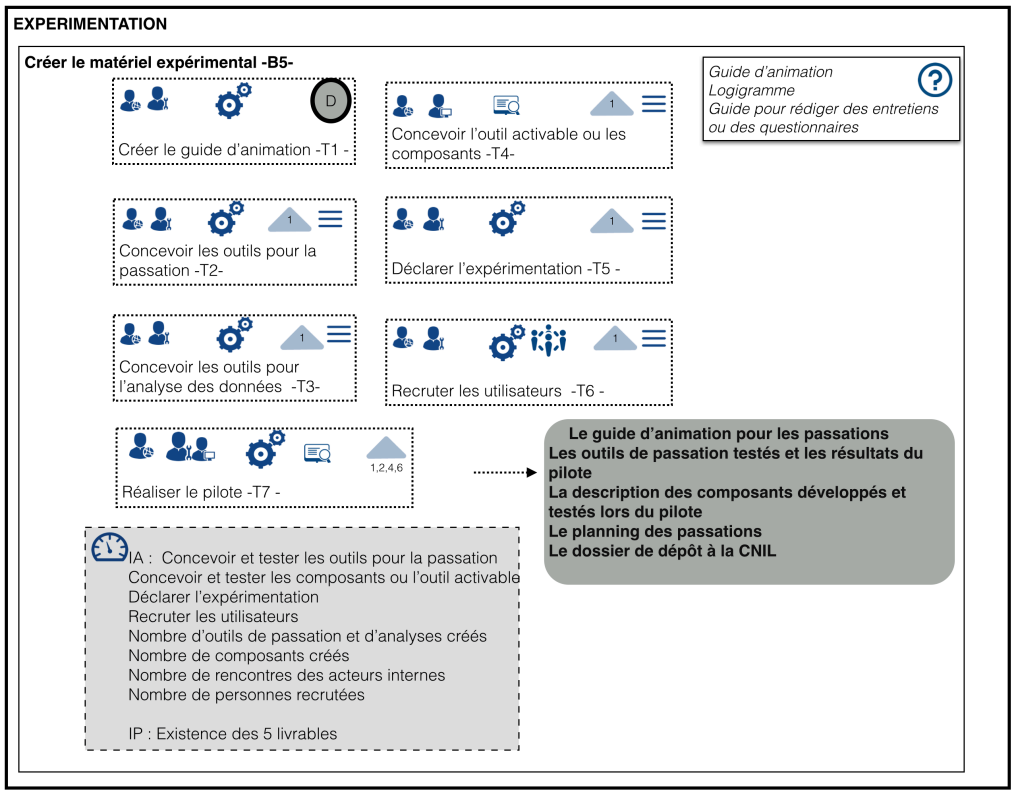


Figure 31 : Formalisation du bloc N°5 « Créer le matériel expérimental »

- ***Bloc N°6 : Produire et analyser les données***

Avec les outils bâtis dans le bloc n°5 « créer le matériel expérimental », le bloc n°6 a pour finalité de produire, valider, enrichir et les analyser les données tout en contrôlant leur qualité. Nous associons toutes ces actions autour de l'analyse des données dans un même bloc car elles sont cohérentes entre elles et portent sur un même objet les données et les métadonnées. Les regrouper permet aussi d'inclure dans le processus les approches diagnostiques et correctives pour le suivi de la qualité des données. Ce bloc comporte 5 tâches ; il produit 3 livrables.

Tâches associées au bloc n°6 :

1. **Réaliser les passations :** Il s'agit de faire réaliser à l'utilisateur les activités prévues dans le guide d'animation afin de produire les données. Les passations se déroulent au laboratoire ou en situation écologique (c.-à-d. sur le terrain). Les outils d'enregistrement et de recueil produisent les données. A la fin des passations, une grille de synthèse est remplie par l'expérimentateur pour identifier les points forts et les points faibles de l'expérience. Elle sert d'une part à faire une première analyse des résultats observés lors de l'expérimentation. Cette analyse faite « à chaud » est un moyen efficace de mémoriser les événements qui se sont produits et elle va contribuer à l'analyse finale. D'autre part, cette analyse sert à évaluer l'expérimentation elle-même dans le processus de « contrôle ». Une proposition de cette grille de synthèse est faite en annexe. Il s'agit du guide de synthèse des expérimentations.

2. **Capitaliser les données :** Au cours de l'expérimentation, les données sont sauvegardées avec des métadonnées afin qu'elles soient réutilisables par le chercheur ou par d'autres personnes. Les documents produits tout au long du processus sont capitalisés avec les données. Cette étape décrit aussi la localisation et l'accès aux données et aux métadonnées. Ce travail de documentation répond aux deux critères de qualité des données : « Facilité d'interprétation » et « Accessibilité » [Di Ruocco et al. 2012].
3. **Valider les données** : Cette tâche correspond à l'approche diagnostique préconisée par [Berti-Equille 2007], il s'agit de contrôler les données produites et de détecter les anomalies. Six critères de [Di Ruocco et al. 2012] vont guider cette validation. (Voir la section 2.4.3 sur les indicateurs de qualité des données). Ces indicateurs de qualité ont également pour objectif de répondre aux critères de valeur et de validité posés par le paradigme épistémologique que nous avons défini à la page 90.
    a. **Pertinence** : vérifier que les données répondent aux besoins d'analyse des chercheurs
    b. **Exactitude** : vérifier que les données produites soient conformes à la réalité du terrain et vérifier que les données sont conformes aux plages de validité fixées dans le bloc n°4.
    c. **Précision temporelle** : pour des expérimentations utilisant des données temporelles, vérifier que le format la date et de l'heure soit suffisamment précis pour conserver la bonne séquentialité des évènements. Le cas échéant, il est nécessaire d'ajouter une variable séquentielle supplémentaire (p.ex., un numéro d'ordre de 1 à n) pour garder une cohérence temporelle.
    d. **Unicité** : vérifier que les données sont uniques, c'est à dire qu'elles ne soient pas présentes dans le fichier en plusieurs exemplaires.
    e. **Cohérence** : vérifier que les données sont cohérentes entre elles. Ce contrôle demande de se poser des questions sur les données produites et d'identifier en quoi elles sont cohérentes ou non. (p.ex., l'âge des enfants doit être inférieur à celui des parents).
    f. **Conformité à une norme** : Si une norme a été choisie pour coder certaines données, vérifier que les données sont conformes à cette norme (p.ex., Norme des Professions et Catégories Sociales (PCS) de l'INSEE).
4. **Corriger et enrichir les données** : Cette tâche est l'approche corrective de [Berti-Equille 2007]. Les données vont être corrigées en fonction des anomalies détectées dans l'approche diagnostique. Elles vont être aussi modifiées et enrichies pour être en lien avec les questions ou hypothèses de recherche (p.ex., Si les utilisateurs ont renseigné leur année de naissance, elle ne peut pas être utilisée directement pour l'analyse. Il faut calculer l'âge des utilisateurs pour étudier si l'âge a un impact sur la bonne utilisation d'un nouvel outil.). Les corrections sont réalisées en ayant pour objectif de valider les 6 critères de qualité des données.
5. **Analyser les données et interpréter les résultats**. Les données étant validées et enrichies, les analyses de données commencent. Tous les types d'analyse

peuvent être réalisées (p.ex., statistiques descriptives, statistiques inférentielles, modélisation, classification, analyse de séries temporelles, visualisations). Les analyses sont faites avec des outils d'analyse de données qui vont produire des scripts ou processus de traitements (R, [De Micheaux et al. 2011] , SPAD[Morineau 1990], SAS[SAS 2016]). Les résultats de ces analyses sont mis en perspective avec les questions ou les hypothèses posées au bloc n°4. Les résultats pertinents sont rédigés.

La validation, la correction et l'enrichissement sont totalement dépendantes l'une de l'autre. De même lors de l'analyse des données, de nouvelles étapes de validation, de correction et d'enrichissement sont parfois nécessaires. Un guide pour aider la capitalisation des données et des scénarios d'analyse est associé à ce bloc.

Livrables du bloc n°6

Livrable 14. Les productions de l'expérimentation, les fichiers de données documentés avec les métadonnées, les fiches de synthèse des expérimentations, les indicateurs de la qualité des données.
Livrable 15. Les programmes ou processus de traitement des données,
Livrable 16. Les résultats de l'expérimentation et les rapports d'analyse.

Indicateurs de qualité du bloc n°6

Nous proposons 8 indicateurs de traçabilité pour ce processus, respectivement 8 IA et 1 IP (les 4 livrables existent). Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Indicateur d'activités (actions faites)	Faire passer les expérimentations et en faire le bilan Produire les données et les décrire par les métadonnées Valider, enrichir, analyser, les données Interpréter les résultats Vérifier la qualité des données : les données ont été qualifiées lors des phases diagnostiques et de correctives avec les 6 critères, le critère d'accessibilité et de facilité d'interprétation a été évalué.
Indicateur d'activités (volume)	Nombre d'expérimentations Nombre de participants effectifs Taille de données recueillies
Indicateur de production	Les livrables suivants existent (oui/non) : Les productions de l'expérimentation, les fiches de synthèse des expérimentations existent Les fichiers de données documentés avec les métadonnées, Les fichiers de données existent : La synthèse des résultats

Tableau 21 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc n°6 pour le processus "Expérimentation"

L'organisation des tâches du bloc N° 6 est présentée à la Figure 32

A partir des outils produits dans le bloc n°5, les passations sont faites avec les utilisateurs. Ces passations produisent l'ensemble des données prévues par le guide d'animation. Tout au long des expérimentations, ces données sont capitalisées. A partir

des fichiers de données brutes, le chercheur et le méthodologue collaborent pour valider et ensuite enrichir ces données. Ces tâches sont conduites de manière itérative. Par exemple, la validation d'une donnée peut entrainer la création d'une nouvelle variable corrigée. De même quand une variable est créé, elle doit être validée. Ces deux tâches sont intiment liées. A partir du fichier des données validées et enrichies, les analyses sont conduites. Pendant cette tâche, des validations et des enrichissements de données peuvent être nécessaires. Cette tâche d'analyse produit les algorithmes de traitements (p.ex., les scripts R), des fichiers de résultats et l'interprétation des résultats faite par le méthodologue avec le chercheur. La Figure 32 schématise cette relation entre les tâches.

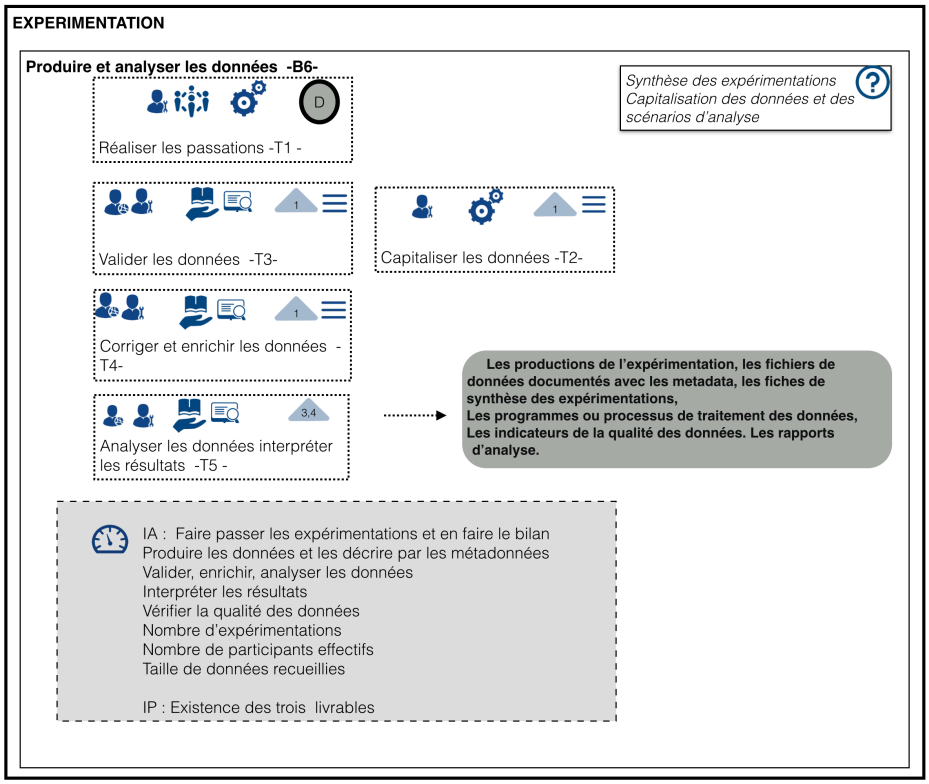


Figure 32 : Formalisation du bloc N°6 « Produire et analyser des données »

- ***Conclusion***

Le sous-processus « expérimentation » permet de concevoir les expérimentations, de développer en collaboration avec le développeur l'outil activable ou les composants activables, de créer les outils nécessaires à la passation de ces expérimentations avec des utilisateurs, de produire des données de terrain et d'analyser ces données. A l'issue de ces trois blocs (4, 5 et 6), les données et les résultats pour une expérimentation sont produits. Le sous-processus suivant est celui qui va contrôler le processus conduit jusqu'à présent et qui va évaluer les expérimentations. Dans la méthode THEDRE, le processus « expérimentation » est largement détaillé puisque il contient au total 19 tâches et qu'il fournit 10 livrables qui permettent de tracer l'activité de recherche de l'élaboration de la question de recherche à l'interprétation des résultats.

5.1.3 Sous-Processus « Contrôle de la production expérimentale »

Le sous-processus « Contrôle de la production expérimentale » est composé d'un seul bloc, ses finalités sont d'évaluer l'expérimentation, de calculer les indicateurs d'objectifs du processus et d'évaluer les manques pour améliorer l'état de l'outil activable. Ce sous-processus est pluridisciplinaire car il concerne le contrôle des expérimentations et l'évolution de l'outil activable. Des rencontres sont initiées par le chercheur avec les autres acteurs internes pour faire le bilan des expérimentations. Il contient un seul bloc « Contrôler la production expérimentale».

Tâches associées au bloc n°7 :

1. **Contrôler que l'ensemble des livrables existe**. Ce contrôle est ici très sommaire puisque à l'entrée et à la sortie des autres blocs les indicateurs de pilotage et de résultats ont permis de vérifier que en entrée les livrables sont disponibles ou en sortie qu'ils ont été produits.
2. **Evaluer l'expérimentation**. Une analyse est conduite pour connaître les points forts, les limites et les biais de ces expérimentations et pour proposer des améliorations. Les fiches de synthèses sur les passations et les indicateurs sur la qualité des données sont utilisées pour faire cette évaluation. Cette tâche contribue, en partie, à la rédaction des limites et des perspectives du document final de la recherche (p.ex., thèse, article).
3. **Contrôler les indicateurs d'objectifs.** A partir des données recueillies et du livrable N°5 « indicateurs d'objectifs du processus », le chercheur évalue les indicateurs d'objectifs et estiment s'ils sont conformes à ses attentes ou non (p.ex., Dans le cas d'une application, les notes d'utilisabilité mesurées avec le questionnaire SUS [Brooke and others 1996] doivent être supérieures 8/10. Lors de l'expérimentation, la moyenne des notes d'utilisabilité de l'application, calculée sur la base de 20 utilisateurs, est égale à 7. Alors que le chercheur attendait une note supérieure à 8/10. L'objectif n'est donc pas atteint).

Livrables du bloc n°7

Livrable 17. Le document sur les limites de l'expérimentation et les perspectives

Livrable 5. Liste des indicateurs d'objectifs complétée avec les valeurs obtenues à l'issue de l'expérimentation

Indicateurs de qualité du bloc n°7

Nous proposons 5 indicateurs de traçabilité pour ce processus, respectivement 4 IA, 1 IP (2 livrables existent). Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 22).

Indicateurs d'activités (actions faites)	Contrôler l'existence de tous les livrables Evaluer l'expérimentation Calculer les valeurs des indicateurs d'objectifs
Indicateur d'activités (volume)	Nombre de rencontres entre les acteurs internes
Indicateur de production	Le livrable document de synthèse sur l'expérimentation existe et celui sur les indicateurs d'objectifs a été actualisé.

Tableau 22 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc n°7 pour le processus "Contrôle"

L'organisation des tâches du bloc N°7 est présentée à la Figure 33. Le contrôle des livrables doit être fait avant d'évaluer les expérimentations et de contrôler les indicateurs d'objectifs. Ces deux dernières tâches pouvant être menées en parallèle.

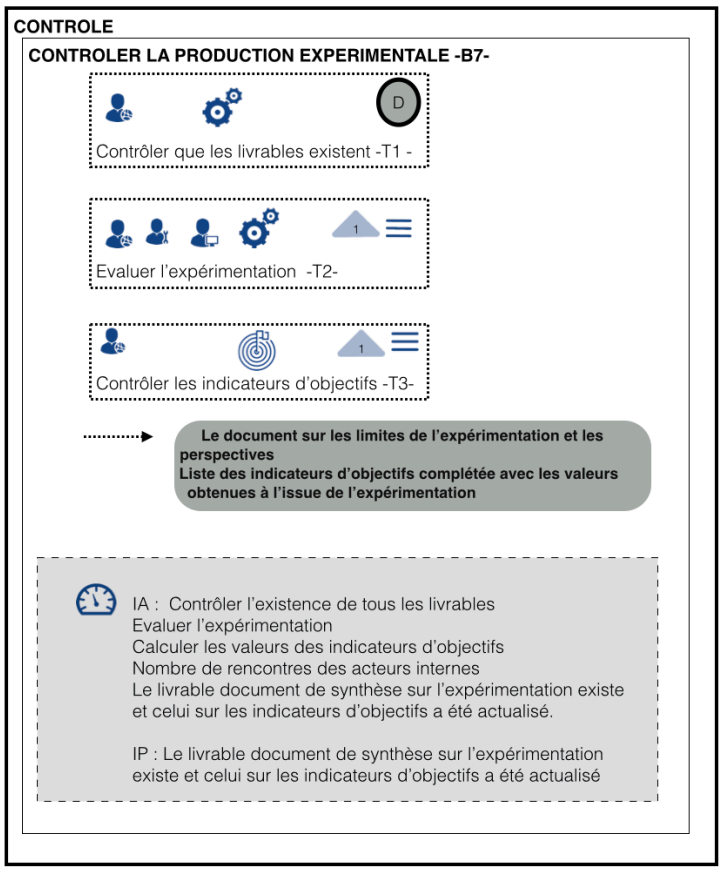


Figure 33 : Formalisation du bloc n°7 : « Contrôler la production expérimentale »

- ***Conclusion***

Le sous-processus de contrôle sert à valider que les sous-processus « Planification » et « Expérimentation » ont produit les éléments nécessaires à la conduite d'une recherche avec la méthode THEDRE. Il sert également à qualifier les résultats produits par l'expérimentation et à calculer les indicateurs d'objectifs à partir des données expérimentales. Ce sous-processus de contrôle avec des indicateurs d'objectifs fixés a

priori dans le sous-processus « Planification » par le chercheur est une des originalités de la méthode THEDRE.

5.1.4 Sous-Processus « Construction et prise de décision»

Les informations fournies par le sous-processus « Contrôle » doivent être analysées par le chercheur pour prendre la décision de relancer ou non le sous-processus « Planification ». Il s'agit du bloc « Construction et prise de décision ». Il est composé de deux blocs, sa finalité est de construire la connaissance scientifique en identifiant les apports par l'expérimentation et de prendre la décision de relancer un cycle ou non. Ce processus est de la responsabilité du chercheur. Il est constitué deux blocs : le bloc n° 8 construit la connaissance scientifique avec les résultats expérimentaux, le bloc n°9 est le temps de la prise de décision.

- ***Bloc N°8 : Construire la connaissance scientifique***

Le bloc N° 8 est le moment du sous-processus où le chercheur va interpréter les résultats des expérimentations en les mettant en perspective avec la question de recherche initiale et formaliser la connaissance scientifique pour la publier.

Tâches associées au bloc n°8 :

1. **Identifier les apports de l'expérimentation pour le composant ou l'outil activable**. A partir de la synthèse des résultats, du bilan expérimental le chercheur rédige un document qui va décrire les apports de l'expérimentation pour le composant concerné, pour l'outil activable et pour la connaissance scientifique.
2. **Repositionner la question de recherche par rapport aux contextes académique et technique.** Le chercheur procède à une nouvelle veille académique et technique pour confronter ces résultats. Ce nouvel ancrage dans les contextes académique et technique garantit la pertinence des résultats des expérimentations par rapport à de nouveaux résultats académiques ou techniques qui ont pu être publiés pendant la durée des expérimentations. Ce travail de repositionnement par rapport à l'état de l'art est aussi une période de construction des perspectives des travaux.
3. **Formaliser la connaissance scientifique.** C'est le temps de la construction de la connaissance. Cette tâche va mettre en exergue l'évolution de l'outil activable (p.ex., A l'issue de l'expérimentation, le dictionnaire des concepts est validé par les utilisateurs ou l'observation des utilisateurs a permis de construire la 1ère version du dictionnaire des concepts). A partir des résultats sur l'outil activable ou ses composants, le chercheur peut faire évoluer l'état de la connaissance scientifique visée par sa question de recherche.

Livrables du bloc n°8

Livrable 18. Les avancées de la connaissance scientifique

Indicateurs de qualité du bloc n°8

Nous proposons 4 indicateurs de traçabilité pour ce processus, respectivement 3 IA et 1 IP. Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 23).

Indicateur d'activités (actions faites)	Construire la connaissance scientifique
Indicateur d'activités (volume)	Nombre de nouvelles références académiques parues (veille académique) Nombre de nouveaux outils existants (veille technique)
Indicateur de production	Le livrable : synthèse des résultats et avancées de la recherche existe

Tableau 23 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc n°8 pour le processus "Construction et prise de décision »

L'organisation des tâches du bloc N° 8 est présentée à la Figure 34. Les tâches n°2 et n°3 dépendent de la tâche 1. Ensuite elles peuvent être menées en parallèle.

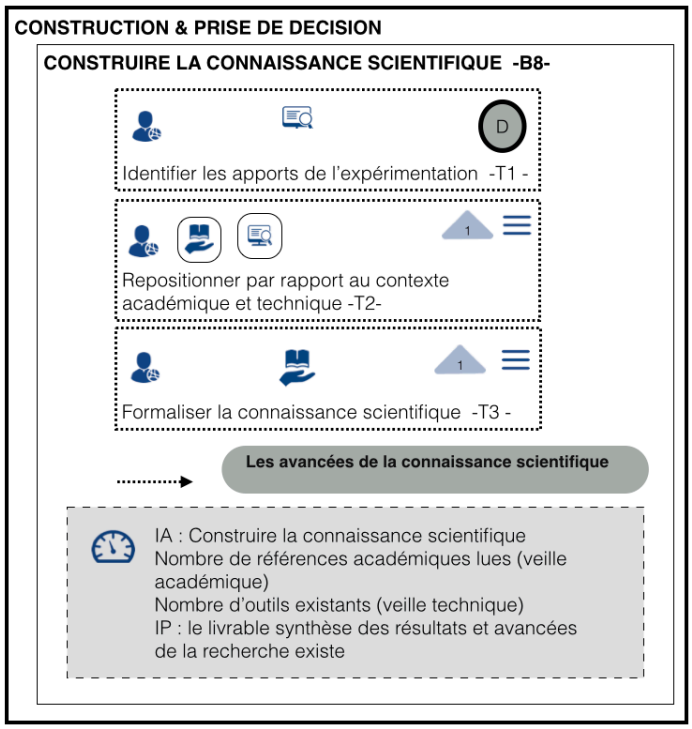


Figure 34 : Formalisme du bloc n°8 : « Construire la connaissance scientifique »

- ***Conclusion***

Le bloc N°8 est celui dans lequel la connaissance scientifique est construite à partir des résultats de expérimentations. L'expertise du chercheur va lui permettre d'identifier de manière subjective les apports de l'expérimentation et les biais expérimentaux

- ***Bloc N°9 : Choisir de communiquer ou d'approfondir***

Le bloc N°9 est le moment de la prise de décision. Par rapport aux avancées de la connaissance scientifique identifiées dans le bloc n°8, le chercheur va prendre la décision de relancer un cycle par le sous-processus de planification ou de communiquer tous les résultats ou une partie d'entre eux.

1. **Prendre la décision de poursuivre le processus.** Avec le travail effectué lors de la tâche précédente, le chercheur choisit de relancer un cycle THEDRE ou de rédiger les résultats pour communiquer dans un des trois contextes académique, technique ou sociétal.

Livrables du bloc n°9

Livrable 19. Relevé des décisions au vu des résultats produits par le bloc n°8. et éléments à communiquer pour quels contextes.

Livrable 1. Repositionnement et affinement de la question de recherche (si besoin)

Indicateurs de qualité du bloc n°9

Nous proposons 2 indicateurs de traçabilité pour ce processus, respectivement 1 IA et 1 IP. Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Indicateur d'activités (actions faites)	Prendre la décision de relancer ou non les expériences et si besoin modifier la question de recherche
Indicateur de production	Le livrable : synthèse des résultats et avancées de la recherche existe, le livrable N°1 a été amendé.

Tableau 24 : Liste des indicateurs de traçabilité du bloc n°9 pour le processus "Construction et prise de décision"

L'organisation des tâches du bloc N° 9 est présentée dans la Figure 35.

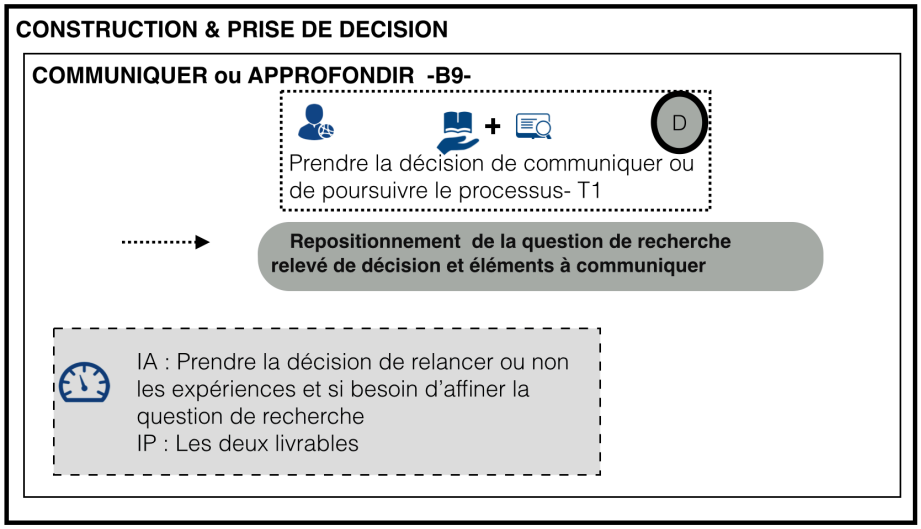


Figure 35 : Formalisation du bloc n°9 « Communiquer ou approfondir »

- ***Conclusion***

Le sous-processus de « Construction et de prise de décision » sert à analyser l'expérimentation dans son ensemble, à évaluer la progression de l'outil activable et in fine à construire et mesurer l'évolution de la connaissance scientifique. Au regard des nouvelles avancées dans le domaine et des résultats produits par ses propres

expérimentations, le chercheur prend la décision ou non de relancer le cycle THEDRE ou de communiquer les résultats.

Dans les sections précédentes, nous avons détaillé la méthode THEDRE. Pour chacun des sous-processus, nous les avons découpé en blocs, nous avons proposé une liste de tâches, des indicateurs de traçabilité du processus et des indicateurs de qualité des données. Nous avons qualifié notre modèle de processus avec les critères de PROMOTE pour identifier s'il répondait aux critères majeurs de conduite de la RICH. Lors cette présentation plusieurs outils ont été cités. Dans notre contribution, ils font partie intégrante de la traçabilité d'une conduite de la recherche avec la méthode THEDRE. Nous allons les décrire dans la section suivante.

5.2 Manuel des bonnes pratiques de conduite de la recherche pour THEDRE

Dans la description de la méthode THEDRE, nous avons proposé plusieurs guides pour d'une part faciliter un travail collaboratif pluridisciplinaire entre chercheur, méthodologue et développeur et d'autre part assister les chercheurs dans leur travail de recherche. Nous avons regroupé ces outils sous la forme d'un manuel des bonnes pratiques. La finalité de ces guides est d'assister la construction et le suivi du processus car ils assistent la rédaction des livrables de chacun des blocs. Ce manuel contient également un guide élaboré sous la forme d'un logigramme d'aide à la décision pour le choix des méthodes de production et d'analyse des données. Les guides que nous proposons sont en lien avec les différents blocs du modèle THEDRE. Nous présentons dans le Tableau 25 l'ensemble des guides en fonction des blocs dans lesquels ils sont créés et utilisés. Le manuel est présenté dans sa globalité en annexe. Dans le chapitre précédent, nous avons décrit trois de ces guides : 1- pour décrire les indicateurs d'activité, de résultats, d'objectifs et de qualité des données (Tableau 13), 2- pour assister la décomposition de l'outil activable Tableau 17 et 3- pour orchestrer les expérimentations **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**. Dans la section suivante, nous présentons six utres guides importants pour assister la construction et la traçabilité de ce travail pluridisciplinaire en recherche. Dans une deuxième section, nous exposerons le logigramme que nous avons élaboré pour le choix des méthodes de production des données.

Place des outils dans le processus	Outils
Bloc n°1 : faire le bilan de l'existant	Guide « Brainstorming »
Bloc n°2 : construire la question de recherche	Guide « Brainstorming » Guide « Description des indicateurs d'objectifs »
Bloc n°3 « Définir l'outil activable »	Guide « Décomposition de l'outil activable » Guide « Diagramme d'orchestration
Bloc n°4 « Concevoir les expérimentations	Guide « Logigramme pour assister le choix des méthodes de production des données » Guide « Protocole d'expérimentation » Guide « Description des indicateurs de qualité des données »

Bloc n°5 « Créer le matériel expérimental »	Guide « Animation des passations » Guide « Logigramme pour assister le choix des méthodes de production des données » Guide « rédaction de guides d'entretiens ou de questionnaires»
Bloc n°6 « Produire et analyser les données	Guide « Synthèse des expérimentations Guide « Capitaliser les données et les scénarios analyses »

Tableau 25 : Liste des guides et des modèles de documents de traçabilité du processus répartis par bloc

5.2.1 Description des guides pour conduire une recherche avec THEDRE

Nous décrirons le guide de brainstorming, le guide pour la rédaction du protocole et le guide d'animation des passations ; ce sont des documents clés car ils contiennent les objectifs de la recherche, les objectifs des expérimentations, la description des données à recueillir, le profil des utilisateurs et le déroulement des expérimentations. Nous présentons aussi le guide pour évaluer les expérimentations et le guide pour capitaliser les données et les processus d'analyse réalisés pour répondre aux questions de recherche.

- ***Guide de « Brainstorming»***

Nous nommons ce premier guide « Brainstorming » car à partir de l'existant il va aider le chercheur à initier le travail de recherche. Ce guide propose au chercheur de répondre de à des questions qui sont des pistes de réflexions. Il contient, entre autres, les 6 questions de l'outil de management par la qualité QQOQCP [Ruževičius 2012] (Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?). Ce guide est principalement utilisé dans le bloc n°1 « faire le bilan de l'existant » et dans le bloc n°2 « initier la question de recherche ». Il sert à construire le livrable 1 qui contient la synthèse de l'état de l'art, la formalisation de la question de recherche et la description de l'outil activable dans sa version initiale. Ce guide peut régulièrement être utilisé tout au long du processus pour affiner la question de recherche. Avant tout, c'est un outil d'aide à la réflexion, dans le sens où des questions sont formulées et le chercheur y répond. Cette liste de questions sert aussi à ne pas oublier des tâches importantes pour initier un processus de recherche (p.ex., la veille technologique ou sociétale). Il est constitué d'une première colonne dans laquelle des questions sont posées et d'une seconde colonne qui aide le chercheur dans sa réponse. Le chercheur rédige alors la réponse aux questions. Ce guide sert également lors des échanges entre les acteurs internes pour bien cerner la question de recherche et circonscrire les besoins en expérimentations. Ce guide est formalisé dans le Tableau 26.

Guide de « Brainstorming »	
QUESTIONS A SE POSER	**AIDES POUR LA REPONSE**
Quel est le problème ?	Rédiger quelques phrases pour présenter le problème de la thèse à une personne étrangère à votre domaine
Dans quels contextes se pose le problème ? quand ? où ?	Lister les moments et les contextes où le problème se pose
D'où émane la demande ?	Lister les personnes, les institutions, les entreprises qui posent la question.
Qui est concerné par le problème ?	Lister les personnes ou les institutions où le problème se pose

Comment pouvez vous résoudre le problème ?	Lister les premières pistes pour résoudre le problème
Pourquoi est-il important de résoudre ce problème au niveau académique ?	Lister les raisons académiques, techniques de résoudre ce problème
QUESTIONS A SE POSER	**AIDES POUR LA REPONSE**
Quel est l'intérêt de répondre à ce problème par rapport aux attentes de la société ?	Rédiger les raisons pour lesquelles il est important de résoudre ce problème pour la société au niveau économique, social, politique, et financier.
Quels sont les auteurs ou références bibliographiques à utiliser ?	Lister les auteurs et références qui vont servir à initier la recherche
Qu'est ce qui a été fait dans le domaine académique pour résoudre le problème ?	Rédiger une première synthèse sur les premières références bibliographiques lues
Quelles sont les méthodologies présentes dans les publications ? Comment la construction et l'évaluation ont été réalisées ?	Lister les méthodes et les références associées qui ont été présentées dans les références bibliographiques.
Quelles sont les avancées technologiques sur le sujet ?	Lister les outils activables qui existent déjà pour répondre à ce problème (INPI : base de brevets, APP)
Qu'est ce qui a été fait dans le domaine technique pour résoudre le problème ?	Rédiger une première synthèse sur les avancées technologiques
Par rapport au problème posé, quels sont les manques ? Que reste-t-il à résoudre ?	Rédiger ce qui de votre point de vue est manquant et qu'il faut résoudre.
A quoi ces résultats vont-ils servir ? et à qui ?	Décrire les finalités objectives des résultats de la recherche
Quelle valeur ajoutée allez vous apporter ?	Rédiger ce que votre recherche ajoutera à la connaissance scientifique actuelle.

Tableau 26 : Guide « Brainstorming » : Questions et aides pour la réponse

- ***Guide pour la rédaction du « Protocole d'expérimental »***

Pour chaque expérimentation, un protocole expérimental est construit ; il garantit la traçabilité du travail expérimental qui sera conduit. Le document produit est ensuite utilisé pour rédiger les aspects méthodologiques des documents de recherche (p.ex., thèse, article). Il contient la description des objectifs expérimentaux, la description de l'utilisateur et du rôle qu'il va jouer pendant l'expérimentation, la description des types de méthodes choisies, des outils de mesures et les données produites. Il est construit dans le bloc n°4 « concevoir les expérimentations ». Dans ce guide, les objectifs expérimentaux doivent être largement décrits de manière précise. Ce travail de description est essentiel pour élaborer une expérimentation pertinente et pour partager une vision commune entre les acteurs internes sur le matériel expérimental à concevoir pour la suite du processus. La construction de ce document est itérative ; le contenu est modifié à la fin du pilote de l'expérimentation. Ce guide est présenté dans le Tableau 27 ci-dessous.

Catégorie	Eléments à renseigner	Description de l'élément
Suivi du document	Date de création :	Date à laquelle le document est créé
	Dates de modification	Dates des modifications successives du documents
	auteur(s) du document	Acteurs internes : Nom et rôle
Objectifs	Nom de l'expérimentation	Donner un nom à l'expérimentation
	Objectif de l'expérimentation	Décrire à quoi cette expérimentation va servir
	Questions ou hypothèses :	Indiquer les questions et les hypothèses qui devront trouver des éléments de réponses lors de cette expérimentation
Outils et composants activables	Liste des composants à construire ou à évaluer :	Lister les différents composants de l'outil activables qui vont être construits ou évaluer lors de l'expérimentation.
	Etat des composants	Indiquer l'état des composants et comment l'utilisateur peut les utiliser lors de l'expérimentation (p.ex., statique, dynamique, non manipulable)
Production des données	Méthodes de production :	Indiquer le type de méthode choisie (qualitatives, quantitative ou mixtes). Préciser les méthodes de production utilisées (p.ex., questionnaire, tests utilisateurs, construction de maquettes)
	Matériel technique	Indiquer le matériel technique nécessaire à avoir pour la capture des données (p.ex., caméra, enregistreur)
	Matériel expérimental	Lister le matériel expérimental à construire pour réaliser l'expérimentation (p.ex., présentation, questionnaire)
	Matériel et données produites	Indiquer tout le matériel et les données produits lors de cette passation (schéma, audio, traces)
Utilisateurs	Nombre d'utilisateurs :	Indiquer le nombre d'utilisateurs prévus pour cette passation.
	Profil des utilisateurs :	Indiquer qui sont les utilisateurs qui vont être mobilisés et pourquoi
	Lieu de passation	Indiquer le lieu où la passation aura lieu (p.ex., in lab, in situ)
	Recrutement	Indiquer comment le recrutement des utilisateurs est fait
	Mode passation	Indiquer si les utilisateurs sont consultés seuls ou en groupe
	Ethique et déontologie	Indiquer les démarches auprès de la CNIL ou d'un comité d'éthique pour déclarer l'expérimentation
Planning	Planning	Indiquer à gros grain les étapes de l'expérimentation. (un planning précis des jours et dates des passations est aussi établi).
Analyse des données	Outils de codage	Lister les outils nécessaires pour coder les données (p.ex., grille d'annotation)
	Méthodes et outils d'analyse de données	Lister les outils et méthodes d'analyse pressentis pour analyser les données. Préciser le plan de traitement prévisionnel

Tableau 27 : Description du guide pour la rédaction du le protocole expérimental

- ***Guide pour la rédaction du « Guide d'animation des passations»***

Le guide d'animation sert à l'expérimentateur pour suivre la passation de l'expérimentation (Tableau 28). Il est créé dans le bloc n° 5 « Créer le matériel expérimental ». Disposer de ce guide contribue à la qualité de la passation. En effet, si plusieurs passations de ce type sont faites, elles sont toujours réalisées de la même manière. Si les résultats ne sont pas répétables avec des expérimentations faites avec des utilisateurs, le guide d'animation permet cependant de garantir la répétabilité de la prise de mesure lors des passations. A ce titre, l'indicateur de traçabilité « présence du guide d'animation » est proposé au bloc N°5. Aussi, d'autres expérimentateurs pourront refaire les mêmes passations avec le même matériel expérimental. Ainsi, dans le cas de focus-groups pour co-construire un dictionnaire des concepts, la présence du guide d'animation va permettre de refaire cette passation avec plusieurs groupes dans des conditions analogues à chaque fois.

Le guide d'animation est constitué de deux parties :

1- **Caractéristiques générales de l'expérimentation** : Ces informations sont dans le document à titre de rappel, elles sont détaillées de manière précise dans le protocole expérimental. Ce rappel permet avant chaque passation de se remémorer le contexte de l'expérimentation. Ce rappel est important pour des expérimentations où les expérimentateurs n'ont pas participé à l'élaboration du protocole.

2- **Description des étapes de la passation :** La passation est divisée en étapes. Les étapes sont décrites avec les objectifs de l'étape, les activités qui sont faites, par quel(s) acteur(s), le matériel expérimental nécessaire à la passation. éléments (composants et questions/hypothèses). Le composant à construire ou à évaluer est indiqué avec son état de développement (p.ex., le composant est dynamique). La personne en charge de sa réalisation est signifiée. Enfin, la durée, l'heure de début, l'heure de fin, cumul de durées sont donnés à titre indicatif. Ces indications, même approximatives, servent à dimensionner le temps nécessaire à la passation et éviter des passations trop longues. Ce découpage en étapes contribue à identifier sans ambiguïté les questions ou hypothèses qui sont abordées et les composants concernés par la passation Nous prenons comme exemple, la passation d'un focus-group. Il commence par une introduction faite par le chercheur pour expliquer l'objectif de la passation. C'est la première étape. La seconde étape est un brainstorming silencieux[30] pour récolter des idées avant de lancer une discussion entre les participants.

[30] A partir d'une question, les participants notent sur des post-it les idées qu'ils ont pour répondre à la question. Pour éviter les influences entre les participants dans un premier temps la rédaction des post-its se fait en silence.

Informations générales sur l'expérimentation	
Dates :	Date à laquelle le document est créé et/ou modifié
Nom de l'expérimentation	Utiliser le nom indiqué dans le protocole expérimental
Objectifs de la passation :	Décrire à quoi cette passation va servir
Questions ou hypothèses :	Indiquer les questions et les hypothèses qui devront trouver des éléments de réponses lors de cette passation
Liste des composants à construire ou à évaluer :	Lister les différents composants de l'outil activables qui vont être construits ou évalués par cette passation
Méthodes de passation :	Indiquer ici les méthodes de production utilisées (p.ex., questionnaire, tests utilisateurs, construction de maquettes)
Nombre de participants :	Indiquer le nombre de participants prévus pour cette passation
Profil des participants :	Indiquer qui sont les utilisateurs qui vont être mobilisés et pourquoi
Matériel et données produites	**Indiquer tout le matériel et les données produits lors de cette passation (schéma, audio, traces)**
Description des étapes de la passation	
No d'étape	Indiquer un numéro d'étape
Objectif de l'étape	Décrire les objectifs de l'étape. Pour les étapes qui concernent les composants, utiliser les trois verbes d'action de la démarche centrée utilisateur (explorer, co-construire, évaluer)
Hypothèses et questions en lien avec cette étape	Indiquer les questions ou les hypothèses expérimentales abordées dans cette étape. Ces questions et hypothèses correspondent à celles posées dans le protocole expérimental.
Activités réalisées	Lister activités faites pendant cette étape. (p.ex., présentation du modèle, tests utilisateur, lecture du dictionnaire)
Acteurs	Chercheur/Méthodologue/Développeur/Utilisateur/
Responsables de la passation	Nom de la personne en charge de faire la passation de cette étape
Composant(s) activable(s)	Indiquer le(s) composant(s) activable(s) concernés par l'étape. Les composants indiqués font partie de la liste bloc N°3.
Format du composant	Indiquer l'état d'avancement de(s) composants et dans quelle forme il va être utiliser par les participants (dynamique/statique/ non manipulable)
Responsables du (des) composant(s)	Noms des personnes en charge de faire le(s) composant(s)
Matériel expérimental	Lister la liste des matériels expérimentaux nécessaires à cette étape (p.ex., guide d'entretien, d'annotation).Indiquer le rôle de ces documents (présentation, recueil).
Responsable du matériel expérimental	Noms des personnes en charge de faire le(s) matériels expérimentaux
Durée (mn) prévue	Indiquer une durée approximative de l'activité
Heure début	L'heure de début de l'étape
Heure fin	L'heure de fin de l'étape
Durée cumulée prévue (hh:mm)	Cumul de la durée des activités

Tableau 28 : Description des éléments qui constituent le guide d'animation.

- ***Guide « Synthèse des expérimentations»***

Ce guide est utilisé pendant le déroulement du bloc n° 6 « Production et analyse des données » à la fin de la passation des expérimentations. Il sert à identifier à chaud les représentations de l'utilisateur et à évaluer l 'expérimentation en elle-même. Pour cela l'expérimentateur relève ce qui s'est passé durant le déroulement de la passation, ce que les utilisateurs ont dit ou fait et comment l'expérience s'est passée. Nous proposons le guide pour structurer cette prise de notes. Une première partie concerne la description factuelle de l'expérimentation, la seconde les résultats produits par les utilisateurs et la dernière les points forts et points faibles de l'expérimentation. Le Tableau 29 présente les éléments à renseigner à la fin de chacune des passations.

Informations générales sur l'expérimentation	
Nom de l'expérimentation :	Faire référence au protocole expérimental
Date :	Indiquer la date à laquelle la passation est faite
Lieu de la passation	Indiquer le lieu
Numéro de la passation :	Utiliser le nom indiqué dans le protocole expérimental
Nom du ou des expérimentateur(s) :	Indiquer les noms des personnes qui vont assurer les passations
Nom des participants	Indiquer les noms des utilisateurs qui participent aux expérimentations.
Résultats à chaud de la passation	
Nom mnémonique	Choisir un nom qui évoque ce qui s'est passé pendant la passation, c'est un moyen de se remémorer la situation lors de la rédaction des résultats
Ton de l'expérimentation	Indiquer si les interactions se sont bien passées ou non
Evénements survenus	Indiquer les événements qui ont pu se produire pendant la passation et qui pourraient biaiser les résultats (p.ex : le déclenchement d'une alarme incendie qui stoppe le focus-group)
Résumé	En lien avec les objectifs de l'expérimentation, faire un résumé de ce que le(s) participant(s) a (ont) dit ou fait. Rédiger une phrase ou deux pour chacune des questions ou hypothèses de l'expérimentation.
Eléments novateurs	Indiquer les éléments novateurs qui sont abordés dans cette passation et qui vont contribuer à la création de la connaissance scientifique
Note de pertinence de la passation	Noter la passation selon le niveau de pertinence ou d'intérêt par rapport à la problématique posée. Les notes vont de 0 à 5 : 0 non pertinent à 5 très pertinent. Lors de l'analyse, cette notation permet au chercheur d'identifier les données les plus pertinentes pour la rédaction des résultats.
Bilan de l'expérimentation	
Points forts	Indiquer les étapes de l'expérimentation qui se sont bien déroulées et le matériel expérimental qui était bien dimensionné pour la passation.
Points faibles	Indiquer les étapes de l'expérimentation qui se sont pas bien déroulées et pourquoi. Indiquer aussi le matériel expérimental qui a posé problème et pourquoi.
Améliorations possibles	Indiquer les améliorations à apporter au protocole, au guide d'animation ou au matériel expérimental

Tableau 29 : Guide « Synthèse des expérimentations » pour le bloc n°6.

- ***Guide « Capitaliser les données et les scénarios d'analyses »***

Ce guide est créé dans le bloc n°6 « Produire et analyser des données », il permet de tracer le processus de production et d'analyse des données et aussi de conserver la trace des données qui ont été produites lors des expérimentations et leur transformation au cours du processus d'analyse. Ce travail garantit la réutilisabilité des données car il répond aux deux critères : « accessibilité aux données » par l'indication du lieu de stockage des données et « facilité d'interprétation » par la présence des métadonnées et des plages de validité des données. Ce document contient aussi les résultats de la validation, c'est à dire qu'il présente la valeur des critères de validité des données [Di Ruocco et al. 2012]. Il recense aussi tous les outils de traitements qui ont été utilisés pour valider, enrichir, corriger et analyser les données. Ce guide est présenté au Tableau 30.

Capitalisation des données et des scénarios d'analyse	
Informations générales sur l'expérimentation	
Nom de l'expérimentation	Faire référence au protocole expérimental
Date	Indiquer la date à laquelle la passation est faite
Description des données brutes et validées	
Lieu de stockage	Indiquer où et comment sont stockées les données
Plateformes utilisées	Indiquer les plateformes utilisées et les procédures de sauvegarde
Données produites	Lister l'ensemble des productions issues de la passation
Fichiers de métadonnées	Lister tous les fichiers qui contiennent les métadonnées ou informations utiles pour réutiliser les données
Fichiers de données brutes	Lister tous les fichiers qui contiennent les données produites et leur format
Variables et plages de validité des données	Pour les fichiers contenant des variables, indiquer le noms des variables et leur plage de validité (informations produites au bloc n°5)
Description des scénarios d'analyses	
Objectifs de la validation des données	Décrire les phases de validation faites sur les données
Traitements de validation	Décrire les traitements de validation et scripts utilisés
Résultats des validations	Lister les anomalies rencontrées en utilisant les critères de [Di Ruocco et al. 2012]
Traitements pour corriger et enrichir les données	Décrire les traitements de correction et d'enrichissements, fournit les scripts utilisés
Traitements d'analyse des données	Décrire les traitements d'analyse, fournit les scripts utilisés
Résultats	Lister les fichiers de résultats obtenus et leur lieu de stockage

Tableau 30 : Description du guide de « capitalisation des données et des scénarios d'analyse » pour le bloc N°6.

5.2.2 Logigramme pour choisir les méthodes de production des données.

Le choix d'une méthode de production des données qui intègre l'humain (p.ex., entretien, focus-group, observation) demande des compétences de spécialistes en méthodologies des SHS. Ce choix est complexe car il dépend de l'état du composant activable (est-ce que l'utilisateur va pouvoir utiliser ou non un quelconque artefact ? est-il statique ou dynamique ?) mais aussi de ce que le chercheur connait sur l'utilisateur pour modéliser son 'activité' et appréhender le contexte de l'utilisateur. Choisir une méthode demande également de s'intéresser à comment l'utilisateur sera impliqué dans les expérimentations ; s'il y est impliqué à titre individuel pour recueillir des représentations ou des avis individuels ou si ce sont des avis d'un groupe d'utilisateurs qui sont nécessaires pour répondre à la question de recherche. Le nombre d'utilisateurs potentiels pressentis pour participer aux expérimentations est un facteur à prendre en compte. Un nombre de personnes supérieur à 100 autorise de faire des questionnaires en ligne, même si ce nombre reste faible pour réaliser des statistiques fiables. Les entretiens qualitatifs nécessitent une vingtaine de personnes [Paille and Mucchielli 2011] et les tests utilisateurs selon [Nielsen 1994] demandent 6 utilisateurs par *persona*[31].

Pour aider le chercheur dans le choix des méthodes les plus appropriées pour la réalisation des expérimentations, nous avons élaboré un logigramme. Il est construit sur la base de cinq facteurs qui prennent plusieurs modalités :

1. **L'état du composant** : « il n'existe pas», « il est statique », « il est statique mais une simulation peut être réalisée », « il est dynamique »
2. **La connaissance préalable du chercheur sur les activités ou les représentations de l'utilisateur** : « connaissance faible ou partielle», « une connaissance 'suffisante' »
3. **La contribution de l'utilisateur** dans les expérimentations peut être passive : « le chercheur va observer l'utilisateur », ou active : « l'utilisateur va raconter ses activités sur le long terme (p.ex., sur une semaine) », « l'utilisateur va tester le composant activable », « l'utilisateur va répondre à un questionnaire ».
4. **Le mode de passation** : les expérimentations s'intéressent aux représentations d'un utilisateur **seul** ou aux représentations d'un **groupe** d'utilisateurs.
5. **Les nombres potentiels d'utilisateurs pour passer les expérimentations : «**moins de 100 personnes » et « plus de 100 personnes » [Howell et al. 2008].

Le cheminement dans le logigramme permet de sélectionner une ou plusieurs méthodes pour une même expérimentation en fonction des facteurs énoncés ci-dessus.. Par exemple dans le cas d'une application mobile pour des jardiniers (c.-à-d. un composant activable dynamique) des tests utilisateurs sont conduits. Le chercheur souhaite recueillir les traces d'activités de l'utilisateur et les performances de l'application. A la fin des tests, il souhaite interroger l'utilisateur seul pour connaître ses avis ; il va donc conduire un entretien individuel. Dans cette expérimentation, deux méthodes de production seront utilisées : un test utilisateur qui produira des données quantitatives et une interview qui fournira des données qualitatives.

[31] Au niveau des effectifs nécessaires pour conduire des expérimentations, nous n'aborderons pas cette question qui fait l'objet de nombreux débats dans plusieurs domaines scientifiques.

La Figure 36 présente le logigramme. Pour une meilleure lisibilité, nous avons détaillé les préconisations sur les méthodes employées sur le Tableau 31.

Nous terminerons cette section en revenant sur le travail pluridisciplinaire nécessaire à la bonne conduite d'une recherche en RICH.

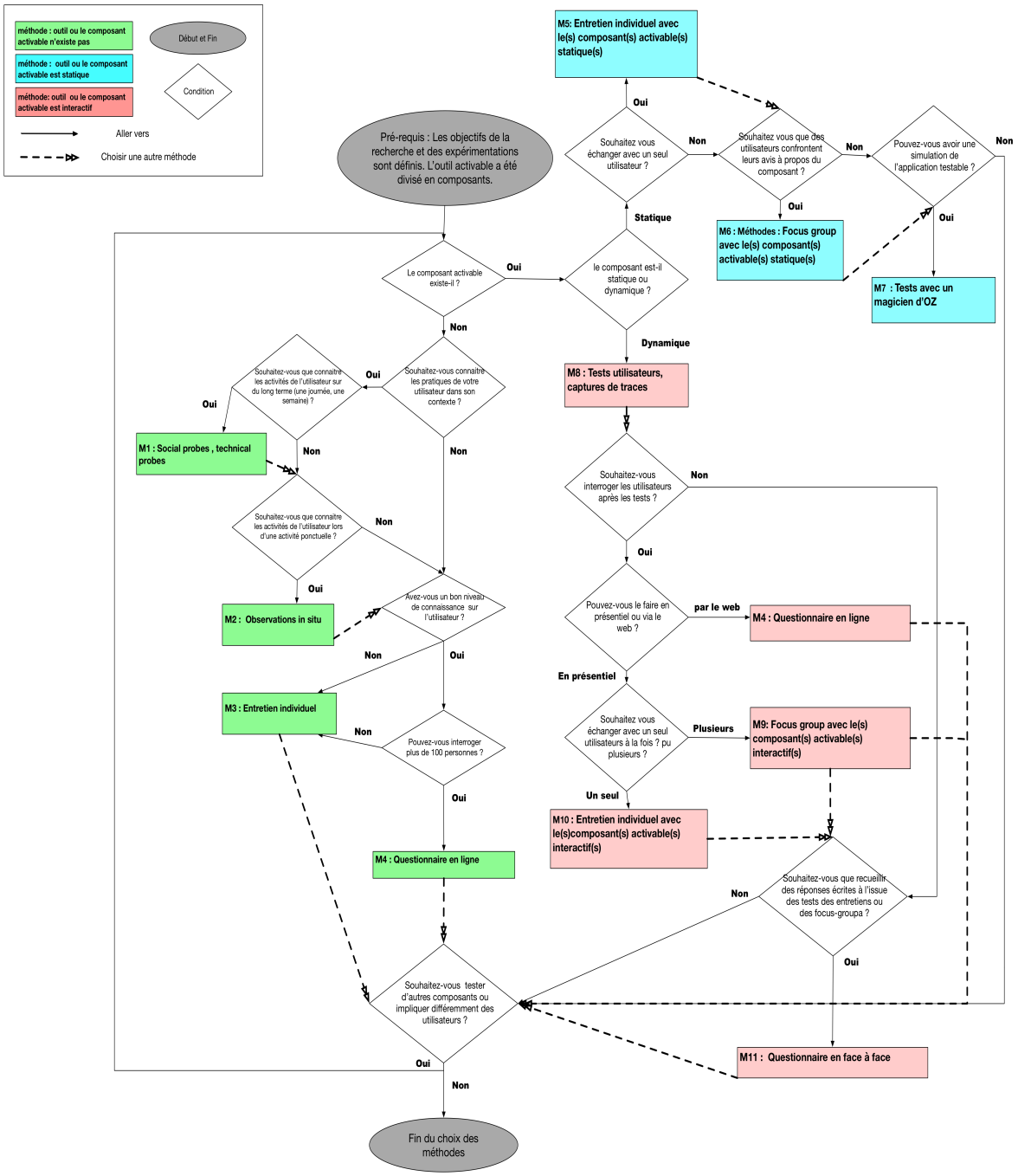


Figure 36 : Logigramme pour guider le chercheur dans le choix des méthodes de production des données

Tableau 31 : Méthodes associées au logigramme Figure 36

5.2.3 Livrables : des facilitateurs pour la pluridisciplinarité.

La pluridisciplinarité dans la méthode THEDRE est abordée au travers des livrables produits à chaque étape. La production de ces documents rend compte de quel acteur doit être impliqué et quelle est sa place dans la rédaction de ces livrables. Le Tableau 32 présente un exemple de la répartition des rôles et de l'implication des personnes en fonction de livrables. Certains livrables sont de la seule responsabilité du chercheur (p.ex., synthèse sur l'état de l'art, construction de la connaissances). D'autres vont dépendre du méthodologue ou du développeur (p.ex., guide d'animation pour le méthodologue et composant activable pour le développeur). En revanche, des livrables impliquent les trois acteurs, il s'agit des documents qui permettent d'avoir une vision commune des travaux à conduire et ceux qui vont présenter les résultats obtenus. Cette

structuration est à la charge du chercheur qui organise le travail de conduite de la recherche en fonction des acteurs qu'il doit solliciter.

	Livrables		Implication des acteurs			
Bloc	**No de livrable**	**Nom**	**Chercheur**	**Développeur**	**Méthodologue**	**Utilisateurs**
Bloc 1, Bloc 2 et Bloc 9	1	a) synthèse sur l'état de l'art, la veille technologique et le contexte sociétale. b) Description des terrains d'étude et des utilisateurs potentiellement mobilisables pour les expérimentations.	Fort			
Bloc 2	2	Spécifications pour le développement de l'outil activable	Fort	Moyen		
Bloc 2	3	Base des contacts potentiels pour les utilisateurs	Fort		Moyen	
Bloc 2 et bloc 7	4	Liste des indicateurs d'objectifs	Fort		Moyen	
Bloc 3	5	Tableau de décomposition de l'outil activable	Fort	Fort	Fort	
Bloc 3	6	Diagramme d'Ishikawa pour organiser le déroulement des expérimentations en fonction des composants.	Fort	Fort	Fort	
Bloc 4	7	le protocole expérimental (un par expérimentations).	Moyen		Fort	
Bloc 4	8	La liste des mesures à prendre lors de l'expérimentation, les plages de validité de ces mesures et et les indicateurs de qualité associés.	Fort		Moyen	
Bloc 5	9	Le guide d'animation			Fort	
Bloc 5	10	Les outils de passation testés et les résultats du pilote	Moyen		Fort	pour le pilote
Bloc 5	11	Description des composants développés et testés lors du pilote	Moyen	Fort		
Bloc 5	12	Le planning des passations			Fort	
Bloc 5	13	Le dossier de dépôt à la CNIL ou au CERNI (si besoin) et les documents de consentement.	Moyen		Moyen	
Bloc 6	14	Les productions de l'expérimentation, les fichiers de données documentés avec les metadata		Fort	Fort	pour les expérimentations
Bloc 6	15	Les programmes de traitement des données		Moyen	Fort	
Bloc 6	16	Les rapports d'analyse et les indicateurs de la qualité des données, les indicateurs de maturité	Fort	Fort	Fort	
Bloc 7	17	Les limites de l'expérimentation	Fort	Fort	Fort	
Bloc 8	18	les avancées de la connaissance scientifique	Fort			
Bloc 9	19	Relevé des décisions	Fort			

Tableau 32 : Répartition des rôles selon les blocs de la méthode THEDRE.

5.2.4 Conclusion

Dans cette partie, nous avons présenté les différents outils qui assurent le guidage et l'accompagnement du travail de recherche dans un contexte pluridisciplinaire. Ces outils sont aussi les garants de la traçabilité de la recherche au sein de la méthode THEDRE. Le travail de conceptualisation de ces outils permet de disposer d'un manuel formalisé pour une automatisation totale ou partielle. Nous avons déjà procédé à l'élaboration d'une application support de THEDRE pour guider la création des protocoles expérimentaux, pour choisir les méthodes de production des données et pour capitaliser des données expérimentales. Ces outils activables sont présentés dans la section suivante.

5.3 Outils activables pour THEDRE : application web dynamique

Le travail de construction d'une méthode de conduite de la recherche a donné lieu au développement de deux applications web. La première, basée sur le modèle conceptuel DOP8 [Mandran et al. 2015], a permis de développer une plateforme de capitalisation des données et des opérateurs pour analyser les données. La capitalisation est essentielle pour un travail de recherche traçable. Elle correspond à la tâche « capitaliser » du bloc « produire et analyser les données » de la méthode THEDRE. La seconde application assiste le chercheur dans la conception des protocoles expérimentaux et le choix des

méthodes de production des données. C'est une informatisation du guide de brainstoming, du guide de rédaction des protocoles experimentaux et du logigramme.

Nous présentons les aspects applicatifs et techniques de ces deux applications et ensuite nous détaillons leurs fonctionnalités.

5.3.1 Applications et techniques utilisées

Même si les deux applications ont été développées de manière indépendante et dans des périodes différentes, elles sont complémentaires et sont situées sur le même serveur avec les mêmes outils technologiques. La première application de capitalisation a été conçue, entre 2009 et 2015, dans le cadre du projet Undertracks. Elle offre la possibilité au chercheur de capitaliser des données expérimentales, des opérateurs d'analyse, de concevoir des scénarios d'analyse de données et les capitaliser. L'application est accessible à l'adresse https://undertracks.imag.fr/php/ [32]. La seconde application pour assister les chercheurs a été réalisée lors d'un stage de Licence 3 (T.Guldalian) en Juillet 2015[33]. L'application nommée « Designstudy » est accessible à l'adresse https://undertracks.imag.fr/php/designstudy/.

Techniquement, les projets Undertracks et Designstudy ont été supervisés par M.Ortega et D.Bouhineau. Ils ont développé ces applications avec les technologies web standard. La gestion des données est assurée par le système de gestion de bases de données relationnelles Postgresql avec une interface web phpPgAdmin. Pour le développement des algorithmes, les langages utilisés sont le PHP, JavaScript et Python 2.7. Pour les interfaces web, nous avons utilisé le langage HTML, CSS et le framework Bootstrap. L'outil de conception des scénarios d'analyse de données est basé sur Orange 2.7. http://orange.biolab.si/.

5.3.2 Fonctionnalités pour le « Chercheur en RICH» et le « Méthodologue »

L'utilisateur final de « Designstudy » est un chercheur en RICH ; il sera assisté pour la construction de protocoles expérimentaux, la description et la capitalisation des données. « Designstudy » est aussi dédiée à des méthodologues qui vont pouvoir saisir les informations nécessaires pour guider le chercheur. « Designstudy » dispose d'une interface web pour le front-end pour le chercheur et d'un coté back-end pour le méthodologue. Nous avons utilisé des diagrammes de cas d'utilisation UML pour représenter les fonctionalités de l'application pour deux des acteurs internes le « Chercheur » (Figure 37) et le « Méthodologue » (Figure 42).

Ce premier prototype est spécifique au processus que nous proposons, mais les guides implémentés sur « Designstudy» (c.-à-d. guide de brainstoming, du guide de rédaction des protocoles experimentaux et du logigramme) sont adaptables. En effet, le coté back-end permet aux différentes méthodologues de pouvoir adapter les guides en fonction de

[32] La plateforme Undertracks a été initiée lors de l'Habilitation à Diriger des Recherches de V.Luengo LIP6 (2009). La conception et le développement ont été assurés par D.Bouhineau, V.Luengo, N.Mandran, M.Ortega.

[33] Par manque de ressources en développent, les améliorations de l'application n'ont pas pu être faites. Cependant, l'application est opérationnelle. Elle a été utilisée lors des cours de méthodologies expérimentales à l'ED MSTII Grenoble et à l'ED ISCE Grenoble.

leurs pratiques. Une future application en cours de développement sera plus générique dans le sens où les blocs et les tâches et leur ordonnancement pourront être modifiés par le méthodologue. Nous en reparlerons dans les perspectives de ce travail de thèse.

Nous présenterons les fonctionnalités de « Designstudy » pour le chercheur en RICH et le méthodologue dans les sections suivantes.

- ***« Chercheur en RICH»***

Après s'être identifié le « Chercheur en RICH » a accès à 8 fonctionnalités :

1) « Créer un protocole expérimental ».

Le chercheur répond à une série de questions qui constituent les guides proposés dans la méthode THEDRE (p.ex., le guide « brainstorming », pour identifier la problématique de recherche ; le guide « protocole expérimental » pour définir les objectifs des expérimentations »). Il saisit les réponses pour être ultérieurement réutilisées, par exemple pour une exportation du protocole expérimental en format pdf.

2) « Modifier un protocole expérimental ».

Le chercheur peut modifier les données qu'il a saisies pour créer le protocole expérimental.

3) « Supprimer un protocole expérimental ».

Le chercheur peut supprimer un protocole expérimental. Si des données expérimentales sont associées à ce protocole, le chercheur a le choix de garder ou non ces données.

4) « Exporter un protocole expérimental».

Le chercheur peut exporter le protocole expérimental en format .rtf pour être intégré dans un document word (p.ex.dans le document de thèse).

5) Partager le protocole avec le méthodologue ou d'autres personnes.

Le chercheur peut donner accès ou non aux protocoles expérimentaux qu'il a créés. Il peut donner accès seulement au méthodologue, à un groupe de personnes ou le rendre public. Le partage de protocole est aussi intéressant dans le cas où un doctorant qui utilise l'application peut partager ce travail avec son directeur de thèse.

6) Avoir accès à la liste des protocoles expérimentaux

Le chercheur a accès à l'ensemble des protocoles expérimentaux qui sont publics. Il peut interroger la base des protocoles avce différents critères de recherche (p.ex., type d'outil activable : robots, tablette, maquette… ou type d'utilisateurs : adultes, séniors, enfants).

7) Documenter les données expérimentales.

Le chercheur documente les données qu'il a produites lors des phases expérimentales. Ainsi, les données expérimentales sont décrites avec des métadonnées. Avec cette fonctionnalité, le chercheur peut ajouter des documents associés à l'expérimentation (p.ex., questionnaire, fichier sudio, video).

8) Télécharger les données expérimentales.

Le chercheur peut télécharger les données expérimentales ; elles sont ainsi capitalisées avec le protocole expérimental et les métadonnées.

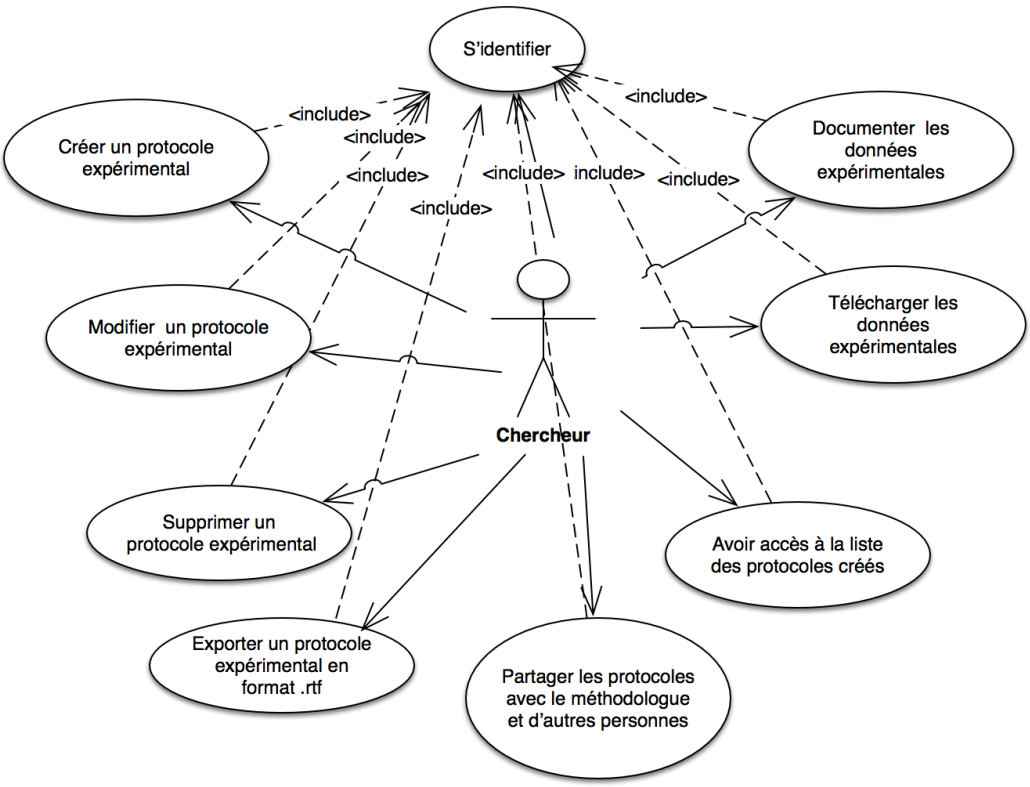


Figure 37 : Diagramme de cas d'utilisation de l'application pour le « Chercheur»

La Figure 38 montre une capture d'écran qui correspond à l'interface utilisateur pour documenter un jeu de données produit lors d'une expérimentation. L'exemple est celui de métadonnées pour une expérimentation conduite avec le logiciel EDBA [Bouhineau n.d.]. La Figure 39 présente le jeu de données associé à cette expérimentation. Ces deux écrans sont extraits de la partie de l'application Undertracks dédiée à la capitalisation des données.

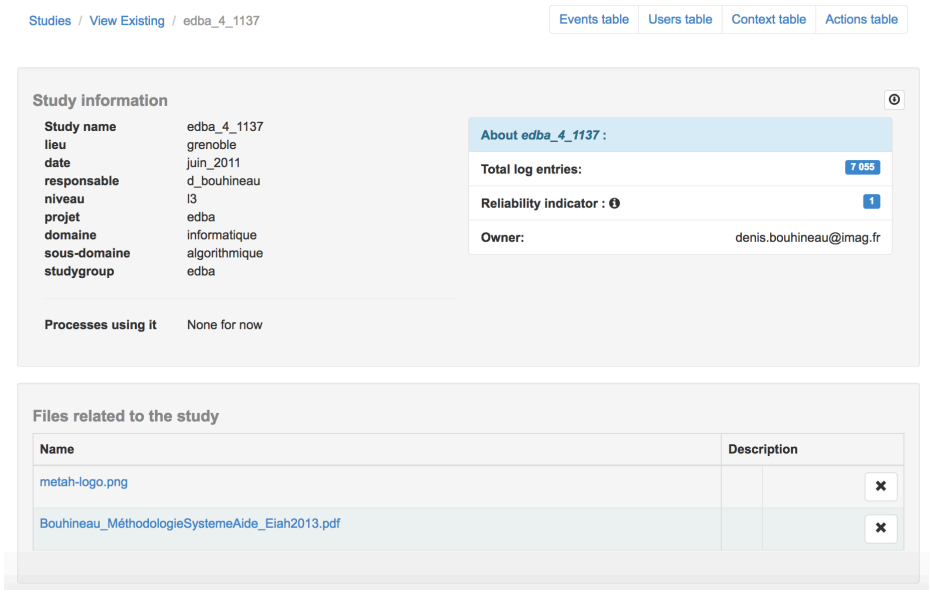


Figure 38 : Description des données d'une expérimentation conduite sur le logiciel EDBA.

Studies / View Existing / edba_4_1137 / Logs table

Events table | Users table | Context table | Actions table

timestamp	action	id	user	code	exercice	function	ok
2010-09-20 19:53:11	test	1257	37	15751	151	ingalls_parent	7
2010-09-20 19:57:28	test	1258	37	15780	151	ingalls_parent	7
2010-09-20 19:57:52	test	1259	37	15781	151	ingalls_parent	7
2010-09-20 19:58:19	test	1260	37	15783	166	ingalls_grandParent	5
2010-09-20 20:00:18	test	1261	37	15793	165	ingalls_frere	4
2010-09-20 20:02:49	test	1262	37	15795	165	ingalls_frere	2
2010-09-20 20:05:57	test	1263	37	15797	165	ingalls_frere	2
2010-09-20 20:07:13	test	1264	37	15798	165	ingalls_frere	2
2010-09-20 20:13:17	test	1265	37	15801	165	ingalls_frere	2
2010-09-20 20:18:26	test	1266	37	15815	168	ingalls_cousin	2
2010-09-20 20:22:01	test	1267	37	15815	165	ingalls_frere	2
2010-09-20 20:22:58	test	1268	37	15815	166	ingalls_grandParent	5
2010-09-20 20:37:07	test	1269	37	15817	165	ingalls_frere	2
2010-09-24 16:07:25	test	1280	41	16120	235	melangeTroisCouleurs	1
2010-09-24 16:09:08	test	1281	41	16120	235	melangeTroisCouleurs	1
2010-09-24 16:09:47	test	1282	41	16121	235	melangeTroisCouleurs	1
2010-09-24 16:11:19	test	1283	41	16122	235	melangeTroisCouleurs	1
2010-09-24 16:12:40	test	1284	41	16122	235	melangeTroisCouleurs	1
2010-09-24 16:12:43	test	1285	41	16122	235	melangeTroisCouleurs	1
2010-09-24 16:12:51	test	1286	41	16122	235	melangeTroisCouleurs	1

Figure 39 : Fichier de données expérimentales : traces d'activité des étudiants sur le logiciel EDBA.

- ***« Méthodologue »***

Après s'être identifié le « méthodologue » a accès à 7 fonctionnalités pour créer et adapter le guide de brainstorming et le guide de rédaction des protocoles experimentaux à ses pratiques, pour créer et modifier les régles de décisions pour choisir une méthode de production et aussi pour améliorer les préconisations méthodologiques.

1) « Créer les guides qui vont assiter le chercheur dans l'élaboration du protocole expérimental ».

Le méthodologue crée les différents guides proposés par le processus de conduite de la recherche THEDRE. Par exemple, pour le guide « brainstorming », il saisit les questions relatives à ce guide de brainstoming. Pour l'ensemble des guides de THEDRE, le méthodologue renseigne l'ensemble des questions nécessaires pour assister le chercheur.

Sur la Figure 40, les questions « What is the problem ? », « What dou you want to do ? » ont été créées par le méthodologue. Elles sont stockées de manière persistante.

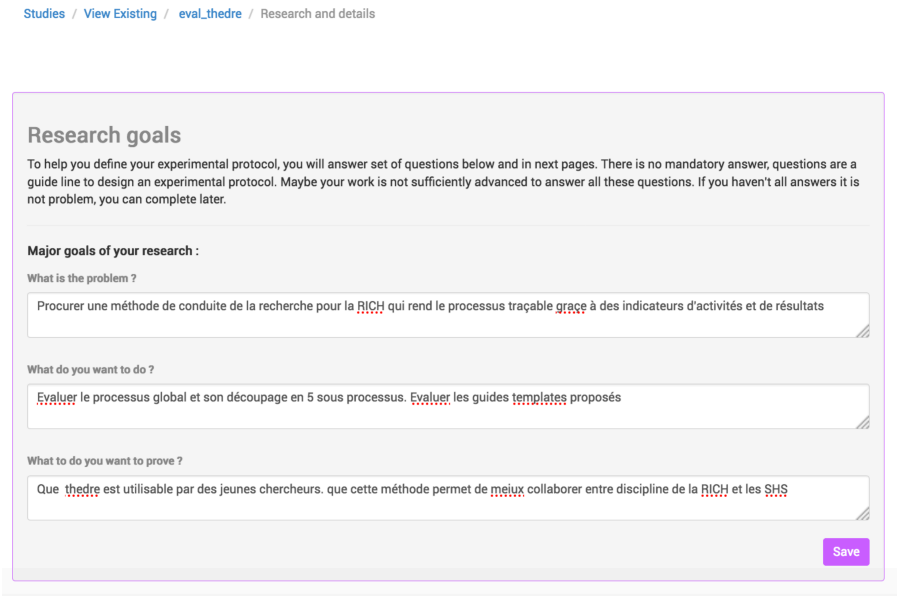


Figure 40 : Premier écran de saisie pour définir la question de recherche dans la méthode THEDRE

2) « Modifier les guides qui vont assister le chercheur dans l'élaboration du protocole expérimental »

Cette fonctionalité permet au méthodologue de modifier les questions qui assistent le chercheur. La modification est nécessaire pour que les guides restent adaptables au cours du temps. La modification concerne le contenu des questions et aussi le nombre de questions. En effet, au cours de l'utilisation de l'application, il peut s'avérer que les questions posées sont trop nombreuses ou mal formulées. Il convient alors de pouvoir les modifier aussi bien en nombre de questions que de contenu.

3) « Créer les règles de décision pour choisir une méthode de production des données »

Pour asssiter le chercheur dans le choix des méthodes de production à utiliser, le méthodologue crée des règles de décisions, comme celles que nous avons présentées dans le logigramme.

4) « Modifier les règles de décision pour choisir une méthode de production des données »

Le méthodologue modifie les règles de décisions que nous avons présentées dans le logigramme.

5) « Documenter les préconisations liées à chacune des méthodes de production »

Pour chacun des méthodes de production (p.ex., entretien, focus-group, capture de traces), le méthodologue renseigne les préconisations en termes de taille d'échantillon, de matériel expérimental à créer, de données produites et d'analyse de données. La Figure 41 présente le tableau des préconisations pour aider le chercheur à dimensionner son expérimentation. Les critères pour concevoir une expérimentation « objectifs de la

méthode », «organisation », etc. ainsi que l'explication des critères pour une méthode de production « faire expliciter en profondeur des éléments… », etc. sont documentés par le méthodologue. Ces informations sont stockées dans une table d'une base de données relationnelles.

Figure 41 : Ecran pour assister les chercheurs dans les critères à associer pour réaliser un entretien en face à face.

6) « Modifier les préconisations liées à chacune des méthodes de production »

Le méthodologue modifie les préconisations pour l'utilisation des méthodes de production de données.

7) « Accéder aux informations saisies par le chercheur pour l'assister dans la conception de l'expérimentation ; les annoter»

Le méthodologue peut accèder aux différents guides renseignés par le chercheur. Il pourra ainsi les annoter et aider le chercheur dans la conception de son travail expérimental.

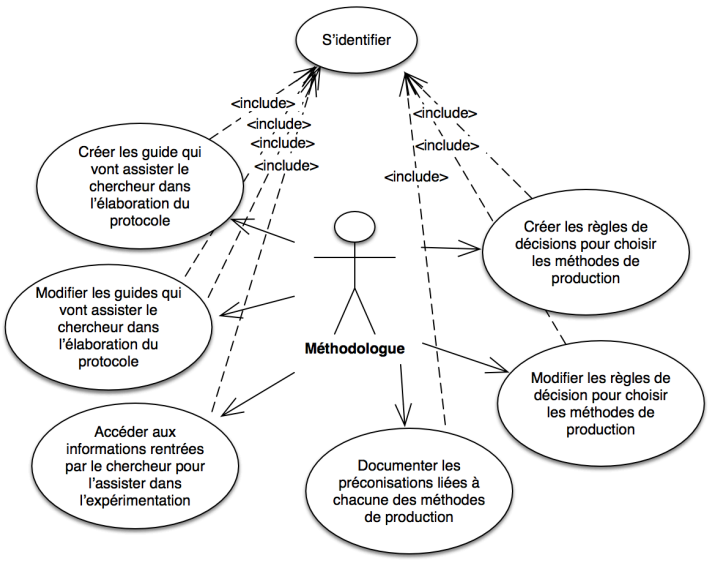


Figure 42 : Diagramme de cas d'utilisation de l'application pour le « Méthodologue »

Les outils activables réalisés pour instancier la méthode de conduite de la recherche concerne à la fois la partie conduite du processus de recherche et la capitalisation des données produites ont été présentés. Nous concluons ce chapitre sur la perception visuelle de THEDRE

5.4 'Perception' de THEDRE

De manière opérationnelle, THEDRE offre un processus de conduite de la recherche formalisé par un langage de modélisation de processus. Malgré une représentation linéaire et procédurale, la méthode de conduite de la recherche proposée ici n'est pas déterministe puisque les tâches à l'intérieur des blocs peuvent être menées en parallèle. Seul les 4 sous-processus contraignent le processus global. Cette contrainte est nécessaire à notre modèle car nous l'avons structuré sur le cycle de Deming. Ce choix nous permet de disposer d'indicateurs de traçabilité du processus selon les 4 grandes étapes de la recherche et ainsi de garantir une qualité des résultats produits.

Le langage, le modèle THEDRE et ses guides ayant été présentés, nous allons exposer comment THEDRE a été construit et évalué.

RESUME : CHAPITRE 5

Le chapitre 5 présente les 4 sous-processus de la méthode de conduite de la recherche : « Planification », « Expérimentation », « Contrôle », « Construction et prise de décision ». Ce découpage suit le cycle de Deming : Plan – Do - Check- Act. Chacun de ces sous-processus est découpé en blocs et ensuite en tâches. Les blocs sont caractérisés par les livrables et les indicateurs qui vont garantir la traçabilité du processus de conduite de la recherche. Les tâches sont caractérisées par les objets de la recherche qu'elles vont construire ou évaluer, par les acteurs qui vont les réaliser et par les outils expérimentaux à élaborer pour conduire des expérimentations en RICH.

Dans la description de la méthode THEDRE, nous avons proposé plusieurs guides pour d'une part faciliter un travail collaboratif pluridisciplinaire entre chercheur, méthodologue et développeur et d'autre part assister les chercheurs dans leur travail de recherche. Ces outils sont regroupés sous la forme d'un manuel des bonnes pratiques. La finalité de ces guides est d'assister la construction et le suivi du processus ; car ils assistent la rédaction des livrables de chacun des blocs. Ce manuel contient également un guide élaboré sous la forme d'un logigramme d'aide à la décision pour le choix des méthodes de production et d'analyse des données. Au total, 11 guides sont proposés.

Pour assurer cette traçabilité, THEDRE propose d'utiliser de guides pour recenser les informations nécessaires lors de la conduite d'un processus de recherche qui va inclure des expérimentations centrée humain. Ces guides sont disponibles sous la forme du manuel des bonnes pratiques. Enfin, aujourd'hui un outil support existe pour rendre compte d'une informatisation possible du processus de conduite de la recherche THEDRE que nous avons proposé.

Un prototype pour supporter cette démarche a été développé sous la forme d'une application web. L'utilisateur final de cette application d'aide à la construction de protocoles expérimentaux en RICH et de description des données est un chercheur en RICH. Elle est aussi dédiée à des méthodologues qui vont pouvoir saisir les informations nécessaires pour guider le chercheur. L'application dispose d'une interface web pour le front-end pour le chercheur et d'un coté back-end pour le méthodologue.

CHAPITRE 6

Construction et Evaluation

6.1 Contexte de travail, méthodes de construction et d'évaluation de THEDRE 164
6.2 Construction de la méthode THEDRE 165
6.2.1 Système d'information et IDM 165
6.2.2 Ingénierie des interfaces Homme-Machine (IIHM) 171
6.2.3 Tests utilisateurs pour des interfaces innovantes -2008-2014- 175
6.2.4 Environnement Informatiques pour l'apprentissage Humain (EIAH) 177
6.2.5 Ingénierie des systèmes multi-agents (SMA) 180
6.2.6 Conclusion sur la construction de THEDRE 182
6.3 Evaluation de la méthode THEDRE 185
6.3.1 Evaluation du langage et du processus expérimentation 185
6.3.2 Résultats 186
6.3.3 Evaluation de l'utilisabilité des guides proposés dans la méthode THEDRE 191
6.3.4 Résultats 192
6.3.5 Conclusion sur l'évaluation de THEDRE 194

6 CONSTRUCTION ET EVALUATION DE THEDRE

Ce sixième chapitre présente comment la méthode THEDRE s'est construite et comment elle a été évaluée. Elle est scindée en trois sections. Tout d'abord, nous reviendrons sur le contexte qui a fait émerger notre question de recherche et les méthodes de construction et d'évaluation de THEDRE. Nous décrirons ensuite des cas d'études en RICH qui nous ont permis de construire THEDRE. Nous terminerons en présentant les résultats des focus-groups pour évaluer THEDRE.

6.1 Contexte de travail, méthodes de construction et d'évaluation de THEDRE

L'ensemble des expérimentations que nous avons pu conduire depuis 10 ans avec des chercheurs et des doctorants a donné lieu à la création de la méthode THEDRE qui fait l'objet de notre synthèse. Au fil des expérimentations, nous avons identifié des difficultés de compréhension entre chercheur, développeur et méthodologue et nous avons pu proposer des outils pour mieux guider la mise en place des expériences avec utilisateurs. Notre question de recherche est issue de ce terrain et la proposition de la méthode THEDRE est le résultat des interactions entre chercheurs, développeurs et méthodologues des SHS. Notre méthode a donc été construite de manière pragmatique en prenant appui sur les acteurs internes de la RICH et sur leur contexte de travail. Nous avons procédé de manière itérative afin de faire évoluer notre contribution. La valeur et la validité de notre recherche reposent sur de nombreuses mises à l'épreuve : 25 travaux de thèses en 10 ans dans 4 domaines de la RICH. Dans nos travaux, nous avons participé de manière active à l'élaboration des protocoles expérimentaux pour la RICH afin de répondre aux problèmes des chercheurs pour mobiliser des outils méthodologiques. Nous étions donc totalement impliqué dans le terrain, nous avons pu observer les chercheurs, leurs pratiques et identifier leurs besoins.

Au vu de ces critères, nous pouvons dire que la méthode THEDRE a été construite avec une méthode d'observation participante [Copans 2008]. En effet, cette méthode consiste à intégrer un contexte en y jouant un rôle actif de manière à comprendre le contexte et à l'analyser. Elle « implique de la part du chercheur une immersion totale dans son terrain, pour tenter d'en saisir toutes les subtilités, au risque de manquer de recul et de perdre en objectivité. L'avantage est de vivre la réalité des sujets observés et de pouvoir comprendre des mécanismes difficilement décryptables pour quiconque demeure en situation d'extériorité. En participant au même titre que les acteurs, le chercheur a un accès privilégié à des informations inaccessibles au moyen d'autres méthodes empiriques »[Bastien 2007]. L'observation participante a été l'outil méthodologique pour construire notre contribution. Nous présentons dans la section 2 les résultats de cette construction.

La méthode THEDRE a été évaluée avec des tests utilisateurs, qui permettent d'évaluer un produit en le faisant tester par des utilisateurs [Nielsen 1994]. L'objectif est d'observer l'utilisateur pendant qu'il teste le produit et ensuite de lui demander son avis sur ce qu'il vient de réaliser avec le produit. La finalité est de recenser les difficultés rencontrées par l'utilisateur et de recueillir des idées d'améliorations pour le produit. Pour la méthode THEDRE, nous avons évalué avec des chercheurs les concepts du langage et

la syntaxe graphique du langage THEDRE. Au niveau des guides, nous avons évalué 5 des guides : 1) le guide de brainstorming et le guide de protocole car ce sont les deux éléments initiateurs de la démarche de recherche et d'expérimentation, 2) l 'outil de décomposition de l'outil activable et le diagramme d'orchestration des expérimentation car ce sont les guides pour séquencer les expérimentations et 3) le logigramme car c'est un outil d'assistance à l'utilisateur pour choisir la ou les méthodes les plus adéquates. Les autres guides sont plus standard, nous n'avons pas jugés pertinents de les évaluer d'autant plus qu'ils ont été utilisés lors du suivi des 25 thèses en RICH.

6.2 Construction de la méthode THEDRE

Dans cette section, nous présentons les travaux expérimentaux conduits dans 4 domaines de la RICH. Il s'agit principalement de travaux de doctorants qui ont donné lieu à une soutenance de thèse et à des articles. Nous les divisons en 4 domaines car la connaissance scientifique et l'outil activable sont propres à chacun de ces domaines. Pour synthétiser, l'ensemble de ces travaux nous les avons représentés à l'aide de tableaux structurés selon 9 dimensions : 1) objectifs de la thèse, 2) connaissance scientifique et outil activable, 3) objectifs globaux des expérimentations, 4) profils des utilisateurs, 5) étapes de la DCU : explorer, co-construire,évaluer, 6) méthodes de production des données, 7) difficultés rencontrées, 8) points forts et points faibles du processus conduit et 9) améliorations attendues.

6.2.1 Système d'information et IDM

Les Systèmes d'Information (SI) sont omniprésents dans la vie courante et sont au cœur des stratégies et des organisations des entreprises. Ces recherches sont centrées sur la formalisation, la conception et les infrastructures des SI ; elles sont en permanence confrontées à des situations réelles dans des domaines comme la santé, les transports, l'éducation ou le secteur industriel (source : site équipe SIGMA/LIG). Nous présentons les expérimentations conduites dans le cadre de 4 thèses en SI.

- ***[Hug 2009] : Méthode, modèles et outil pour la méta-modélisation des processus d'ingénierie de systèmes d'information***

Objectifs des travaux thèse :

« Cette thèse propose une méthode permettant aux ingénieurs des méthodes de définir leurs propres méta-modèles de processus en tenant compte des contraintes et spécificités des organisations. Cette méthode est guidée par un graphe conceptuel comprenant l'ensemble des concepts pour la méta-modélisation des processus. Les méta-modèles créés prennent en compte les différents points de vue. De plus, la construction des méta-modèles de processus est basée sur l'imitation de patrons génériques et de patrons de domaine. La méthode a été outillée et expérimentée auprès d'experts en ingénierie des systèmes d'information. »

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques expérimentales de cette thèse :

Connaissances scientifiques (CS) et outils activables (OA)	Un métamodèle et une application associée mais pas de distinction entre les deux.
Objectifs des expérimentations	Evaluer le métamodèle et l'application
Utilisateurs	Spécialistes en génie logiciel et en système d'information
Etapes de la DCU	Pas de distinction précise entre les phases de la DCU
Nombre d'expérimentations	6
Méthodes de production	Focus-groups
Difficultés rencontrées	Une évaluation globale qui nous a contraint à refaire des expérimentations Pas de distinction entre CS et OA Pas d'utilisation des phases de démarche centrée utilisateur Un protocole mais pas de guide d'animation des expérimentations

Lors de ce travail nous avons pu identifier des points forts et des points faibles et proposer des améliorations :

Points forts : Cette première expérience d'évaluation d'un métamodèle a permis de poser les premiers principes de l'évaluation de ce type de connaissance scientifique et d'identifier les méthodes qualitatives de production de données nécessaires (entretien et focus-groups). Ce premier travail a permis de rédiger un protocole expérimental, un guide d'entretien et de mettre en œuvre des méthodes qualitatives telles que pratiquées en SHS.

Points faibles : Des difficultés de compréhension entre le méthodologue et le chercheur a entrainé beaucoup de longueur pour créer le processus expérimental. L'absence de distinction entre la connaissance scientifique et l'outil activable, et l'absence de décomposition de l'outil activable a rendu difficile l'identification des éléments à construire et à évaluer. Une première expérimentation ayant mobilisé 10 personnes fut inutile car le dictionnaire des concepts n'avait pas été évalué en amont. Le dictionnaire aurait du être construit et évalué avant.

Les améliorations nécessaires : 1) Identifier les composants activables de la proposition pour faire évaluer de manière progressive le métamodèle : premièrement le dictionnaire des concepts et ensuite la syntaxe graphique, 2) Avoir des outils de suivi des focus-groups pour lister les activités demandées aux utilisateurs et savoir ce qui est évalué lors de chaque activité.

- ***[Priego-Roche 2011] : Modélisation intentionnelle et organisationnelle des systèmes d'information dans les organisations virtuelles***

Objectif de la thèse : « *Pour répondre à un marché de plus en plus concurrentiel, les organisations tendent aujourd'hui à se regrouper sous la forme d'organisations virtuelles (OV). Concevoir le système d'information (SI) d'une OV sur la base des SI des organisations participantes pose des problèmes méthodologiques et techniques….. Nous proposons des critères permettant d'identifier et de classifier précisément et à un niveau*

intentionnel, les différentes informations nécessaires à la conception du SI de l'OV ainsi que des modèles graphiques et textuels simples. Notre travail comprend une transformation partielle à partir des modèles intentionnels jusqu'aux modèles de processus métier de base au niveau organisationnel. »

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques expérimentales de cette thèse :

Connaissances scientifiques (CS) et outils activables (OA)	CS : Un métamodèle OA : une application associée
Objectifs des expérimentations	Evaluer le métamodèle et l'application
Utilisateurs	Spécialistes en génie logiciel et en système d'information
Etapes de la DCU	Co-construire et évaluer
Nombre d'expérimentations	4
Méthodes de production	Focus-groups
Difficultés rencontrées	Pas de distinction assez précise entre CS et OA Un guide d'animation pas suffisant La difficulté pour analyser les schémas faits par les utilisateurs

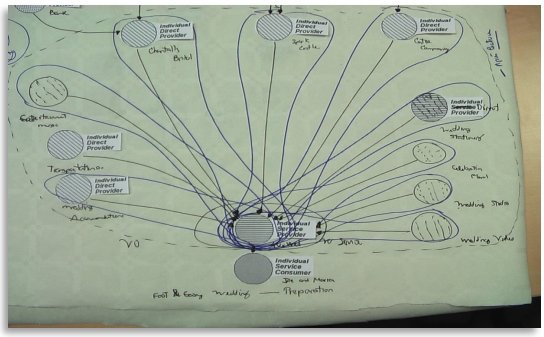
Lors de ce travail nous avons pu identifier des points forts et des points faibles et proposer des améliorations :

Points forts : Cette expérience d'évaluation d'un métamodèle a permis de valider le processus et les outils que nous avions déployés lors des expériences pour les travaux de [Hug 2009] [34]. La grille d'animation proposée a été enrichie avec de nouveaux concepts. En face de chaque activité à réaliser par les utilisateurs, la question ou l'hypothèse auxquelles l'activité doit répondre est rappelée. Ainsi, à chaque activité, cette mention remémore l'objectif expérimental de l'activité. L'ajout des phases de la démarche centrée utilisateur (DCU) a permis de mieux circonscrire les objectifs des cycles expérimentaux.

Points faibles : Lors de ces travaux nous avions fait produire des schémas aux participants pour utiliser la syntaxe abstraite à évaluer (Figure 43). La disparité entre les schémas était à la fois une richesse mais aussi une difficulté pour analyser les résultats. La phase d'exploration de la DCU n'a pas été conduite en amont avec des utilisateurs ; les propositions du dictionnaire des concepts ont émané de la doctorante.

Améliorations nécessaires: Avoir des outils pour analyser les graphes faits par des utilisateurs. Adapter le guide d'animation. Introduire la phase d'exploration avec les utilisateurs finaux dans la création des métamodèles par une analyse des pratiques métiers.

[34] Le processus a été réutilisé deux fois entre 2009 et 2011 lors de travaux expérimentaux de master 2 recherche en informatique.



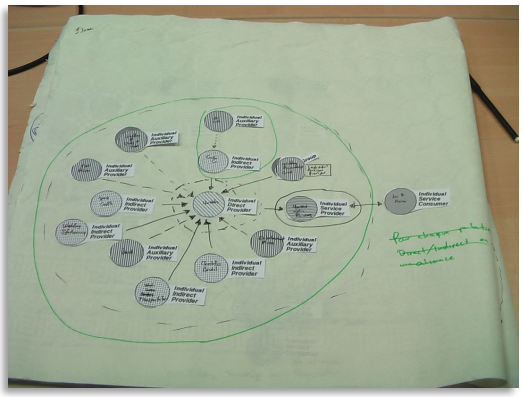


Figure 43 : Schémas réalisés par des utilisateurs avec une syntaxe abstraite

- ***[Gaibor 2011] : Isea : une méthode ludique et participative pour la représentation et l'amélioration des processus métiers***

Objectif de la thèse : *« Toute organisation doit aujourd'hui être capable de s'adapter de plus en plus vite aux évolutions stratégiques, organisationnelles et techniques. Pour cela, elle doit pouvoir identifier, modéliser, simuler, exécuter, optimiser et faire évoluer ses processus métier en fonction de ces changements. L'approche BPM (Business Process Management) propose des langages, des méthodes et des outils pour la modélisation, l'exécution et l'optimisation des processus. Mais l'étape de modélisation reste lourde à mettre en œuvre, couteuse, souvent effectuée par un expert analyste métier et donc peu consensuelle. Par opposition, la méthode ISEA (que nous proposons) est une approche participative dans laquelle les différents acteurs fonctionnels d'un processus métier conçoivent ensemble, de façon simple, ludique et rapide, une représentation des processus consensuelle et évolutive. »*

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques expérimentales de cette thèse :

Connaissances scientifiques (CS) et outils activables (OA)	CS : Méthode basée sur le cycle de vie de BPMN traditionnel, mais présenter en 4 phases : identification, simulation, évaluation, et amélioration. OA : Application support à la méthode au travers d'un cas d'étude : élaboration de procédures administratives.
Objectifs des expérimentations	Explorer les manières de construire des procédures, co-construire une application et l'évaluer.
Utilisateurs	Utilisateurs finaux : Personnel administratif, spécialistes en SI
Etapes de la DCU	Explorer, co-construire, évaluer
Nombre d'expérimentation	7
Méthodes de production	Focus-groups et tests utilisateurs
Difficultés rencontrées	Une co-construction n'a pas été faite suffisamment tôt, ce qui a entrainé le développement inutile d'une application.

Lors de ce travail nous avons pu identifier des points forts et des points faibles et proposer des améliorations :

Points forts : Lors des phases d'exploration, les utilisateurs ont utilisés des artefacts (post-it, feutres, gommettes, …) pour représenter leur manière de faire leur activité (Figure 44). Ce travail a permis d'identifier comment les personnes construisaient une procédure administrative et quels étaient les objets nécessaires pour la représenter (document, acteurs, actions, …). Quand la dernière version de l'application a été construite de nombreux tests utilisateurs ont permis d'évaluer l'application in situ.

Figure 44 : Expérimentation pour créer la méthode ISEA avec des utilisateurs

Points faibles : A l'issue des phases d'exploration qui avaient été très productives, l'application a été développée sans prendre l'avis des utilisateurs. Basée sur le 'framework' second life, cette application qui se voulait ludique a été totalement rejetée par les utilisateurs. Une nouvelle application a donc été développée pour ressembler au plus prêts des artefacts proposés dans la phase d'exploration (Figure 45). C'est sur cette application que nous avons pu réaliser des tests utilisateurs pertinents.

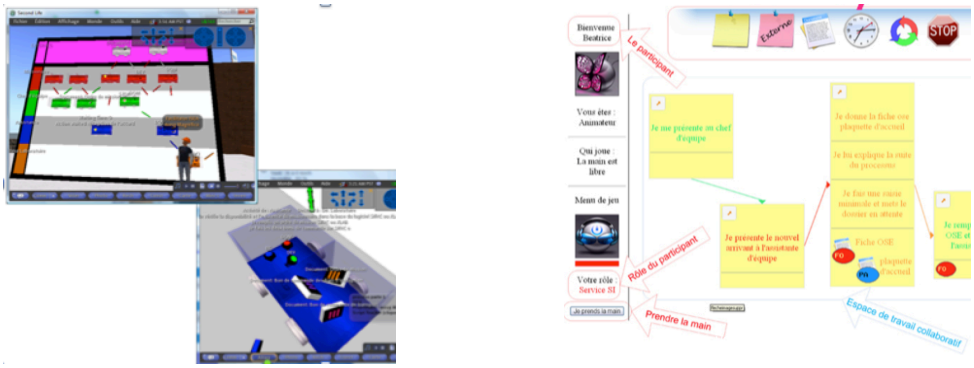


Figure 45 : les deux application ISEA : à gauche celle développée avec Second Life et à droite celle développée en intégrant les besoins de l'utilisateur.

Améliorations nécessaires: 1) Intégrer les utilisateurs à chacune des trois phases exploration, co-construction et évaluation. 2) Intégrer les utilisateurs pour la construction de la proposition avec les outils activables statiques : les post-it, les feutres, les

gommettes et avec les outils activables dynamiques : les applications informatiques support à la méthode.

- ***[Cornax 2014] : Amélioration Continue de Chorégraphie de Services : Conception et Diagnostic basés sur les Modèles***

Objectif de la thèse : *« Les processus métier des organisations deviennent de plus en plus complexes et dépendent souvent des processus et des services fournis par d'autres organisations. Le terme processus inter-organisationnel apparaît pour décrire un processus qui franchit les frontières de l'organisation intégrant un ensemble de processus avec un but commun. Du point de vue technique les organisations mettent en place leurs processus internes sous la forme d'orchestrations de services techniques. Pour permettre à ces derniers d'interagir, il est essentiel d'établir les règles de communication afin de promouvoir une compréhension commune entre les services participants ainsi que garantir leur interopérabilité. Dans ce cadre apparait le concept de chorégraphie de services. ...Notre travail a pour objectif de comprendre et exploiter le concept de chorégraphie en considérant le niveau intentionnel (les objectifs), le niveau organisationnel souvent capturés par des modèles graphiques et le niveau opérationnel centré sur les détails techniques. Pour cela, nous proposons une démarche d'amélioration continue en se focalisant sur les phases de conception et de diagnostic. »*

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques expérimentales de cette thèse :

Connaissances scientifiques (CS) et outils activables (OA)	CS : Une méthode OA : Une application associée
Objectifs des expérimentations	Construire et évaluer une méthode qui vient compléter le BPMN02 afin de mieux gérer les chorégraphies.
Utilisateurs	Utilisateurs finaux : Personnel administratif, spécialistes en SI
Etapes de la DCU	Co-construire et évaluer
Nombre d'expérimentations	5
Méthodes de production	Entretien et focus-groups
Difficultés rencontrées	Pas de réelle distinction entre CS et OA Lors des publications la difficulté à faire comprendre qu'une évaluation qualitative a du sens.

Lors de ce travail nous avons pu identifier des points forts et des points faibles et proposer des améliorations :

Points forts : Cette expérience de construction et d'évaluation a été faite avec plusieurs phases de co-construction avec des utilisateurs (entretiens et focus-group), par des phases d'évaluation par entretien et par questionnaire en ligne. Le travail de construction de l'outil activable et de la connaissance scientifique a été incrémentale. Les outils pour conduire des expérimentations élaborés dans les thèses précédentes ont été utilisés ; le doctorant a été autonome avec ces outils pour mettre en place l'ensemble des ces expérimentations.

Points faibles : Lors du démarrage des expérimentations, la distinction entre connaissance scientifique et outil activable n'a pas été assez travaillée. Ce travail aurait

permis d'encore mieux cerner les objectifs de l'expérimentation. Pour les publications, les critiques ont été sur le manque des traitements statistiques des données. Le domaine dans lequel les travaux ont été publiés demande des statistiques pour considérer les travaux comme des travaux de 'valeur'.

Améliorations nécessaires: 1) Avoir des aides pour dissocier la connaissance scientifique de l'outil activable et pour scinder l'outil activable en composants, 2) Identifier un paradigme épistémologique pour justifier la non pertinence des analyses statistiques pour évaluer les instruments construits dans le domaine des SI.

- ***Conclusion pour le domaine des SI***

Les différents travaux expérimentaux conduits de 2009 à 2013, dans le cadre des SI a permis de construire une première version d'une méthode « démarche centrée utilisateur pour une ingénierie de langages de modélisation » [Mandran et al. 2013]. Cette méthode inclut le paradigme épistémologique, la décomposition de l'outil activable en composants activables (nommés produits dans la publication), l'utilisation des trois étapes « explorer, co-construire et évaluer » de la démarche centrée utilisateur et la mixité des méthodes de production des données. Ce travail a également fournit deux guides pour rédiger le protocole expérimental et le guide d'animation.

6.2.2 Ingénierie des interfaces Homme-Machine (IIHM)

Les recherches en IIHM couvrent les concepts, les modèles et les outils logiciels nécessaires à la conception, à la mise en œuvre et à l'évaluation de nouvelles formes d'interaction au service des utilisateurs. L'innovation que vise l'IIHM s'appuie résolument sur les principes directeurs de l'ergonomie cognitive. (source : site équipe IIHM/LIG). 4 expérimentations sont présentées. Elles concernent la conception et l'évaluation d'application pour mobiles et des aspects plus exploratoires pour connaître les habitudes des personnes à leur domicile dans leur vie quotidienne ou étudier les relations entre les états émotionnels et la manipulation des portables.

- ***[Gabillon 2011]Composition d'interfaces homme-machine par planification automatique***

Objectif de la thèse : *« En informatique ambiante, les objectifs de l'utilisateur peuvent émerger opportunément. Il devient, dès lors, nécessaire de générer à la volée des systèmes interactifs. Un système interactif est composé d'un noyau fonctionnel et d'une Interface Homme-Machine (IHM). Cette thèse traite de la composition d'IHM pour un objectif utilisateur et un contexte d'usage (utilisateur, plate-forme, environnement) donnés. Elle en propose un espace problème fondé sur les exigences utilisateur recueillies par une étude qualitative. … La composition du modèle de tâches se fait par planification automatique. …un planificateur a été spécifiquement développé pour l'IHM. Son utilisation est illustrée dans un prototype Compose… »*

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques expérimentales de cette thèse :

Connaissances scientifiques (CS) et outils activables (OA)	CS : identification d'exigences utilisateur, identification d'exigences système suivant une décomposition fonctionnelle, la confrontation des algorithmes de planification au problème de composition d'IHM, une

	adaptation de ces algorithmes pour calculer le modèle de tâches de l'IHM composée. OA : un prototype « Compose »
Objectifs des expérimentations	Explorer comment les personnes souhaitent composer leur interface, co-construire une interface qui réponde à leurs exigences, Evaluer l'utilisabilité de l'application
Utilisateurs	Futurs utilisateurs de l'application (grand public)
Etapes de la DCU	explorer, co-construire , évaluer
Nombre d'expérimentation	4
Méthodes de production	Entretien, focus-groups et tests utilisateurs
Difficultés rencontrées	Lors de la co-construction, les premiers focus-groups réalisés ont été infructueux par manque de préparation et de ciblage de l'objectif expérimental.

Lors de ce travail nous avons pu identifier des points forts et des points faibles et proposer des améliorations :

Points forts : Lors des phases d'exploration, les utilisateurs ont été interviewés à l'aide d'un guide d'entretien. A la fin de l'entretien, une maquette powerpoint leur était présentée pour les faire réagir et recueillir les exigences qu'ils avaient pour utiliser un système de composition des interfaces. La maquette qui a été utilisée contenait les dimensions de la connaissance scientifique à construire. Par exemple, sur une des pages de la maquette présentée en Figure 46, deux éléments de la connaissance scientifique sont pris en considération : «Groupement et distinction par la localisation des objets sur l'interface » et « Actions et contrôles explicites ».

Points faibles : Pour l'analyse des entretiens, une analyse thématique a été conduite de la même manière qu'en sociologie. Il s'est avéré qu'appliquer cette méthode d'analyse dans le cadre de recherche en informatique est surdimensionnée. Cette recherche ne se préoccupe pas de comprendre l'humain et son contexte en profondeur comme en sociologie, mais de recueillir des représentations cognitives pour construire un outil activable. De plus, après l'analyse des entretiens, des focus-groups ont été organisés pour co-construire avec les utilisateurs l'interface de l'application. Lors de ces focus-groups, nous avons demandé aux participants de dessiner une interface qui correspond le plus à leurs exigences. Ils avaient à leur disposition du matériel pour dessiner et schématiser une interface (p.ex., papier, feutres, images, post-it, ciseaux). Malgré une introduction au problème et une présentation d'interfaces existantes les participants n'ont pas réussi à proposer une nouvelle interface. Ce premier focus-group a été improductif. Nous avons été contraint d'en réorganiser un, mais nous avons proposé aux participants de travailler sur la base d'une nouvelle maquette. C'est à dire la maquette utilisée lors des premiers entretiens améliorée avec les exigences que nous avions recueillies lors des entretiens. Les participants ont réussi à produire des schémas utilisables pour initier le travail de développement (Figure 47).

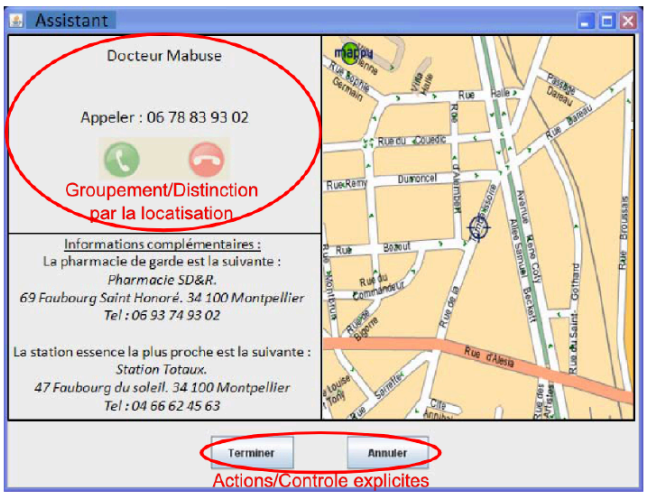
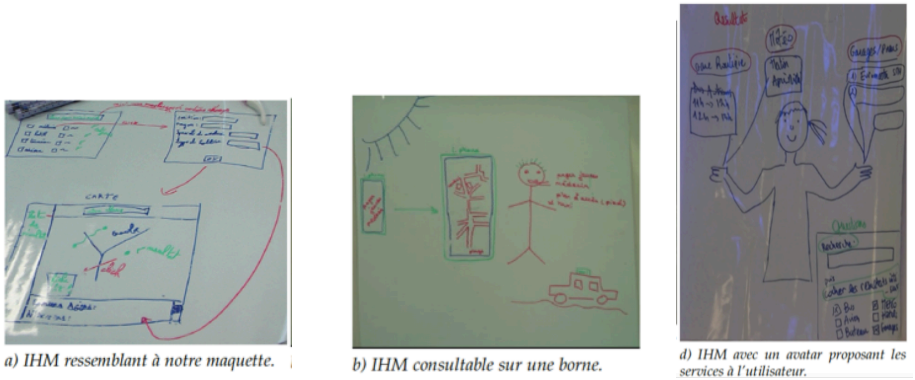


Figure 46 : Une image de la maquette Powerpoint qui contient deux éléments de la connaissance scientifique à construire et à évaluer.



a) IHM ressemblant à notre maquette. *b) IHM consultable sur une borne.* *d) IHM avec un avatar proposant les services à l'utilisateur.*

Figure 47 : Schémas d'IHM produits lors de la deuxième séance de focus-groups

Améliorations nécessaires: Les méthodes de production et d'analyse de données issues des SHS ne peuvent être appliquées de la même manière en informatique car le but de la connaissance n'est pas le même. Il est donc nécessaire d'adapter les outils des SHS à l'informatique.

D'autres travaux expérimentaux conduits durant la thèse de F.Camara [Camara 2012] ont employées les guides élaborées dans le domaine des SI, les adaptations des focus-group et des méthodes d'analyse de données. Cette réutilisation a été faite sans difficulté par la doctorante, à l'exception de l'analyse des données qualitatives qui est restée longue et fastidieuse.

- ***[Fontaine 2012] Programmation d'espace intelligent par l'utilisateur final***

Objectif de la thèse : «*Dans les processus actuels de développement, l'utilisateur est un consommateur contraint par un système pensé et réalisé par d'autres. L'objectif de cette thèse est de redonner le pouvoir à l'utilisateur final par le biais d'outils adaptés au développement d'espaces intelligents. Cette thèse retient l'habitat intelligent comme lieu de vie privilégié. Ses contributions incluent : (1) DisQo (Dispositifs du QuOtidien), une*

nouvelle méthode d'investigation des besoins, réalisable au domicile de familles, qui sollicite l'imagination et assure un juste équilibre entre contrôle expérimental, respect de la sphère privée et validité écologique des résultats ; (2) Un espace de classification pour une lecture comparative systématique et synthétique des outils portant sur le développement et la programmation d'habitats intelligents….; (3) KISS (Knit Your Ideas into Smart Spaces), un outil de programmation et de mise au point dont le langage de programmation est de type déclaratif orienté règles, avec potentiel d'égale opportunité syntaxique entre langue française pseudonaturelle (LPN) et langage visuel iconique. »

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques expérimentales de cette thèse :

Connaissances scientifiques (CS) et outils activables (OA)	CS : Fournir à l'utilisateur final des outils de type «Programmation par l'Utilisateur Final» -«Développement par l'Utilisateur Final pour qu'il puisse construire facilement et de manière opportuniste des espaces intelligents. OA : une application
Objectifs des expérimentations	Explorer comment les personnes vivent au quotidien dans leur habitat, leur faire imaginer l'habitat de demain et comment ils souhaiteraient programmer cet habitat. Evaluer une application conçue par le chercheur
Utilisateurs	Des couples dans leur foyer et des utilisateurs finaux (grand public)
Etapes de la DCU	Explorer, Evaluer
Nombre d'expérimentations	2
Méthode de production	Entretien et magicien d'OZ.
Objectifs des expérimentations	Explorer comment les personnes vivent au quotidien dans leur habitat, leur faire imaginer l'habitat de demain et comment ils souhaiteraient programmer cet habitat. Evaluer une application conçue par le chercheur
Difficultés rencontrées	Les objectifs de la recherche n'étaient pas assez affinés au moment de construire l'expérimentation. De fait, les objectifs de la phase d'exploration étaient mal définis.

Lors de ce travail nous avons pu identifier des points forts et des points faibles et proposer des améliorations :

Points forts : La nécessité d'explorer le quotidien chez les utilisateurs et leur faire imaginer des services qui leur seraient utiles au quotidien a permis d'élaborer une méthode pour forcer la créativité des utilisateurs pour proposer des services du plus naturel au plus farfelu. Il s'agissait de prendre en photo des objets du quotidien dans leur domicile, de tirer au hasard deux de ces photos et de leur demander à quoi cette

combinaison pouvaient leur servir dans leur quotidien (p.ex. lave-linge et télévision Figure 48)[Coutaz et al. 2010].

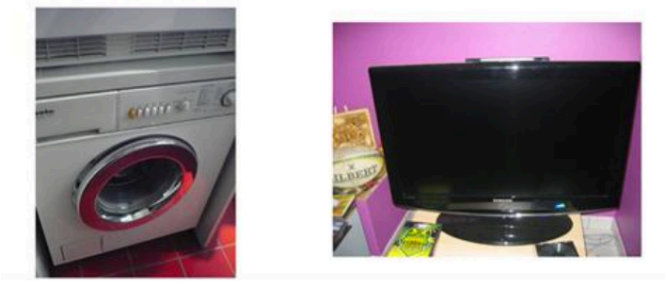


Figure 48 : exemple de combinaison d'objet pour inciter les utilisateurs à imaginer de nouveaux services

Points faibles : Les objectifs de la recherche et par conséquent des entretiens étaient très mal définis ; les expérimentations ont commencé trop tôt par rapport à la définition des objectifs de recherche. Après avoir analysé les données, il s'est avéré que les résultats obtenus avaient fait l'objet d'une offre commerciale par une entreprise. Une veille technologique et une consultation de la base des brevets de l'INPI auraient évité de faire une exploration de terrain longue et couteuse. Enfin, pour l'analyse des entretiens, une analyse thématique a été conduite de la même manière qu'en sociologie. Il s'est avéré qu'appliquer cette méthode d'analyse dans le cadre de recherche en informatique est surdimensionnée.

Améliorations nécessaires : 1) Avoir des outils pour aider à définir les objectifs des expérimentations de manière précise pour bien cerner pourquoi les utilisateurs doivent être impliqués dans l'expérimentation et pour faire quoi, 2) Indiquer aux doctorants de faire une veille technologique et consulter les bases de brevets, 3) Avoir des outils qui permettent une meilleure coopération entre chercheur en informatique et méthodologue, 4) Avoir des méthodes d'analyse des données qualitatives adaptées à la recherche en informatique

6.2.3 Tests utilisateurs pour des interfaces innovantes -2008-2014-

Plusieurs des travaux expérimentaux que nous avons suivis en Ingénierie des Interfaces Homme Machine avaient pour objectif de tester des prototypes avec des utilisateurs.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques expérimentales de ces tests:

Connaissances scientifiques (CS) et outils activables (OA)	CS et OA pas de distinction
Objectifs des expérimentations	Tester si le nouvel outil d'interaction est plus performant que d'autres outils existants dans la littérature. Les critères de la loi de Fitts sont utilisés pour ces expérimentations.
Utilisateurs	Utilisateurs finaux
Etapes de la DCU	Un seul cycle pour « évaluer » sous la forme de tests utilisateurs. .
Méthodes de production	Dans les premières expériences des tests utilisateurs seuls étaient mis en oeuvre, par la

	suite des entretiens et questionnaires ont étayés les tests utilisateurs.
Difficultés rencontrées	Les utilisateurs sont des utilisateurs experts des nouvelles technologies. Les méthodes utilisées sont des méthodes quantitatives pour évaluer mais ne permettent pas de comprendre .

Lors de ce travail nous avons pu identifier des points forts et des points faibles et proposer des améliorations :

Points forts : Les tests utilisateurs sont utilisés dans le domaine de l'Interaction Homme-Machine depuis les années 1990, leur mise en œuvre est standardisée et référencée dans de nombreux articles.

Points faibles : Les tests utilisateurs reposent sur des théories d'échantillonnage qui ne sont pas respectées dans la sélection des échantillons lors des expérimentations de terrain. L'adéquation des données recueillies avec les méthodes d'analyse de données n'est pas toujours vérifiée (p.ex.ANOVA). Les méthodes qualitatives pour comprendre sont rarement utilisées.

Améliorations à apporter : 1) Ajouter des méthodes qualitatives pour comprendre les résultats des tests utilisateurs par des entretiens avant et après l'expérimentation**,** 2) Diversifier les méthodes statistiques à utiliser : tests non paramétriques [Vincent 2014], analyse factorielle et classification automatique [Coutrix and Mandran 2012], 3) Avoir des indicateurs de qualité des données quantitatives.

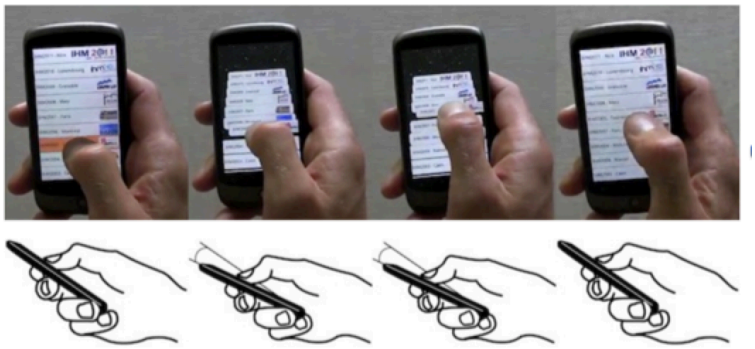


Figure 49 : Tests utilisateurs pour le dispositif de pointage « Touch over » [Vincent et al. 2013]

- ***Conclusion pour le domaine de l'IIHM***

Les différents travaux expérimentaux conduits de 2009 à 2014, dans le cadre de la recherche en IHM a permis d'identifier les difficultés pour conduire des expérimentations en IHM. Nous avons pu relever 4 types de problèmes : 1- la connaissance scientifique difficile à dissocier de l'outil activable, 2- les méthodes d'analyse des données qualitatives essentielles mais chronophages et surdimensionnées pour les besoins expérimentaux de ce domaine de recherche, 3- la focalisation sur un nombre de méthodes statistiques restreintes pas toujours employées dans un cadre dédié, 4- le manque d'utilisation de méthodes qualitatives. Pour améliorer les expérimentations dans ce domaine et construire notre méthode de recherche, comme dans le domaine des SI, l'IHM

demande à disposer d'un paradigme épistémologique, d'outils d'analyse de données qualitatives adaptés, de mixer les méthodes qualitatives et quantitatives et de disposer d'outils pour assister la collaboration entre méthodologue et chercheur.

6.2.4 Environnement Informatiques pour l'apprentissage Humain (EIAH)

Les principales problématiques des EIAH vont aborder le diagnostic cognitif de l'apprenant, la modélisation de l'apprenant, la conception d'outils auteurs pour le développeur ou pour l'enseignant, l'ingénierie d'apprentissage par le jeu. (source : site équipe MOCAH/LIP6). Dans le domaine des EAIH, nous avons contribué à la mise en place de plusieurs expérimentations, nous présentons seulement deux d'entre elles la première où les objectifs expérimentaux n'étaient pas assez définis et où une seconde où au contraire les objectifs étaient définis en profondeur.

- ***[Michelet 2010] Modélisation et conception d'un diagnostic informatique prenant en compte plusieurs modalités de résolution de problèmes dans un EIAH en électricité***

Objectifs de la thèse : *« ...Les apprenants utilisent de plus en plus des environnements ouverts leur proposant différentes activités à réaliser grâce à un éventail de modalités de résolution de problèmes (MRP) comme par exemple l'emploi d'une simulation ou d'un micromonde, ou l'usage de la formulation en langue naturelle. Les systèmes de diagnostic sont classiquement intégrés au sein d'environnements fermés et contrôlés, dans le sens où l'activité/les actions de l'apprenant sont prévisibles à l'avance. Le travail présenté dans cette thèse vise à articuler les systèmes de diagnostic et les environnements ouverts. Notre domaine d'application est l'apprentissage de l'électricité en courant continu (niveau collège et lycée). Nous proposons un modèle de diagnostic implémenté, appelé DiagElec (Diagnostic en Electricité) qui montre cette articulation. Ce modèle prend en compte les traces d'activité générées par plusieurs MRP, et les combine afin d'établir un diagnostic de l'activité de l'apprenant.»*

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques expérimentales de cette thèse :

Connaissances scientifiques (CS) et outils activables (OA)	CS et OA pas de distinction
Objectifs des expérimentations	Tester si l'outil de diagnostic est aussi performant que des diagnostics des enseignants. Construire et évaluer une application afin d'automatiser le diagnostic des réponses à QCM des élèves en TP d'électricité via le logiciel TP Elec
Utilisateurs	Enseignants de physique en collège
Etapes de la DCU	Explorer et évaluer
Nombre d'expérimentation	2
Méthodes de production	Entretien
Difficultés rencontrées	Les professeurs recrutés pour construire et évaluer l'outil d'application devaient évaluer les élèves sur la base des réponses à des QCM. Les connaissances en électricité transmises pendant les séances de TP qui avaient précédé la séance de QCM, n'étaient

	pas abordées dans le même ordre. Ce travail de construction des réponses au QCM était complexe et les données produites en retour étaient biaisées.

Lors de ce travail nous avons pu identifier des points forts et des points faibles et proposer des améliorations :

Points forts : Les nombreuses données produites par les enseignants lors des phases de construction et d'évaluation ont permis de faire des traitements statistiques et de valider l'outil de diagnostique. Un travail de validation, d'enrichissement et d'analyse des données a été conduit par un statisticien avec des méthodes rarement utilisées dans le domaine des EIAH.

Points faibles : Lors de l'élaboration du protocole pour créer les conditions de passations des élèves en TP d'électricité, les chercheurs ont imaginé un plan expérimental complexe qui couvrait plusieurs scénarios. Ainsi, les connaissances en électricité abordées étaient nombreuses (>50) et l'organisation des séances des TP prenait 4 formes différentes. Lors de la phase de notation des QCM par les trois enseignants, cette complexité non justifiée a entrainé un nombre importants de séances expérimentales avec les enseignants (entre 4 à 5 jours de temps plein par enseignant).

Améliorations à apporter : 1) Avoir des aides pour établir les objectifs expérimentaux en lien avec la problématique de recherche , 2) Apprendre à dimensionner les expérimentations, 3) Mobiliser des statisticiens ou des méthodologues et trouver des moyens de coopérer.

- ***[Mariais 2012] Modèles pour la conception de Learning Role-Playing Games en formation professionnelle***

Objectif de la thèse : *« L'évolution des besoins et des exigences des apprenants vis-à-vis de la formation professionnelle continue en entreprise requiert des solutions de formation efficaces et motivantes. Dans le contexte socio-technologique actuel, l'utilisation du jeu dans la formation paraît une piste intéressante. Ce travail de thèse, réalisé en partenariat avec la société Symetrix, s'intéresse au soutien des concepteurs pédagogiques. Nous avons tout d'abord mené une étude exploratoire et structurante de domaines liés à l'intégration du jeu dans la formation. Ensuite, nous nous sommes focalisés sur les Learning Role-Playing Games, dispositifs spécifiques de formation utilisant le jeu, pour lesquels nous proposons des modèles visant à assister les concepteurs dans la création, la mutualisation et la réutilisation de solutions. Nous proposons notamment de centrer la réflexion sur l'usage de ressorts de jeu et de guider la formalisation des scénarios à l'aide d'un système de notation visuel intégré à des outils d'assistance. Ces propositions ont fait l'objet de deux expérimentations, l'une s'appuyant sur un prototype tangible d'outil d'assistance (cartes à jouer) et l'autre sur un environnement informatique* »

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques expérimentales de cette thèse :

Connaissances scientifiques (CS) et outils activables (OA)	CS un modèle collaboratif de conception des formations OA : un jeu composé de cartes d'actions et de pions (Figure 50).
Objectifs des expérimentations	Construire le jeu sous forme statique, l'évaluer et ensuite évaluer le jeu sous forme de prototype dynamique (Figure 52)
Utilisateurs	Des concepteurs de formation et des ingénieurs pédagogiques
Etapes de la DCU	Explorer, co-construire, évaluer
Méthodes de production	Entretien et focus-group
Nombre d'expérimentation	5
Difficultés rencontrées	La seule difficulté mineure rencontrée a été l'analyse qualitative des questions ouvertes qui a pris du temps.

Lors de ce travail nous avons pu identifier des points forts et des points faibles et proposer des améliorations :

Points forts : Les expérimentations ont été conduites de manière progressive et incrémentale avec des objectifs très clairs dès le départ. Les expérimentations ont été productives, menées avec rigueur tous les livrables proposés dans la méthode THEDRE ont été capitalisés. 4 expérimentateurs différents ont pu mener des entretiens car les documents de passation étaient rédigés et validés par les 4 personnes (trois chercheurs et un méthodologue). L'analyse des données a été faite de manière collaborative, ce qui l'a rendue un peu plus longue mais fiable.

Améliorations à apporter : 1) Avoir des méthodes d'analyse des données qualitatives adaptées à la recherche en informatique (Voir le document en annexe page 241)

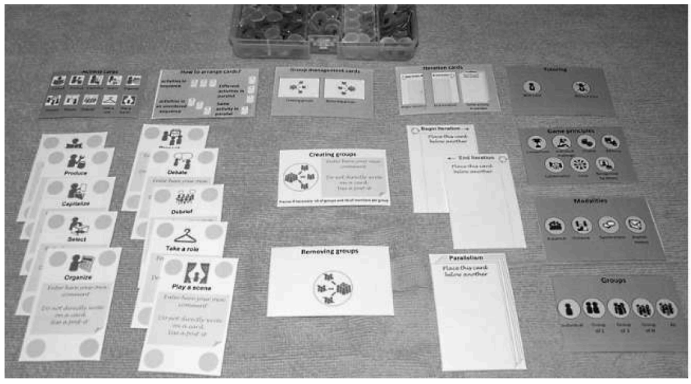


Figure 50 : ScenLRPG : jeu collaboratif pour concevoir des formations (carte d'action et pions)

Figure 51 : Séance de focus-groups pour évaluer le jeu ScenLRPG. [Pernin et al. 2012]

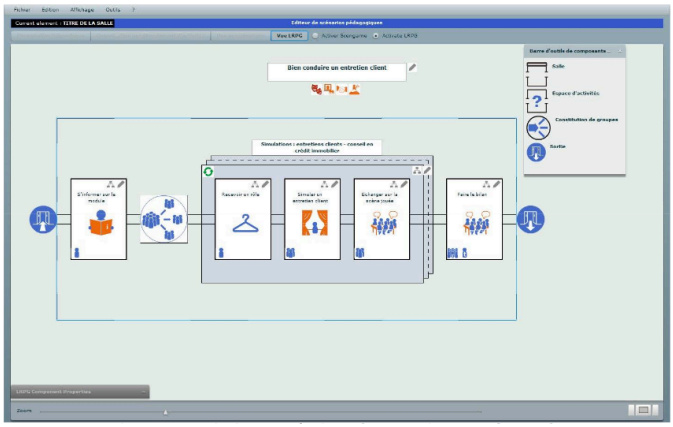


Figure 52 : Outil prototype support à ScenLRPG

- ***Conclusion pour le domaine des EIAH***

Les différents travaux expérimentaux conduits de 2010 à 2012, dans le cadre des EIAH a permis de réutiliser la méthode que nous avions construite pour le domaine des SI. Les deux travaux présentés ont permis de valider l'importance de la définition précise des objectifs. Dans le premier travail présenté les objectifs mal définis ont été une difficulté pour construire et évaluer l'outil de diagnostique alors que dans le second exemple la définition précise des objectifs de recherche et expérimentaux a permis d'obtenir des résultats pertinents à chaque expérimentation et de faire évoluer l'outil activable de manière incrémentale jusqu'à obtenir un prototype utilisable.

Pour terminer sur la construction de THEDRE, nous abordons une série d'expérimentations conduites sur les robots compagnons.

6.2.5 Ingénierie des systèmes multi-agents (SMA)

L'objectif de ces recherches est de développer des agents qui soient attractifs et proches des utilisateurs, et qui soient des interlocuteurs crédibles. Ceci a résulté en un

intérêt accru envers les Agents Conversationnels Animés (ou ECA pour Embodied Conversational Agents). Le but est de modéliser et d'implémenter des "Agents Relationnels Affectifs" en plaçant l'émotion au cœur de l'interaction humains-agents. Les travaux se concentrent sur la manière dont les ECA avec des caractéristiques expressives et affectives peuvent établir et maintenir des relations humains-agents à long terme. (source : site équipe MAGMA/LIG). Le dernier travail expérimental que nous présentons a été réalisé dans le cadre de la thèse de Wafa Benkaouar [Benkaouar 2015].Pendant ce travail de thèse, nous avons pu utiliser notre méthode de conduite de la recherche dans un autre cadre que ceux qui nous avait permis de l'élaborer.

Objectif de la thèse : *« Étude des critères de plasticité d'un monde de compagnons artificiels pour une relation sociale de valeur. Utilisation de théories de psychologie des valeurs afin de définir un modèle utilisateur personnalisé et de prendre en compte ces valeurs dans le raisonnement de l'agent compagnon. »*

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques expérimentales de cette thèse :

Connaissances scientifiques (CS) et outils activables (OA)	CS : un modèle de robots porteurs d'un style de personnalité permissive ou autoritaire OA : des robots avec un style d'interaction permissif ou autoritaire pour être des compagnons des enfants
Objectifs des expérimentations	Construire le modèle de robots porteurs de styles et les évaluer. Mesurer les différences d'engagements d'enfants en fonction des deux styles des robots.
Utilisateurs	Grand public sur un salon de la robotique et pour les questionnaires en ligne, des parents et leurs enfants.
Etapes de la DCU	Un double cycle pour explorer par du qualitatif (micro-trottoir et test dans un salon de la robotique Figure 53) et du quantitatif (questionnaire en ligne), un double cycle de co-construction qualitatif (test des prototypes) et quantitatif (questionnaire), un double cycle d'évaluation qualitatif (entretien) et quantitatif (magicien d'OZ[Kelley 1984], capteurs de mouvements)
Nombre d'expérimentations	6
Méthode de production	Micro-trottoir, Entretien, questionnaire, traces d'activités, magicien d'OZ.
Difficultés rencontrées	La difficulté rencontrée a été l'utilisation non pertinente des questionnaires de la littérature pour mesurer le ressenti émotionnel des enfants face à ces robots.

Lors de ce travail nous avons pu identifier des points forts et des points faibles et proposer des améliorations :

Points forts : De la même dans les expérimentations pour construire les modèles de conception de Learning Role-Playing Games, les expérimentations ont été conduites de

manière progressive et incrémentale avec des objectifs très clairs dès le départ. Les expérimentations ont été productives, tracées avec les livrables proposés dans la méthode THEDRE. De plus, lors de ce travail sur les robots nous avons pu conduire à chaque étape de la démarche centrée utilisateur une méthode de production quantitative et qualitative. Les outils de mesure des émotions employés sont des outils de la psychologie, ce qui garantissait a priori la pertinence de ces outils. Des questionnaires ont été utilisés pour mesurer si les styles des robots étaient perçus et crédibles pour les parents et les enfants. Ces questionnaires ont été administrés en ligne avec des vidéos des robots et en laboratoire après que les enfants aient interagi avec les robots [Benkaouar 2015] (chapitre III). D'autres données quantitatives ont été produites avec un capteur de mouvements pour évaluer l'engagement physique des enfants face à ces robots.

Points faibles : Les questionnaires issus des travaux en psychologie construits pour évaluer le ressenti émotionnel des adultes n'étaient pas adaptés pour étudier celui des enfants. Ils avaient des difficultés à répondre aux questions. De même les enfants avaient du mal à verbaliser leur ressenti par rapport à ces robots.

Améliorations à apporter : - Introduire dans les préconisations méthodologique du matériel expérimental des outils techniques tels que des capteurs et des outils pour capturer de manière plus automatiques les données (p.ex., traces, goniomètre, oculomètre) – Adapter le questionnaire de ressenti émotionnel pour les enfants – Imaginer d'autres façons ou d'autres indicateurs pour mesurer l'engagement dans une relation enfant-robot.

Figure 53 : Expérimentation exploratoire lors du Salon Innorobot 2012.

6.2.6 Conclusion sur la construction de THEDRE

Commencé en 2008, ce travail, nous a fait comprendre les besoins expérimentaux des chercheurs en informatique centrée humain, à chaque expérimentation conduite nous avons pu proposer des améliorations de la conduite expérimentale de la recherche et in fine construire la méthode THEDRE. Dans le cadre de ces travaux, le chercheur était le plus souvent aussi le développeur. THEDRE a été co-construite de façon incrémentale, dans un contexte pluridisciplinaire avec des acteurs internes impliquant chercheur, développeur et méthodologue. Son déploiement dans un autre domaine que ceux dans lesquels elle a été construite, témoigne de sa généricité pour des recherches où l'humain doit être impliqué en lien avec les techniques informatiques.

Pour construire cette méthode, nous avons agi pour : 1- faire évoluer et adapter les méthodes de production et d'analyse des données des SHS pour la RICH, 2- proposer des guides pour améliorer la collaboration pluridisciplinaire, 3- préciser les objectifs expérimentaux et les outils à construire et à évaluer dans le cadre de la RICH, 4- proposer de s'inscrire dans un paradigme épistémologique. La formalisation du processus pour le suivi des expérimentations, nous a permis d'ajouter à notre contribution un outil de gestion du processus (c.-à-d. le cycle de Deming) et des indicateurs de traçabilité du processus. Nous avons également pu tester notre méthode dans un autre contexte de la RICH que ceux dans lesquels elle avait été construite. La Figure 54 présente les différents éléments qui ont été apportés au cours de ce travail d'observation participante.

Dix éléments notoires ont marqué la construction de cette méthode : 1- le guide de brainstorming comme outil pluridisciplinaire, 2- le constructivisme pragmatique comme paradigme épistémologique 3- la dissociation entre connaissance scientifique et outil activable, 4- le test de la méthode dans un autre contexte, 5- un prototype pour guider les chercheurs, 6- le guide de décomposition de l'outil activable, 7- le diagramme d'orchestrations des expérimentations en fonction de l'état du composant activable, 8- le cadrage avec le cycle de Deming pour contrôler le processus, 9- des indicateurs pour évaluer le processus et 10- le langage de modélisation de processus de conduite de la recherche. Ces éléments notoires de la méthode THEDRE sont notés avec une coche de validation sur la Figure 54.

Nous avons expliqué la construction de THEDRE avec les acteurs de terrain et le redéploiement dans un autre domaine, nous allons maintenant évaluer les outils de formalisation de la méthode THEDRE et cinq des guides proposés.

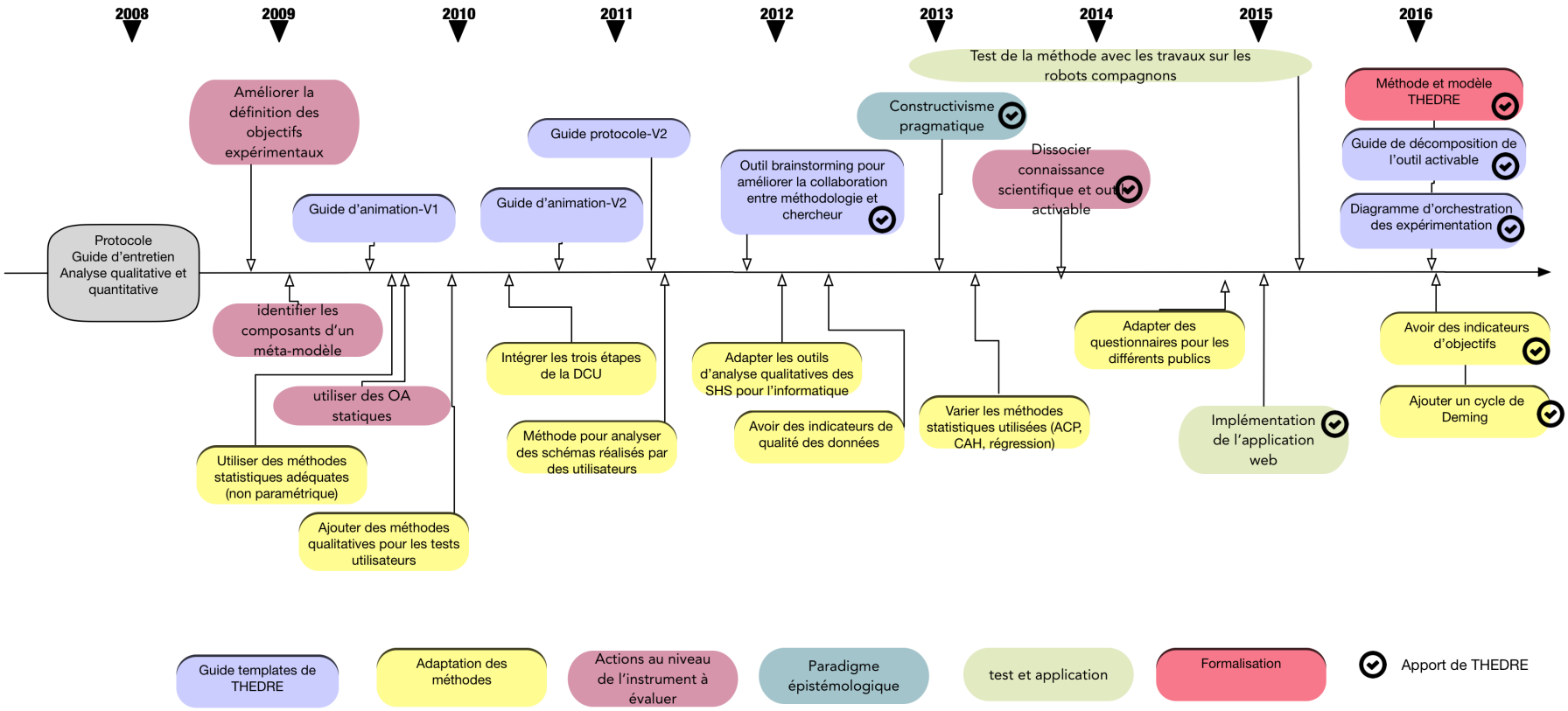


Figure 54 : Etapes de construction et d'évaluation de la méthode THEDRE 2008-2016

6.3 Evaluation de la méthode THEDRE

Afin d'évaluer les derniers éléments que nous avons ajoutés à THEDRE, nous avons menés deux expérimentations. L'orchestration de ces expérimentations est présentée dans la Figure 55. Une expérimentation concerne le langage THEDRE et les sous-processus qui sont évalués par des experts en génie logiciel. Une autre s'intéresse aux cinq guides proposés pour conduire des expérimentations : l'outil de brainstorming, le guide pour décomposer l'outil activable, le diagramme d'orchestration des expérimentations, les indicateurs d'objectifs et le logigramme d'aide à la décision pour choisir les méthodes de productions des données. Pour cette expérimentation, nous avons mobilisé des doctorants en 1ère, 2ème et 3ème année et des chercheurs en RICH.

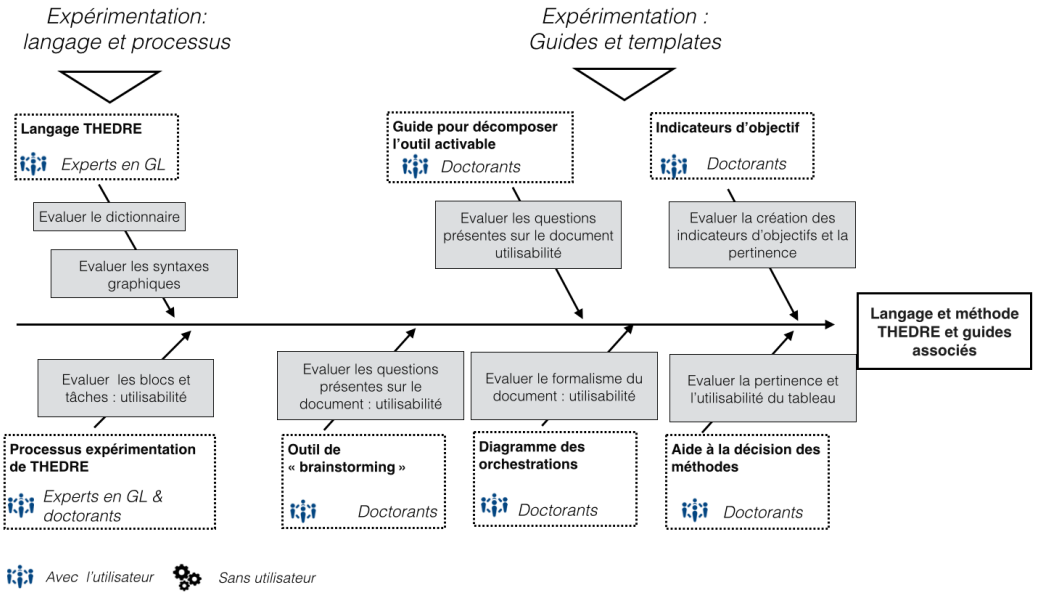


Figure 55 : Orchestration des expérimentations pour le langage THEDRE et les guides associés.

6.3.1 Evaluation du langage et du processus expérimentation

Les concepts du langage, le métamodèle et la syntaxe concrète ont été évalués avec 9 utilisateurs finaux (chercheurs et doctorants en GL). Les expérimentations ont eu lieu au laboratoire d'informatique de Grenoble en Novembre 2016.

Les indicateurs d'objectifs de cette expérimentation sont :

1. Avoir réalisé deux focus-groups avec des spécialistes en GL
2. Modification du dictionnaire, du métamodèle et de la syntaxe graphique entre les deux focus-groups
3. Avoir évalué les concepts du langage, le métamodèle, la syntaxe graphique
4. Avoir une version améliorée des concepts du langage, du métamodèle et de la syntaxe graphique

L'objectif de cette phase expérimentale est de recueillir des propositions d'amélioration du langage THEDRE et pour cela nous souhaitons obtenir des réponses aux questions suivantes :

1. Q1 : Le dictionnaire des concepts est-il compréhensible ? Quelles modifications doivent-elles être apportées ?
2. Q2 : Le métamodèle est-il compréhensible ? Correct ? Quelles modifications doivent-elles être apportées ?
3. Q3 : La syntaxe graphique est-elle compréhensible ? Correcte ? Quelles modifications doivent-elles être apportées ?
4. Q4 : Le langage THEDRE est-il utilisable par des spécialistes en GL pour lire un processus existant ?

Les composants activables à évaluer au cours des ces expérimentations sont :

1. Le dictionnaire des concepts en format statique
2. Le métamodèle de THEDRE en format statique
3. La syntaxe concrète de THEDRE en format statique
4. Le processus global et les sous-processus de THEDRE

Le protocole expérimental, le guide d'animation et les présentations utilisés pour l'expérimentation sont présentés en annexe (page 245).

6.3.2 Résultats

Le travail avec les personnes présentes aux deux focus-groups a fait évoluer le dictionnaire des concepts, le méta modèle et la syntaxe graphique.

- ***Dictionnaire des concepts***

Au niveau du dictionnaire des concepts, nous avons été conduit à enrichir les définitions pour une meilleure compréhension des futurs utilisateurs. Nous avons également modifié certains concepts. Par exemple, avant le travail avec les utilisateurs finaux, nous avions proposé deux statuts pour le composant activable : « statique » ou « interactif ». Cette terminologie n'était pas adaptée, pour les participants aux focus-groups, « statique » s'oppose à « dynamique » et pas à « interactif ». Ainsi, nous employons le terme de « dynamique » jugé plus adapté par les utilisateurs.

Dans le dictionnaire, nous avions introduit les trois verbes de la démarche centrée utilisateur or ces trois verbes ne sont pas utilisés dans le métamodèle ; ils ont été supprimés du dictionnaire pour le simplifier. En revanche dans le métamodèle nous utilisions le terme d' «outil d'expérimentation » que nous n'avions pas décrit dans le dictionnaire ; il a été ajouté.

Dans le dictionnaire, nous avions fait une distinction entre acteurs internes et acteurs externes. Les acteurs internes représentent trois rôles : chercheur, méthodologue et développeur alors que les acteurs externes représentent un seul rôle celui d'utilisateurs. Dans un souci de simplification, nous avons supprimé le concept d'acteurs externes pour conserver le seul terme « utilisateur ».

Le travail sur le dictionnaire a également permis d'éclaircir la notion d'indicateur. L'indicateur de résultat jugé peu compréhensible a été renommé « indicateur de production », dans le sens où il rend compte des livrables produits pendant le processus.

- ***Métamodèle***

Au niveau du métamodèle, les utilisateurs présents au focus-group ont lu la représentation du méta modèle (Figure 56). Le travail avec les utilisateurs finaux a fait ressortir un manque notoire. Le lien entre la partie « instrument », « outil activable » et « composant » avec la partie processus expérimental n'était direct. Le lien se faisait au travers du concept des « livrables ». Le métamodèle a donc été modifié pour ajouter un lien entre ces deux « parties » avec le concept de processus. Les cardinalités ont également été discutées et modifiées de même que les liens entre les entités.

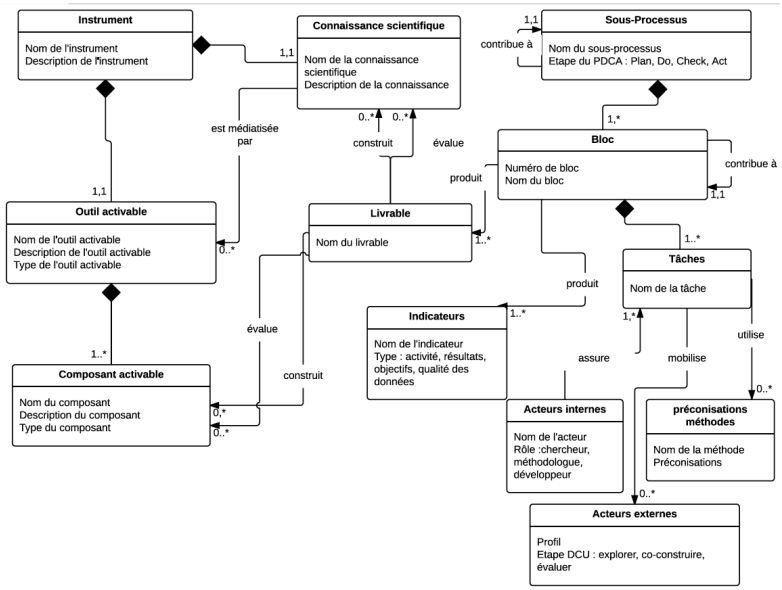


Figure 56 : Meta-modèle THEDRE avant les modifications apportées par les utilisateurs

- ***Syntaxe graphique et représentation d'un sous-processus***

La syntaxe graphique (Figure 57) et le sous-processus expérimentation de THEDRE (Figure 58) élaborés avec cette syntaxe ont été lus par les utilisateurs. Plusieurs difficultés ont été identifiées.

Les indicateurs d'objectifs n'étaient pas graphiquement distincts des autres indicateurs. Or ils sont différents des autres indicateurs (c-.à-d. activités et production) car déterminés par le chercheur au début du processus et spécifiques à la question de recherche. Nous avons donc ajouté un symbole spécifique à ces indicateurs d'objectifs (cf symbole ci-contre).

Le début et la fin du processus n'étaient pas matérialisés. Nous avons ajouté le symbole avec la lettre D pour le départ et F pour la fin. Cependant, un processus de recherche étant par définition incrémental, nous les avons rajoutés mais ils ne nous semblent pas essentiels.

A la lecture des sous-processus avec le langage de modélisation THEDRE, certains utilisateurs ont été gênés dans la lecture avec les flèches et les symboles pour les tâches « parallèle » et « contrainte ». Sur la Figure 58, la flèche contribue à entre la tâche n°2 et la tâche n°4 ne semblait pas logique dans l'ordonnancement. Les utilisateurs ne comprenaient pas non plus la nécessité des flèches « contribue à » entre la tâche n°4 et la tâche n°7 alors que le que ces tâches peuvent êtres menées en parallèle (symbole des trois traits).

La confusion se faisait entre la notion de tâche menée en parallèle, tâche contrainte et les flèches. Un processus de conduite de la recherche est amené à faire de nombreux aller-retour pour cela nous avions proposé l'utilisation des symboles de « tâches menées en parallèle » mais les flèches donnent aux utilisateurs l'impression que l'organisation des tâches dans un bloc est trop déterministe. Comme nous souhaitons que l'organisation des tâches soit le plus flexible possible : nous gardons le symbole « parallèle», nous avons diminué le nombre de flèches « contribue à » dans les blocs et les sous-processus et nous utilisons plus le symbole pour indiquer qu'un tâche est contrainte par une autre. Ainsi, le chercheur doit uniquement contrôler que certaines tâches ont été faites avant, ensuite il organise la suite du processus comme il le souhaite. En revanche, nous avons conservé les flèches « contribue à » dans le processus global, de manière à respecter l'ordonnancement des actions Plan–Do-Check-Act de la roue de Deming.

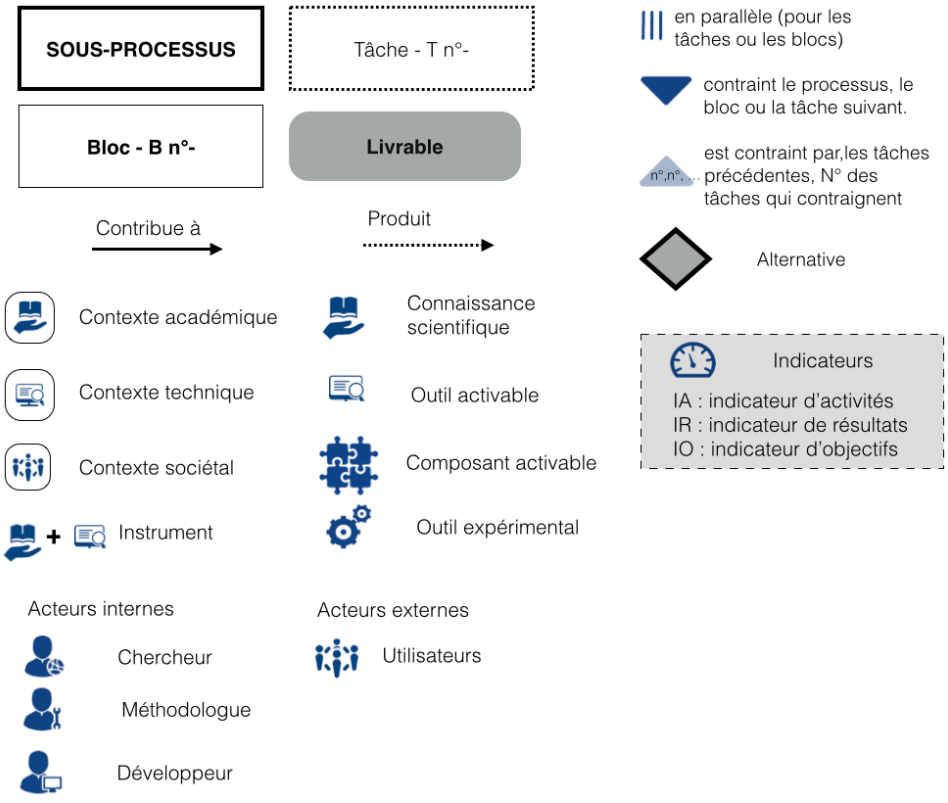


Figure 57 : Première version de la syntaxe graphique évaluée lors des focus-groups

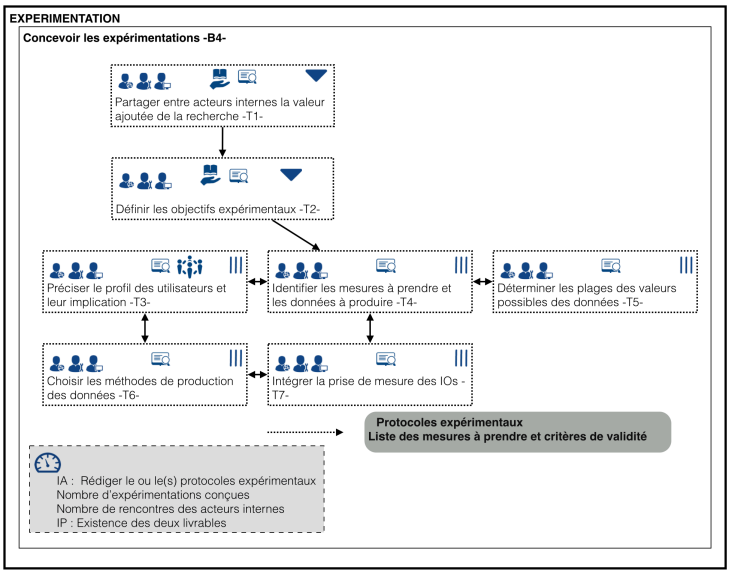


Figure 58 : Bloc « concevoir des expérimentations » évalué lors des focus-groups

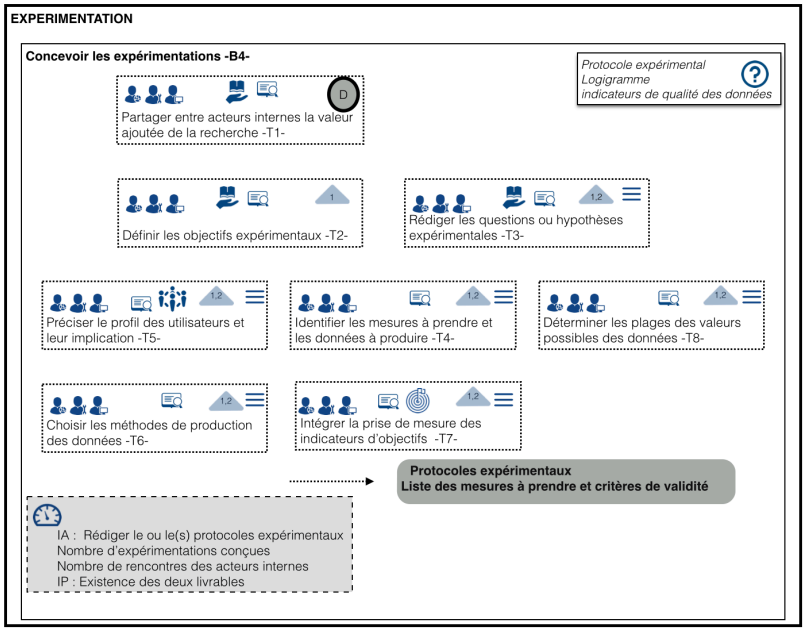


Figure 59 : Bloc « concevoir des expérimentations » après l'évaluation

- ***Conclusions***

Pour conclure sur les évaluations du langage de modélisation de processus THEDRE, nous utilisons les réponses aux questions portant sur les points faibles, les points forts et l'utilisabilité des éléments du langage.

Au niveau des points faibles le langage pose les problèmes suivants :

- Définition des indicateurs
  - *« Ca semble difficile d'en faire une liste exhaustive »*
  - *« il faut préciser la notion d'indicateurs d'objectifs »*
  - *« j'ai du mal à comprendre la notion d'indicateurs »*

    - *« définir des indicateurs de terrains ca prend du temps, de les créer de les évaluer et de les modifier »*
- Des concepts à préciser :
    - « *Améliorer la définition de certains concepts »*
    - *«Améliorer le vocabulaire »*
- Des représentations graphiques à améliorer
    - « *les flèches qui apportent de la confusion »*
    - *« processus qui semble linéaire et déterministe »*
    - *« aspect itératif pas assez visible »*
    - *« sortie après la communication »*
    - *« syntaxe de « contribue à » est- ce une dépendance ?*
    - *« une certaine lourdeur dans les détails du schéma »*
- Augmenter le guidage à l'intérieur des tâches
    - *« dans une optique de guidage avoir des méthodes pour réaliser les blocs »*

Nous avons pris en compte ces points faibles et modifié le dictionnaire des concepts et la syntaxe graphique à partir des propositions des participants aux focus-groups. Entre deux focus-groups nous avons fait les modifications. Ainsi les évaluations étaient faites sur des composants activables améliorés.

Au niveau des points forts le langage est perçu comme :

- Représentant des pratiques de terrain
    - *« relativement simple, correspond à mon processus de recherche »*
- Modulable et évolutif
    - *« il décrit très bien à gros grain le processus »*
    - *« mettre à plat le processus et les étapes de la recherche »*
    - *« permet d'avoir plusieurs granularités de description »*
    - *« détailler les tâches à conduire »*
    - *« son évolutivité »*
- Généralisable
    - *« un langage généralisable a beaucoup domaine de recherche »*
    - *« accessible adaptable aux différentes situations de recherche »*
- Structurant, guidant et formateur
    - *« aide à se repérer », « ok pour la démarche c'est rassurant »*
    - *« résume de manière claire et concise un processus de recherche »*
    - *« utile pour les jeunes chercheurs »*
    - *« permet de vérifier que l'on a rien oublié »*
    - *« je trouve cela très bien, c'est du prescriptif »*
    - *« une trame utile pour les doctorants »*
    - *« un soutien à la conception »*
- Pluridisciplinaire par l'identification des rôles
    - *« permet l'identification de la diversité des rôles et pas des acteurs »*
- Contrôlable par des indicateurs
    - *« les indicateurs sont utiles et donnent des idées »*
    - *«la formalisation du contrôle à faire alors qu'on le fait de manière implicite »*

- *« le symbole du contexte sociétal est très utile pour montrer que je dois sortir du laboratoire »*
- *« contrôler que les attentes des utilisateurs sont satisfaites »*
- *« s'assurer que l'on a rien n'oublier »*
- *« si les indicateurs ne sont pas remplis ca permet de trouver d'autres pistes de recherche »*

Les différents participants ont également noté le langage THEDRE à partir de 7 questions sur une échelle allant de 1 à 5 (la moyenne a été ramenée à 10 ; le questionnaire est présenté en annexe 244). Le langage de modélisation du processus de THEDRE est utilisable puisque les participants pensent pouvoir utiliser ce langage sans avoir besoin de formation importante. Il ne le juge ni complexe, ni incohérent. La Figure 60 présente les résultats des moyennes d'utilisabilité selon 7 critères abordés dans les questions.

En conclusion, nous pouvons dire que le langage THEDRE a permis de représenter un processus de conduite de la recherche fidèle à des pratiques de terrain. Ce processus est jugé structurant et permet de guider en particulier les doctorants. Ce langage offre aussi la possibilité d'identifier les différents rôles nécessaires à la conduite d'un processus de recherche pluridisciplinaire. Le formalisme sur le contrôle par les indicateurs et l'étape de contrôle apporté par le langage est un des points forts de THEDRE. Le langage de modélisation de processus THEDRE est jugé utilisable par les participants.

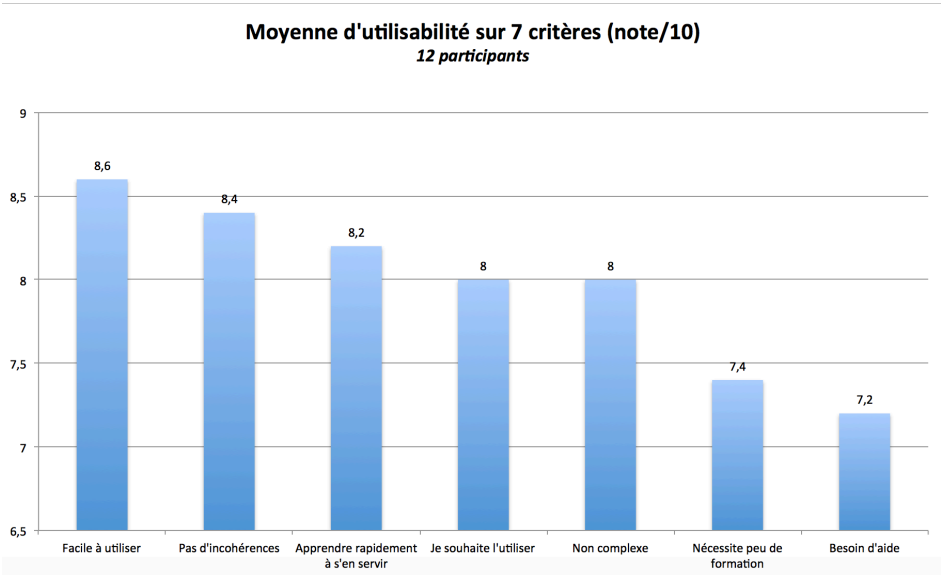


Figure 60 : Note d'utilisabilité du langage THEDRE selon 7 critères (moyenne sur 10)

6.3.3 Evaluation de l'utilisabilité des guides proposés dans la méthode THEDRE

Le guide de brainstorming, le guide pour rédiger le protocole, le guide de décomposition de l'outil activable, le diagramme d'orchestrations et le logigramme ont été évalués avec 16 utilisateurs finaux (doctorants et chercheurs) dans le cadre de deux focus-groups. Les expérimentations ont eu lieu au laboratoire d'informatique de Grenoble en Novembre 2016.

Les indicateurs d'objectifs de cette expérimentation sont :

1. Avoir réalisé deux focus-groups avec un minimum de 2*8 personnes
2. Avoir évalué les 5 guides
3. Avoir une version améliorée des guides.

Pour cette dernière phase d'évaluation, l'objectif est de recueillir l'avis des personnes sur l'utilité et l'utilisabilité des guides. De notre point de vue, ces outils sont utiles et utilisables, nous devons le vérifier auprès des utilisateurs pour cela nous posons les hypothèse suivantes :

1. H1 : l'outil de brainstorming de THEDRE est utile, il permet de définir le contenu et les objectifs de la recherche. Il permet de contrôler que les étapes initiales de conduite de la recherche on été menées. Il permet de cerner les objectifs expérimentaux.
2. H2 : le guide de construction des protocoles de THEDRE est utile, il permet de définir le contenu et les objectifs de la recherche. Il permet de cerner les objectifs expérimentaux et d'identifier les outils nécessaires aux expérimentations.
3. H3 : le guide de décomposition de l'outil activable est utilisable. Il permet de détailler ce qui doit être évaluer et construit lors des expérimentations avec ou sans utilisateur
4. H4 : le diagramme des orchestrations est utilisable. Il permet d'identifier les différentes expérimentations à conduire et de les organiser dans le temps
5. H5 : le logigramme d'aide à la décision des méthodes est utile et utilisable.

Les composants activables à évaluer au cours des ces expérimentations sont :

1. Guide « Outils de brainstorming » en format statique
2. Guide « Protocole expérimental» en format statique
3. Guide « Décomposer l'outil activable » en format statique
4. Guide « Diagramme d'orchestration » en format statique
5. Logigramme d'aide à la décision en format statique

Le protocole expérimental, le guide d'animation et les présentations utilisés pour l'expérimentation sont présentés en annexe (page 245).

6.3.4 Résultats

- ***Le guide de brainstorming***

Les participants ont focus-group ont fait des propositions d'améliorations sur le guide de brainstorming.

Les 7 suggestions faites et les améliorations apportées sont présentées ci-dessous.

Suggestion N°1 : ajouter la question « Comment savez-vous que le résultat est atteint ? »

Cette question est ajoutée au guide de brainstorming, c'est un premier moyen pour réfléchir aux indicateurs d'objectifs.

Suggestion n°s 2, 3 : ajouter les questions « Qu'est ce que l'on pourra faire avec ces résultats ? D'où vient la demande ? »

Ces questions sont ajoutées au guide de brainstorming

Suggestion n°4 : Regrouper les questions « quand » et « où » par « contexte ».

Les deux questions où et quand sont fusionnées dans une seule question de contexte.

Suggestion n°s 5,6 : Indiquer « quels sont les enjeux académiques, industriels, sociétaux ? Quelles sont les finalités à résoudre ce problème ? »

Cette suggestion rejoint les trois questions : pourquoi est-ce important de résoudre les problèmes d'un point de vue académique ? Technique ? Sociétale ? Nous ne ferons pas de modifications.

- ***Le guide de protocole***

L'ensemble des personnes présentes aux deux focus-groups ont jugé ce document utile pour ne pas oublier des éléments essentiels du protocole. L'intérêt de ce document est d'itérer sur les objectifs des expérimentations et de les reposer clairement avant de lancer une expérimentation.

- ***Le guide de décomposition de l'outil activable et le diagramme d'orchestration***

L'appropriation de ces deux outils a été plus difficile. De manière spontanée, la notion d'outil activable et de sa décomposition est apparue comme « non habituelle » aux participants, sauf pour les trois doctorants qui avaient eu l'occasion de suivre une de nos formations sur le sujet. Après une explication précise des trois concepts : connaissance scientifique, outils activable et composant activable, les participants n'ont pas rencontré de difficultés pour utiliser le guide de décomposition. Ces trois concepts demandent une formation et un temps d'appropriation.

Après avoir utilisé le guide de décomposition de l'outil activable, les participants ont pu testé le diagramme d'orchestration des expérimentations. Cependant plusieurs améliorations ont été proposées : 1- ajouter une légende sur le diagramme, pour rappeler les verbes d'actions liés à la démarche centrée utilisateur (c.-à-d. explorer, co-construire, évaluer) aux participants, 2- indiquer que malgré son apparence linéaire des itérations peuvent être conduites, 3- indiquer que ce diagramme n'est pas un organisateur dans le temps mais un outil pour ne pas oublier un des éléments à construire ou à évaluer.

- ***Le logigramme pour choisir des méthodes***

Pour évaluer le logigramme, les utilisateurs ont reçu pour consigne de trouver des méthodes à partir des trois scénarios suivants :

Dans le cadre du jardin botanique de Lille, le directeur du parc souhaite avoir un outil pour améliorer le travail des jardiniers et de leur responsable. Les jardiniers garderont une trace de leurs activités, ils pourront faire remonter des informations du terrain (photo des arbres, maladie, insectes, floraison) à leur responsable, ils pourront accéder à une base de connaissances sur les produits de traitements des arbres. Le responsable gérera le planning et les tâches des jardiniers, il contrôlera les stocks de produits et de matériels.

A partir du logigramme, vous trouverez les méthodes pour réaliser trois types d'expérimentation :

1. Connaitre les pratiques des jardiniers sans avoir de connaissance a priori sur leurs activités
2. Tester une maquette papier avec jardiniers et leur responsable
3. Tester l'application en situation réelle et échanger avec les jardiniers après l'expérience

Les participants n'ont eu aucune difficulté à identifier les méthodes les plus adéquates pour répondre à ces trois types d'expérimentations. Ils ont pu identifier plusieurs méthodes utiles pour une même expérimentation. Par exemple, dans le cas du test de l'application en situation réelle, le test avec utilisateurs et la méthode par entretien ont été retenus.

Cependant les participants ont fait des suggestions d'améliorations. En effet, la sémantique utilisée pour les questions dans le logigramme était celle du méthodologue et pas celle d'un chercheur en RICH. Nous avons donc procédé à une modification des questions. Le travail avec les participants a aussi permis de simplifier le diagramme. La première version du diagramme comportait 20 questions, après l'évaluation il comprend 15 questions. De même, sur la première version, les méthodes et les préconisations pour les méthodes apparaissaient sur le logigramme. Suite à une suggestion des participants, nous avons choisi de présenter les préconisations indépendamment du graphe, seul le nom des méthodes apparaît sur le graphe avec un code qui fait référence à la description des méthodes. L'utilisateur utilise ce code pour accéder aux préconisations sur un document associé au logigramme.

6.3.5 Conclusion sur l'évaluation de THEDRE

L'évaluation du langage de modélisation de processus de THEDRE nous a permis de l'améliorer pour qu'il soit plus compréhensible par les utilisateurs de ce langage et aussi par les utilisateurs de la méthode THEDRE modélisée avec ce langage. L'évaluation des cinq guides proposés pour garantir la traçabilité des expérimentations a permis de les faire évoluer et de les améliorer.

RESUME : CHAPITRE 6

Le chapitre 6 présente la construction et l'évaluation de THEDRE.

Pour construire et évaluer le langage de modélisation et la méthode THEDRE, nous nous inscrivons dans un paradigme constructiviste pragmatique. Nous avons pris appui sur l'expérience humaine observable du chercheur en RICH pour construire des modèles intelligibles de cette expérience, modèles qui peuvent être activés par d'autres chercheurs en RICH.

Nous avons construit THEDRE avec une méthode d'observation participante. Dans le sens, où nous avons contribué, en tant que méthodologue, pendant 10 ans à l'élaboration de travaux expérimentaux dans la RICH. Douze des ces expérimentations sont exposés. Les objectifs de ces expérimentations, les points forts et points faibles sont présentés ainsi que les améliorations qui ont été apportées à la méthode.

Nous avons évalué le modèle THEDRE lors de deux focus groups avec des experts en Génie Logiciel. Nous avons évalué la méthode de conduite de la recherche et les outils de guidage de cette méthode lors de deux focus groups avec des doctorants et des chercheurs. Ce travail d'évaluation a permis de faire évoluer le modèle et les outils de guidage de la méthode.

CHAPITRE 7

Discussion et perspectives

7.1 Rappel des contributions 197
7.2 Discussion par rapport aux critères posés dans l'état de l'art 198
7.3 Perspectives 200

7 DISCUSSION ET PERSPECTIVES

En repartant de la problématique, ce chapitre revient sur les contributions de cette thèse, il caractérise la méthode THEDRE avec les critères utilisés dans l'état de l'art pour la comparer avec les 4 types de méthodes existantes. Il en identifie les points forts et les limites de THEDRE et ouvre sur des perspectives pour la continuation de ce travail.

7.1 Rappel des contributions

La problématique que nous avons posée concerne la construction et l'évaluation des instruments produits par la RICH dans un contexte pluridisciplinaire avec pour objectif de rendre les recherches traçables et d'assister le chercheur dans ce processus.

Nous avons décliné cette problématique en deux sous-questions :

1) Quel processus de production et d'analyse de données pour construire et évaluer les instruments produits par la RICH ?

2) Comment assurer la traçabilité de ce processus ? et garantir la qualité des données et des résultats grâce à des indicateurs de contrôle des processus ?

Pour répondre à cette problématique, nous avons proposé une méthode de conduite de la recherche THEDRE (Traceable Human Experiment Design Research) et un langage de modélisation des processus de méthode de conduite de la recherche en informatique centrée humain. Ce travail a mobilisé des travaux :

- en épistémologie, pour identifier un paradigme adéquat à la construction de la connaissance en RICH. Nous avons inscrit THEDRE dans le constructivisme pragmatique.
- en ingénierie des processus pour formaliser le processus de recherche proposé.
- en démarche de conception, pour intégrer l'utilisateur dans la construction et l'évaluation de l'instrument.
- en méthodes de production et d'analyse de données issues des SHS, pour mesurer les représentations de l'humain et de son contexte
- en démarche qualité, pour trouver des moyens de tracer un processus avec des indicateurs.

Dans ce travail de thèse, nous avons proposé plusieurs éléments que nous pouvons regrouper en deux parties :

Premièrement, nous avons élaboré **une méthode de conduite de la recherche en informatique traçable centrée sur l'expérimentation avec des utilisateurs**. Elle présente les caractéristiques suivantes :

- Cette méthode d'ancre dans le constructivisme pragmatique, nous avons posé les hypothèses ontologique et épistémique de ce paradigme pour la RICH.
- Nous avons proposé un découpage de l'instrument de la recherche en connaissance scientifique et outil activable et une décomposition de l'outil

activable en composants activables. Cette décomposition permet de mieux cibler les objectifs expérimentaux dans la RICH

- Un processus de conduite de recherche pour la RICH a été formalisé et est supporté par un outil afin de guider les chercheurs dans leur démarche expérimentale.
- Pour la traçabilité du processus, nous avons proposé l'utilisation du cycle de Deming et 4 types d'indicateurs pour suivre les activités, les productions, les objectifs du processus et la qualité des données expérimentales produites.
- Pour l'intégration de l'utilisateur, nous avons utilisé une approche d'ingénierie de conception connue des développeurs en informatique : la démarche centrée utilisateur. Nous avons redéfini les objectifs des trois étapes avec les verbes « explorer », « co-construire » et « évaluer » à la place des substantifs « analyse », « conception » et « évaluation ».
- Pour la production et l'analyse des données expérimentales, nous avons proposé d'utiliser toutes les méthodes de production et d'analyse et trois types de raisonnement sur les résultats (déductif, inductif et abductif)
- Pour l'aide à la conception de protocoles expérimentaux dans un contexte pluridisciplinaire et pour la formation des doctorants, nous avons élaboré un manuel des bonnes pratiques. Il est composé d'un ensemble de guides utilisables qui pourront à terme être informatisables. Trois d'entre eux le sont déjà, ils sont accessibles sur le site https://undertracks.imag.fr/php/designstudy/.

Deuxièmement, nous avons conçu, **un langage de modélisation des processus de conduite de la recherche.** C'est une extension de BPMN qui nous permet de définir un langage de processus spécifique au domaine de la conduite de la recherche qui peut être utilisé pour tous processus dans ce cadre.

Afin de mieux cerner nos contributions, nous allons maintenant rependre les critères d'analyse des méthodes de conduite de recherche identifiés au chapitre 3.

7.2 Discussion par rapport aux critères posés dans l'état de l'art

Nous allons étudier comment notre méthode se situe par rapport aux catégories de critères définis au chapitre 3. A l'aide de ces 6 catégories et 17 critères, nous identifierons les points forts et les limites de notre méthode.

Au niveau du choix du paradigme et point d'entrée de la recherche, les critères étaient :

1. Mentionner le paradigme épistémologique auquel se réfère la recherche, ce paradigme doit être compatible avec les hypothèses ontologiques et épistémiques du constructivisme pragmatique
2. Etre guidée par la connaissance scientifique avec un outil activable à construire
3. Pouvoir faire évoluer la question de recherche au cours du processus de recherche

Dans notre méthode de conduite de la recherche, nous avons choisi un paradigme épistémologique « le constructivisme pragmatique » et posé les hypothèses associées. La recherche est initiée par l'étude des contextes académique, technique et sociétale. Le point d'entrée de la recherche repose sur un l'état de l'existant pour élaborer de la connaissance scientifique supportée par un outil activable. La question de recherche peut évoluer au cours du processus, puisque à chaque itération du processus la question peut être modifiée. Notre méthode corrobore les trois critères liés au paradigme.

Au niveau des finalités de la recherche en RICH, les critères étaient :

4. Pouvoir être applicable à une recherche qui a besoin de construire un outil activable pour élaborer une connaissance scientifique
5. Avoir une double finalité : construire et évaluer de la connaissance scientifique et l'outil activable associé
6. L'outil activable peut être décomposé en une ou plusieurs sous-parties

Notre méthode de conduite de la recherche s'intéresse à la connaissance scientifique et à l'outil activable associé. Les objectifs expérimentaux sont à la fois la construction et l'évaluation de la connaissance scientifique et de l'outil activable. Ce dernier est décomposable en composants activables pour pouvoir être construits et évalués. Notre méthode valide les trois critères. Cependant, les notions d'outil activable et de décomposition de l'outil en composants sont peu habituelles et la décomposition en composants activables reste encore difficile.

Au niveau du processus de conduite de la recherche, les critères étaient :

7. Avoir un processus de conduite de la recherche clairement spécifié
8. Procéder de manière itérative dans cette construction afin de faire évoluer la connaissance et l'outil activable
9. Offrir un processus expérimental détaillé

Dans notre contribution, nous avons formalisé, détaillé et structuré le processus de conduite de la recherche. Nous avons décrit le sous-processus expérimentation en 3 blocs et 20 tâches. Plusieurs guides ont été proposés pour accompagner le chercheur dans le sous-processus expérimentation. Le processus est cyclique pour faire progresser de manière incrémentale la connaissance scientifique et l'outil activable. Le cycle de Deming garantit cette approche itérative. Notre méthode couvre donc les trois critères de description du processus. Cependant, d'après les utilisateurs, le langage de modélisation du processus de conduite de la recherche ne rend pas suffisamment compte de ce coté itératif et de l'évolution incrémentale de la connaissance scientifique et l'outil activable.

Au niveau du contexte et de l'utilisateur, les critères étaient :

10. Considérer un contexte d'application pour résoudre la problématique de recherche
11. Intégrer l'utilisateur et son contexte à certaines étapes du processus, autrement dit s'ancrer dans une posture systémique

Notre méthode est ancrée dans un terrain, elle considère l'utilisateur et son contexte tout au long du processus de recherche. Les trois étapes de la démarche centrée utilisateur (c.-à-d. explorer, co-concevoir et évaluer) guident le chercheur dans la prise en compte de l'utilisateur dans son contexte. Les deux critères sont donc couverts.

Au niveau de la production et analyse des données, les critères étaient :

12. Autoriser la mixité des méthodes de production et d'analyse des données
13. Permettre la pluridisciplinarité au niveau des méthodes, en particulier celles produites par les SHS
14. Autoriser trois types de raisonnement déductif, inductif et abductif

Notre méthode de conduite de la recherche indique que toutes les méthodes de production et d'analyse des données sont utilisables pour construire et évaluer la connaissance scientifique et l'outil activable. Notre méthode préconise d'utiliser les outils de production des données issues des SHS mais de les adapter et de les faire évoluer pour la RICH. Au niveau des méthodes de production et d'analyse de données, THEDRE couvre les trois critères. Néanmoins pour les chercheurs en RICH, l'élaboration d'outils de recueil comme les guides d'entretiens et des outils d'analyse qualitative comme l'analyse thématique restent encore des points de difficultés lors des phases d'expérimentation.

Au niveau de la traçabilité et qualité, les critères étaient :

15. Traçabilité : offrir des outils de contrôle du processus de la recherche
16. Capitaliser les outils de production des données et les données
17. Offrir des outils pour garantir la qualité des données

Notre méthode de conduite de la recherche a fourni des moyens de tracer la recherche par des guides, des livrables et des indicateurs d'activités, de production et d'objectifs associés à chacun des blocs. Notre méthode de conduite de la recherche contient une tâche dédiée à la capitalisation des données à laquelle nous avons fourni un guide. Enfin, notre méthode propose des indicateurs pour garantir la qualité des données en utilisant 3 types d'approches : préventive, diagnostique et corrective et 8 types d'indicateurs de qualité des données. Notre méthode couvre donc les trois critères pour la traçabilité du processus et la qualité des données. Cependant, le travail à effectuer sur les données pour en assurer la qualité est difficile ; un processus dédié à cette étape serait souhaitable.

Notre méthode de conduite de la recherche THEDRE couvre l'ensemble des 17 critères que nous avions posés pour comparer les grands types de méthodes de conduite de la recherche. Néanmoins, certaines difficultés ne sont pas totalement résolues. Nous en avons identifiées sur la mise en oeuvre du processus de conduite de la recherche au niveau de la décomposition de l'outil activable, sur l'utilisation des méthodes des SHS et sur la qualité des données. Le langage de modélisation ne rend pas assez compte de la dimension cyclique et incrémentale de ce processus.

7.3 Perspectives

Nos perspectives pour continuer et étendre ces travaux sont de plusieurs ordres.

A long terme, nous pouvons envisager trois pistes de développement :

1) Nous avons déjà offert un moyen de traçer cette activité de recherche avec le cycle PDCA et des indicateurs de suivis. Mais il nous semble nécessaire d'une part d'accompagner certains sous-processus de recherche par leur propre cycle PDCA, et en particulier le sous-processus expérimentation et d'autre part de

fournir des outils pour modéliser la traçabilité dans un langage de modélisation des processus. Pour cela, nous nous inscrirons dans l'ingénierie des méthodes.

2) De proposer une normalisation des processus de la conduite de la RICH. Cette normalisation devra être vue comme un outil d'assistance au travail du chercheur de manière à offrir un cadre qui ne contraigne pas la créativité et qui laisse la liberté suffisante au chercheur de définir sa propre méthode sur la base des principes de THEDRE.
3) La finalité de la recherche en RICH est de produire et d'améliorer des connaissances scientifiques à partir de la connaissance des utilisateurs. Une des perspectives de recherche pourrait être de qualifier les évolutions des connaissances de tacites à explicites tout au long du cycle de THEDRE en prenant appui sur les travaux de [Nonaka and Konno 1998], [Nonaka et al. 2000].

Une perspective à moyen terme, serait d'étudier les méthodes de conduite de recherche pour apporter une plus grande flexibilité aux processus de recherche. Pour cela, nous pourrons prendre appui sur « le modèle Lucid/Star (J.Helms) qui mixe les approches de conception d'interaction Lucid (Smith et Duncley 1998), du modèle d'ingénierie de l'utilisabilité Star Life Cycle (Hix et hartson 1993) et des modèles du processus de Waterfall (royce 1970) et de la spirale (Boehm 1986) » . Nous pouvons aussi étudier si le métamodèle de processus flexible M2Flex [Ceret 2014] est adaptable à notre processus de conduite de la recherche.

Dans cette perspective, au niveau du langage de modélisation de conduite de la recherche THEDRE, une future application, en cours de développement, sera plus générique dans le sens où les blocs et les tâches et leur ordonnancement pourront être modifiés par le méthodologue. La future étape de développement de THEDRE sera de faire une application qui permet aux méthodologues de concevoir leur propre méthode de conduite de la recherche. C'est un premier pas vers un outil de support à l'ingénierie des processus de conduite de recherche

Mais dans un premier temps, nous devons continuer de proposer des outils des SHS adaptés à la RICH. Pour améliorer la prise en main des méthodes qualitatives, un outil d'aide à l'analyse thématique doit être imaginé en prenant appui sur les travaux réalisés dans le domaines des Computer-assisted qualitative data analysis software (CAQDAS) ; un des logiciels de ce domaine est Atlas-ti http://atlasti.com/fr/. Pour accompagner les chercheurs dans la traçabilité et la qualité des données, les blocs « capitalisation » « validation », « enrichissement » et « analyse » des données doivent être décrits à un grain plus fin afin de conceptualiser cette démarche et avoir un outil pour assister le chercheur dans ce moment crucial de la recherche. Pour résoudre la difficulté rencontrée par les participants dans la décomposition de l'outil activable, nous pouvons imaginer de faire un travail de découpage des outils activables selon les domaines de la RICH et ainsi nous pourrions disposer de protocoles expérimentaux standards en fonction de l'outil activable à construire et à évaluer par domaine de la RICH.

Ce travail de standardisation de l'outil activable accompagné de la traçabilité du processus, de la capitalisation des données et des indicateurs de qualité des données que nous avons proposés serait un moyen supplémentaire pour répondre aux besoins de qualité et de répétabilité des travaux de recherche en RICH. Cette standardisation devra

être mise en relation avec des travaux portant sur la qualité en recherche dans d'autres disciplines [Muret 2003], [Farges 2013]. A terme, cette standardisation pourrait contribuer à la définition d'un cahier de laboratoire adapté et opérationnel pour la RICH.

REFERENCES

Mitchell Aboulafia. 1991. *Philosophy, social theory, and the thought of George Herbert Mead*, SUNY Press.

Chadia Abras, Diane Maloney-Krichmar, and Jenny Preece. 2004. User-centered design. *Bainbridge W Encycl. Hum.-Comput. Interact. Thousand Oaks Sage Publ.* 37, 4 (2004), 445–56.

Marta Anadón and François Guillemette. 2006. La recherche qualitative est-elle nécessairement inductive? *Rech. Qual.* 5 (2006), 26–37.

APP. 2015. APP - Agence pour la Protection des Programmes. (2015). Retrieved August 12, 2016 from http://www.app.asso.fr/

Pascal Ardilly. 2004. *Echantillonnage et méthodes d'enquêtes : Cours et cas pratiques* 1e ed., Paris: Dunod.

Marie Jose Avenier and Aura Parmentier Cajaiba. 2012. The dialogical model: developing academic knowledge for and from practice. *Eur. Manag. Rev.* 9, 4 (2012), 199–212.

Marie-José Avenier and Catherine Thomas. 2015. Finding one's way around various methodological guidelines for doing rigorous case studies: A comparison of four epistemological frameworks. *Systèmes Inf. Manag.* 20, 1 (2015), 61–98.

M.J. Avenier. 2009. A methodological framework for constructing generic knowledge with intended value both for academia and practice. (2009).

M.J. Avenier. 2010. Shaping a Constructivist View of Organizational Design Science. *Organ. Stud.* 31, 9–10 (September 2010), 1229–1255. DOI:https://doi.org/10.1177/0170840610374395

M.J. Avenier and Catherine Thomas. 2011. Mixer quali et quanti pour quoi faire ? Méthodologie sans épistémologie n'est que ruine de réflexion. (December 2011).

T. Baccino, C. Bellino, and T. Colombi. 2005. *Mesure de l'utilisabilité des interfaces*, Hermès.

Michael Baker. 2002. Forms of cooperation in dyadic problem-solving. *Rev. Intell. Artif.* 16, 4–5 (2002), 587–620.

Soulé Bastien. 2007. Observation participante ou participation observante? Usages et justifications de la notion de participation observante en sciences sociales. *Rech. Qual.* 27, 1 (2007), 127–140.

Cyrille Batisse. 2009. Les indicateurs qualité - Bivi - Qualite. (June 2009). Retrieved August 3, 2016 from http://www.bivi.qualite.afnor.org/notice-details/les-indicateurs-qualite/1294794

Izak Benbasat and Robert W. Zmud. 1999. Empirical research in information systems: the practice of relevance. *MIS Q.* (1999), 3–16.

Wafa Benkaouar. 2015. Des Robots Compagnons avec du Style: Vers de la Plasticité en Interaction Social Humain-Robot. (2015).

Regina Bernhaupt. 2009. Usability Evaluation of Multimodal Interfaces. (2009).

Laure Berti-Equille. 2012. *La qualité et la gouvernance des données : Au service de la performance des entreprises*, Paris: Hermes Science Publications.

Laure Berti-Equille. 2007. *Quality awareness for managing and mining data*. Habilitation à diriger des recherches. University Rennes 1.

André Bisseret, Suzanne Sebillotte, and Pierre Falzon. 1999. *Techniques pratiques pour l'étude des activités expertes*, Octarès.

Denis Bouhineau. EDBA: Exercises DataBase about Algorithms (V 0.6.1778). Retrieved November 16, 2016 from https://edba.imag.fr/index_EDBA_Full.html

BPMN (Website). 2016. BPMN. (2016). Retrieved November 19, 2016 from http://www.omg.org/bpmn/index.htm

Margaret M. Bradley and Peter J. Lang. 1994. Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *J. Behav. Ther. Exp. Psychiatry* 25, 1 (1994), 49–59.

Manel Brichni, Nadine Mandran, Lilia Gzara, Sophie Dupuy-Chessa, and David Rozier. 2014. *Wiki* for knowledge sharing, a user-centred evaluation approach: a case study at *STMicroelectronics*. *J. Knowl. Manag.* 18, 6 (October 2014), 1217–1232. DOI:https://doi.org/10.1108/JKM-04-2014-0123

John Brooke and others. 1996. SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Eval. Ind.* 189, 194 (1996), 4–7.

Fatoumata Camara. 2012. *Retours d'expérience sur la conception centrée valeur de Cocoon: vers des arbres de vie*. Grenoble.

Fatoumata Camara, Rachel Demumieux, Gaëlle Calvary, and Nadine Mandran. 2010. Cocoon, un système de recommandation sensible au contexte : analyse de la valeur par une étude qualitative. In *Actes de la conférence Ergo 'IA 2010*. ACM, 211–218.

Eric Ceret. 2014. Flexibilité des processus de développement à la conception et à l'exécution: application à la plasticité des Interfaces Homme-Machine. (2014).

CERNI Grenoble. 2016. CERNI-Soumettre dossier. (2016). Retrieved August 23, 2016 from http://www.grenoblecognition.fr/index.php/ethique/ethique-soumettre-un-dossier

Chartered Quality Institute. 2016. Chartered Quality Institute (site web). (2016). Retrieved August 3, 2016 from http://www.thecqi.org/

Élisabeth Chesneau, Adeline Clément, and Éric Lieghio. 2014. Cartographie interactive historique pour informer sur les risques: application avec le DICRIM de la Ville de Saint-Étienne. *Dév. Durable Territ. Économie Géographie Polit. Droit Sociol.* 5, 3 (2014).

Michelene TH Chi. 2011. Theoretical perspectives, methodological approaches, and trends in the study of expertise. In *Expertise in mathematics instruction*. Springer, 17–39.

CNIL. 2016. CNIL. (2016). Retrieved August 23, 2016 from https://www.cnil.fr/

Paul Cobb. 2001. Supporting the improvement of learning and teaching in social and institutional context. *Cogn. Instr. Twenty-Five Years Prog.* (2001), 455–478.

The Design-Based Research Collective. 2003. Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educ. Res.* (2003), 5–8.

Allan Collins. 1992a. Toward a Design Science of Education. In Eileen Scanlon & Tim O'Shea, eds. *New Directions in Educational Technology*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 15–22.

Allan Collins. 1992b. Toward a Design Science of Education. In Eileen Scanlon & Tim O'Shea, eds. *New Directions in Educational Technology*. NATO ASI Series. Springer Berlin Heidelberg, 15–22. DOI:https://doi.org/10.1007/978-3-642-77750-9_2

Kieran Conboy, Rob Gleasure, and Eoin Cullina. 2015. Agile Design Science Research. In *International Conference on Design Science Research in Information Systems*. Springer, 168–180.

Hugh Coolican. 2014. *Research methods and statistics in psychology*, Psychology Press.

Jean Copans. 2008. *L'enquête et ses méthodes: l'enquête ethnologique de terrain*, Armand Colin.

Mario Cortes Cornax. 2014. Amélioration Continue de Chorégraphie de Services : Conception et Diagnostic basés sur les Modèles. (July 2014). Retrieved November 22, 2015 from http://www.theses.fr/s93558

Mario Cortes-Cornax, Sophie Dupuy-Chessa, Dominique Rieu, and Nadine Mandran. 2016. Evaluating the appropriateness of the BPMN 2.0 standard for modeling service choreographies: using an extended quality framework. *Softw. Syst. Model.* 15, 1 (2016), 219–255.

Joëlle Coutaz, Emeric Fontaine, Nadine Mandran, and Alexandre Demeure. 2010. DisQo: A user needs analysis method for smart home. In *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*. ACM, 615–618.

Céline Coutrix and Nadine Mandran. 2012. Identifying Emotions Expressed by Mobile Users through 2D Surface and 3D Motion Gestures. In *Proceedings of the 14th ACM International Conference on Ubiquitous Computing (Ubicomp'12), September 5-8, 2012, Pittsburgh, Pennsylvania, United States.* ACM, 311–320.

Agathe Couvreur and Franck Lehuede. 2002. Essai de comparaison de méthodes quantitatives et qualitatives. (November 2002).

John W. Creswell. 2013. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*, Sage publications.

Pierre Lafaye De Micheaux, Rémy Drouilhet, and Benoît Liquet. 2011. *Le logiciel R: Maitriser le langage-Effectuer des analyses statistiques*, Springer Science & Business Media.

David De Vaus. 2013. *Surveys in social research*, Routledge.

Erik J. De Vries. 2007. Rigorously Relevant Action Research in Information Systems. In *ECIS*. 1493–1504.

W. Edwards Deming. 1965. Principles of professionnal statistical practice. *Ann. Math. Stat.* 36, 6 (December 1965), 1883–1900.

Rodolphe Devillers, Marc Gervais, Yvan Bédard, and Robert Jeansoulin. 2002. Spatial data quality: from metadata to quality indicators and contextual end-user manual. In *OEEPE/ISPRS Joint Workshop on Spatial Data Quality Management*. 21–22.

Nunzio Di Ruocco, jean-Michel Scheiwiler, and Anastasia Sotnykova. 2012. La qualité des données : concepts de base et techniques d'amélioration. In *La qualité et la gouvernance des données*. Série Informatique et SI. Cachan: Lavoisier, 25–55.

Andreas Drechsler and Alan Hevner. 2016. A four-cycle model of IS design science research: capturing the dynamic nature of IS artifact design. In *Breakthroughs and Emerging Insights from Ongoing Design Science Projects: Research-in-progress papers and poster presentations from the 11th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology (DESRIST) 2016. St. John, Canada, 23-25 May*. DESRIST 2016.

Sophie Dupuy-Chessa, Nadine Mandran, Guillaume Godet-Bar, and Dominique Rieu. 2011. A case Study for Improving a Collaborative Design Process. In *IFIP WG8.1 Working conférence on Method Engineering (ME'2011)*.

Jean-Yves Duyck. 2003. Des lettres et des chiffres: vers la troisième génération du qualitatif en sciences de gestion. *Rev. Sci. Gest.* 30 (2003), 179–206.

ELAN. 2016. ELAN. (2016). Retrieved September 17, 2016 from https://tla.mpi.nl/tools/tla-tools/elan/

Françoise DARSES-Pierre Falzon and F. Darses. 1996. La conception collective: une approche de l'ergonomie cognitive. *Coop. Concept. Octarès Toulouse* (1996), 123–135.

Farges G., Caliste J.P., and Derathé A. 2015. *Les Cahiers de la Qualité del'UTC* Lexitis édition.,

Gilbert Farges. 2013. *Les cahiers de la qualité 2013: management de la qualité, métrologie, qualité en recherche, audit interne, qualité en santé, auto-évaluation, cadre d'auto-évaluation des fonctions publiques, Lean management...*, BoD - Books on Demand France.

Farges Gilbert and Léonard Christine. 2015. Besoins et perpectives en qualité pour les structures de recherche. In *Les Cahiers de la Qualité del'UTC*. 165–170.

Farges Gilbert, Mandran Nadine, Léonard Christine, Le Tellier Becquart Nathalie, Gentil Pereyrol Marie-Hélène, and Buchet-Maulien Isabelle. 2015. Aller au-delà de la qualité en recherche : modèle de performance et outil d'autodiagnostic. In *Les cahiers de la qualoité de l'UTC*. Lexitis édition, 171–182.

Emeric Fontaine. 2012. *Programmation d'espace intelligent par l'utilisateur final*. Université de Grenoble.

Marie-Fabienne Fortin and Johanne Gagnon. 2010. *Fondements et étapes du processus de recherche: méthodes quantitatives et qualitatives*, Montréal: Chenelière éducation,.

Yoann Gabillon. 2011. *Composition d'interfaces homme-machine par planification automatique*. Université de Grenoble.

Marco Oswaldo Santorum Gaibor. 2011. *Iesa: une méthode ludique et participative pour la représentation et l'amélioration des processus métiers*. Université de Grenoble.

M. Frédéric Jacques Gerard. 2015. *Conduite d'enquête par questionnaire* 1st ed., s.l.: Editions du robot furieux - Frederic Gerard.

Julie Gibbs. 2016. *Social Measurement Through Social Surveys: An Applied Approach*, Routledge.

Isabelle Girault and Cédric d'Ham. 2014. Scaffolding a Complex Task of Experimental Design in Chemistry with a Computer Environment. *J. Sci. Educ. Technol.* 23, 4 (2014), 514–526.

Shirley Gregor and Alan R. Hevner. 2013. Positioning and presenting design science research for maximum impact. *MIS Q.* 37, 2 (2013), 337–355.

Viviane Guéraud, Jean-Michel Adam, Anne Lejeune, Michel Dubois, and Nadine Mandran. 2009. Teachers need support too: FORMID-Observer, a Flexible Environment for Supervising Simulation-Based Learning Situations. In *Intelligent Support for Exploratory Environments Workshop ISEE'09 in AIED 2009*. (10 pages).

Michael J. Hannafin, Kathleen M. Hannafin, Susan M. Land, and Kevin Oliver. 1997. Grounded practice and the design of constructivist learning environments. *Educ. Technol. Res. Dev.* 45, 3 (1997), 101–117.

Alan Hevner. 2012. *Design Research in Information Systems: Theory and Practice*, New York; Heidelberg u.a.: Springer-Verlag New York Inc.

Alan R. Hevner. 2007. A three cycle view of design science research. *Scand. J. Inf. Syst.* 19, 2 (2007), 4.

Alan R. Hevner, Salvatore T. March, Jinsoo Park, and Sudha Ram. 2004. Design Science in Information Systems Research. *MIS Q.* 28, 1 (March 2004), 75–105.

Gregory Hill. 2009. *A Framework for Valuing the Quality of Customer Information*. University of Melbourne.

David C. Howell, Vincent Yzerbyt, and Yves Bestgen. 2008. *Méthodes statistiques en sciences humaines*, Bruxelles: De Boeck.

D.C. Howell, M. Rogier, V. Yzerbyt, and Y. Bestgen. 2007. Statistical Methods in Human Sciences. *Boeck* (2007).

Charlotte Hug. 2009. *Méthode, modèles et outil pour la méta-modélisation des processus d'ingénierie de systèmes d'information*. Université de Grenoble-Alpes.

Charlotte Hug, Nadine Mandran, Agnès Front, and Dominique Rieu. 2010. Qualitative Evaluation of a Method for Information Systems Engineering Processes. In *4th IEEE Int Conf on Research Challenges in Information Science (RCIS'10)*. 257–268.

Margareta Hult and Sven-\AAke Lennung. 1980. Towards a definition of action research: a note and bibliography. *J. Manag. Stud.* 17, 2 (1980), 241–250.

Juhani Iivari. 2007. A paradigmatic analysis of information systems as a design science. *Scand. J. Inf. Syst.* 19, 2 (2007), 5.

INPI. 2015. http://bases-brevets.inpi.fr/fr/accueil.html. (January 2015).

ISO 9241. 2010. ISO 9241-210:2010 - Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems. (2010). Retrieved September 11,

2013 from http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=52075

Francis Jambon. 2009. User evaluation of mobile devices: in-situ versus laboratory experiments. *Int. J. Mob. Hum. Comput. Interact. IJMHCI* 1, 2 (2009), 56–71.

Stéphanie Jean-Daubias. 2004. De l'intégration de chercheurs, d'experts, d'enseignants et d'apprenants à la conception d'EIAH. In *Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et de l'Industrie*. 290–297.

Radhouane BN Jrad, M. Daud Ahmed, and David Sundaram. 2014. Insider Action Design Research a multi-methodological Information Systems research approach. In *Research Challenges in Information Science (RCIS), 2014 IEEE Eighth International Conference on*. IEEE, 1–12.

John F. Kelley. 1984. An iterative design methodology for user-friendly natural language office information applications. *ACM Trans. Inf. Syst. TOIS* 2, 1 (1984), 26–41.

Jean Louis Le Moigne. 1995. *Les Epistemologies Constructivistes*,

Germain Lemasson, Sylvie Pesty, and Dominique Duhaut. 2013. Increasing communication between a man and a dog. In *Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), 2013 IEEE 4th International Conference on*. IEEE, 145–148.

Marcia C. Linn, Douglas Clark, and James D. Slotta. 2003. WISE design for knowledge integration. *Sci. Educ.* 87, 4 (2003), 517–538.

Martin Maguire. 2001. Methods to support human-centred design. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 55, 4 (2001), 587–634.

Nadine Mandran, Sophie Dupuy-Chessa, Agnès Front, and Dominique Rieu. 2013. Démarche centrée utilisateur pour une ingénierie des langages de modélisation de qualité. *Ingénierie Systèmes Inf.* 18, 3 (June 2013), 65–93. DOI:https://doi.org/10.3166/isi.18.3.65-93

Nadine Mandran, Michael Ortega, Vanda Luengo, and Denis Bouhineau. 2015. DOP8: merging both data and analysis operators life cycles for technology enhanced learning. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Learning Analytics And Knowledge*. ACM, 213–217.

Christelle Mariais. 2012. *Modèles pour la conception de Learning Role-Playing Games en formation professionnelle*. Grenoble.

Olivier Martin. 2012. Analyse quantitative. *Sociologie,* (April 2012).

Robert Cecil Martin. 2003. *Agile software development: principles, patterns, and practices*, Prentice Hall PTR.

Mark Mason. 2010. Sample Size and Saturation in PhD Studies Using Qualitative Interviews. *Forum Qual. Sozialforschung Forum Qual. Soc. Res.* 11, 3 (August 2010).

Donna M. Mertens. 2014. *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods*, Sage publications.

Sandra Michelet. 2010. Modélisation et conception d'un diagnostic informatique prenant en compte plusieurs modalités de résolution de problèmes dans un EIAH en électricité. (2010).

Sandra Michelet, Vanda Luengo, Jean-Michel Adam, and Nadine Mandran. 2010. Experimentation and results for calibrating automatic diagnosis belief linked to problem solving modalities: a case study in electricity. In *EC[TEL] 2010, 5th European Conference on Technology Enhanced Learning, Sustaining [TEL]: From Innovation to Learning and Practice*. Barcelone, Espagne, 6 pages.

Albert J. Mills, Gabrielle Durepos, and Elden Wiebe. 2009. *Encyclopedia of case study research*, Sage Publications.

Raheleh Mohebbi. 2013. Investigation on Accessibility of Scientific Data at Lulea University of Technologies. (2013).

Daniel Moody. 2009. The "physics" of notations: toward a scientific basis for constructing visual notations in software engineering. *IEEE Trans. Softw. Eng.* 35, 6 (2009), 756–779.

Alain Morineau. 1990. SPAD. N. (1990).

Arnaud Muret. 2003. *La qualité en recherche: la construction d'une norme française*. École Nationale Supérieure des Mines de Paris.

Jakob Nielsen. 1994. *Usability Engineering*, Elsevier.

Noldus. 2016. Noldus | Innovative solutions for behavioral research. (2016). Retrieved September 17, 2016 from http://www.noldus.com/

Ikujiro Nonaka and Noboru Konno. 1998. The concept of" ba": Building a foundation for knowledge creation. *Calif. Manage. Rev.* 40, 3 (1998), 40–54.

Ikujiro Nonaka, Ryoko Toyama, and Noboru Konno. 2000. SECI, Ba and leadership: a unified model of dynamic knowledge creation. *Long Range Plann.* 33, 1 (2000), 5–34.

Michael Ortega. 2013. Hook: heuristics for selecting 3d moving objects in dense target environments. In *3D User Interfaces (3DUI), 2013 IEEE Symposium on*. IEEE, 119–122.

Pierre Paille and Alex Mucchielli. 2011. *L'analyse qualitative en sciences humaine et sociales* 2ème., Armand Colin.

Ken Peffers et al. 2006. The design science research process: a model for producing and presenting information systems research. In *Proceedings of the first international conference on design science research in information systems and technology (DESRIST 2006)*. 83–106.

Jean-Philippe Pernin, Florence Michau, Nadine Mandran, and Christelle Mariais. 2012. ScenLRPG, a Board Game for the Collaborative Design of GBL Scenarios: Qualitative Analysis of an Experiment. In *Proceedings of the 6th European Conference on Games Based Learning*. Academic Publishing Limited, 384–392.

Jean Piaget. 1967. *Logique et connaissance scientifique*, Gallimard.

Henri Pirkkalainen. 2015. Dealing with emergent design science research projects in IS. In *At the Vanguard of Design Science: First Impressions and Early Findings from Ongoing Research Research-in-Progress Papers and Poster Presentations from the 10th International Conference, DESRIST 2015. Dublin, Ireland, 20-22 May.* DESRIST 2015.

Julia Polańska and Micha\l Zyznarski. 2009. *Elaboration of a method for comparison of Business Intelligence Systems which support data mining process*. School of

Engineering. Box 520. Ronneby. Sweden.

Luz-Maria Priego-Roche. 2011. *Modélisation intentionnelle et organisationnelle des systèmes d'information dans les organisations virtuelles*. Université de Grenoble.

Projet Undertracks. 2014. http://projet-undertracks.imag.fr/. (2014).

Daniel Ray. 2001. *Mesurer et développer la satisfaction des clients*, Editions d'Organisation.

Colette Rolland. 2005. L'ingénierie des méthodes : une visite guidée A Guided Tour of Method Engineering. (October 2005). Retrieved November 19, 2016 from http://revue-eti.net/document.php?id=726#tocfrom4

Per Runeson and Martin Höst. 2008. Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. *Empir. Softw. Eng.* 14, 2 (December 2008), 131–164. DOI:https://doi.org/10.1007/s10664-008-9102-8

Juozas Ruževičius. 2012. Management de la qualité. Notion globale et recherche en la matière. *J Ruževičius—Vilnius Maison D'éditions Akad. Leidyba* (2012).

Cécile Saint-Marc, Marlène Villanova-Oliver, Paule-Annick Davoine, Cicely Pams Capoccioni, and Dorine Chenier. 2016. Representation and Visualization of Imperfect Geohistorical Data About Natural Risks: A Qualitative Classification and Its Experimental Assessment. In *Geospatial Data in a Changing World*. Springer, 239–258.

Eric Sanchez, Valérie Emin-Martinez, and Nadine Mandran. 2015. Jeu-game, jeu-play, vers une modélisation du jeu. Une étude empirique à partir des traces numériques d'interaction du jeu Tamagocours. 22 (November 2015).

Éric Sanchez and Réjane Monod-Ansaldi. 2015. Recherche collaborative orientée par la conception. *Educ. Didact.* 9, 2 (2015), 73–94.

Margarete Sandelowski. 1995. Sample size in qualitative research. *Res. Nurs. Health* 18, 2 (1995), 179–183.

Marco Oswaldo Santorum, Agnès Front, Dominique Rieu, and Nadine Mandran. 2011. Approche de gestion des processus basée sur les jeux. *Rev. RTSI Sér. ISI Vol 16 N°1* XVI, I (2011), 33–59.

SAS. 2016. Analytique, Business Intelligence et Data Management. (2016). Retrieved September 25, 2016 from http://www.sas.com/fr_fr/home.html

Dominique L. Scapin and JM Christian Bastien. 1997. Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behav. Inf. Technol.* 16, 4–5 (1997), 220–231.

Maung Sein, Ola Henfridsson, Sandeep Purao, Matti Rossi, and Rikard Lindgren. 2011. Action design research. (2011).

P.S. Seligmann, G.M. Wijers, and H.G. Sol. 1989. Analyzing the structure of IS methodologies, an alternative approach. In *Proceedings of the First Dutch Conference on Information Systems*. Amersfoort, The Netherlands, EU, 1–2.

Richard J. Shavelson, Dennis C. Phillips, Lisa Towne, and Michael J. Feuer. 2003. On the science of education design studies. *Educ. Res.* 32, 1 (2003), 25–28.

David Silverman. 2006. *Interpreting qualitative data: Methods for analyzing talk, text and interaction*, Sage.

Herbert A. Simon. 2004. *Les Sciences de l'artificiel* Éd. rev. et complétée., Paris: Folio.

Jonathan A. Smith. 2007. *Qualitative psychology: A practical guide to research methods*, Sage.

M. Sokovic, D. Pavletic, and K. Kern Pipan. 2010. Quality improvement methodologies–PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. *J. Achiev. Mater. Manuf. Eng.* 43, 1 (2010), 476–483.

Robert J. Sternberg and Alain Brossard. 2007. *Manuel de psychologie cognitive: du laboratoire à la vie quotidienne*, De Boeck.

Steven J. Taylor and Robert Bogdan. 1984. Introduction to qualitative research methods: The search for meaning. (1984).

A. Tcherkassof, N. Mandran, M. Dubois, and L. Bègue. 2011. Les effets de l'ingestion aiguë d'alcool sur le jugement d'expressions faciales émotionnelles spontanées et dynamiques. *Psychol. Fr.* 56, 3 (2011), 189–202.

Sonia Tebbakh. 2007. *Identités politiques des Français d'origine maghrébine*. ANRT.

Raymond-Alain Thietart. 2014. *Méthodes de recherche en management - 4ème édition*, Dunod.

TLF. 2016. Trésor de la Langue Française informatisée. (2016). Retrieved August 30, 2016 from http://atilf.atilf.fr/dendien/scripts/tlfiv5/advanced.exe?8;s=1086268380;

Louis Trudel, Claudine Simard, and Nicolas Vonarx. 2007. La recherche qualitative est-elle nécessairement exploratoire? *Rech. Qual.* (2007), 38–45.

Undertracks plateforme. 2014. UnderTracks Platform. (2014). Retrieved August 16, 2016 from https://undertracks.imag.fr/php/

Murat Pasa Uysal. 2016. Towards a Software Engineering Research Framework: Extending Design Science Research. (2016).

Mathieu Vermeulen, Nadine Mandran, and Jean-Marc Labat. 2016. Chronicle of a scenario graph: from expected to observed learning path. In *European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2016)*. EC-TEL 2016 Conference Proceedings in Springer Lecture Notes in Computer Science (LNCS). Lyon, France.

Thomas Vincent. 2014. *Handheld Augmented Reality Interaction: Spatial Relations*. Thèses et habilitations.

Thomas Vincent, Laurence Nigay, and Takeshi Kurata. 2013. Precise pointing techniques for handheld augmented reality. In *IFIP Conference on Human-Computer Interaction*. Springer, 122–139.

Feng Wang and Michael J. Hannafin. 2005. Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educ. Technol. Res. Dev.* 53, 4 (2005), 5–23.

Wikipedia. 2016. Méthode agile. *Wikipédia* (June 2016).

WISE site. 2016. WISE Features. (April 2016). Retrieved April 20, 2016 from

https://wise.berkeley.edu/pages/features.html

ANNEXES

I. Objectifs de la RICH et exemples d'outils à construire

Objectifs de ces recherches	Exemples d'outils à construire
Ingénierie des Interfaces Homme Machine (IIHM)	--
Ces recherches couvrent les concepts, les modèles et les outils logiciels nécessaires à la conception, à la mise en œuvre et à l'évaluation de nouvelles formes d'interaction au service des utilisateurs. L'innovation que vise IIHM s'appuie résolument sur les principes directeurs de l'ergonomie cognitive. (source : site équipe IIHM/LIG).	Dispositifs pour interagir entre le 2D et le 3D Mitchell Aboulafia. 1991. *Philosophy, social theory, and the thought of George Herbert Mead*, SUNY Press. Chadia Abras, Diane Maloney-Krichmar, and Jenny Preece. 2004. User-centered design. *Bainbridge W Encycl. Hum.-Comput. Interact. Thousand Oaks Sage Publ.* 37, 4 (2004), 445–56. Marta Anadón and François Guillemette. 2006. La recherche qualitative est-elle nécessairement inductive? *Rech. Qual.* 5 (2006), 26–37. APP. 2015. APP - Agence pour la Protection des Programmes. (2015). Retrieved August 12, 2016 from http://www.app.asso.fr/ Pascal Ardilly. 2004. *Echantillonnage et méthodes d'enquêtes : Cours et cas pratiques* 1e ed., Paris: Dunod. Marie Jose Avenier and Aura Parmentier Cajaiba. 2012. The dialogical model: developing academic knowledge for and from practice. *Eur. Manag. Rev.* 9, 4 (2012), 199–212. Marie-José Avenier and Catherine Thomas. 2015. Finding one's way around various methodological guidelines for doing rigorous case studies: A comparison of four epistemological frameworks. *Systèmes Inf. Manag.* 20, 1 (2015), 61–98. M.J. Avenier. 2009. A methodological framework for constructing generic knowledge with intended value both for academia and practice.

(2009).

M.J. Avenier. 2010. Shaping a Constructivist View of Organizational Design Science. *Organ. Stud.* 31, 9-10 (September 2010), 1229–1255. DOI:https://doi.org/10.1177/0170840610374395

M.J. Avenier and Catherine Thomas. 2011. Mixer quali et quanti pour quoi faire ? Méthodologie sans épistémologie n'est que ruine de réflexion. (December 2011).

T. Baccino, C. Bellino, and T. Colombi. 2005. *Mesure de l'utilisabilité des interfaces*, Hermès.

Michael Baker. 2002. Forms of cooperation in dyadic problem-solving. *Rev. Intell. Artif.* 16, 4-5 (2002), 587–620.

Soulé Bastien. 2007. Observation participante ou participation observante? Usages et justifications de la notion de participation observante en sciences sociales. *Rech. Qual.* 27, 1 (2007), 127–140.

Cyrille Batisse. 2009. Les indicateurs qualité - Bivi - Qualite. (January 2009). Retrieved August 3, 2016 from http://www.bivi.qualite.afnor.org/notice-details/les-indicateurs-qualite/1294794

Izak Benbasat and Robert W. Zmud. 1999. Empirical research in information systems: the practice of relevance. *MIS Q.* (1999), 3–16.

Wafa Benkaouar. 2015. Des Robots Compagnons avec du Style: Vers de la Plasticité en Interaction Social Humain-Robot. (2015).

Regina Bernhaupt. 2009. Usability Evaluation of Multimodal Interfaces. (2009).

Laure Berti-Equille. 2012. *La qualité et la gouvernance des données : Au service de la performance des entreprises*, Paris: Hermes Science Publications.

Laure Berti-Equille. 2007. *Quality awareness for managing and mining data*. Habilitation à diriger des recherches. University Rennes 1.

André Bisseret, Suzanne Sebillotte, and Pierre Falzon. 1999. *Techniques pratiques pour l'étude des activités expertes*, Octarès.

Denis Bouhineau. EDBA: Exercises DataBase about Algorithms (V 0.6.1778). Retrieved November 16, 2016 from https://edba.imag.fr/index_EDBA_Full.html

BPMN (Website). 2016. BPMN. (2016). Retrieved November 19, 2016 from http://www.omg.org/bpmn/index.htm

Margaret M. Bradley and Peter J. Lang. 1994. Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *J. Behav. Ther. Exp. Psychiatry* 25, 1 (1994), 49–59.

Manel Brichni, Nadine Mandran, Lilia Gzara, Sophie Dupuy-Chessa, and David Rozier. 2014. *Wiki* for knowledge sharing, a user-centred evaluation approach: a case study at *STMicroelectronics*. *J. Knowl. Manag.* 18, 6 (October 2014), 1217–1232. DOI:https://doi.org/10.1108/JKM-04-2014-0123

John Brooke and others. 1996. SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Eval. Ind.* 189, 194 (1996), 4–7.

Fatoumata Camara. 2012. *Retours d'expérience sur la conception centrée valeur de Cocoon: vers des arbres de vie*. Grenoble.

Fatoumata Camara, Rachel Demumieux, Gaëlle Calvary, and Nadine Mandran. 2010. Cocoon, un système de recommandation sensible au contexte : analyse de la valeur par une étude qualitative. In *Actes de la conférence Ergo 'IA 2010*. ACM, 211–218.

Eric Ceret. 2014. Flexibilité des processus de développement à la conception et à l'exécution: application à la plasticité des Interfaces

Homme-Machine. (2014).

CERNI Grenoble. 2016. CERNI-Soumettre dossier. (2016). Retrieved August 23, 2016 from http://www.grenoblecognition.fr/index.php/ethique/ethique-soumettre-un-dossier

Chartered Quality Institute. 2016. Chartered Quality Institute (site web). (2016). Retrieved August 3, 2016 from http://www.thecqi.org/

Élisabeth Chesneau, Adeline Clément, and Éric Lieghio. 2014. Cartographie interactive historique pour informer sur les risques: application avec le DICRIM de la Ville de Saint-Étienne. *Dév. Durable Territ. Économie Géographie Polit. Droit Sociol.* 5, 3 (2014).

Michelene TH Chi. 2011. Theoretical perspectives, methodological approaches, and trends in the study of expertise. In *Expertise in mathematics instruction*. Springer, 17–39.

CNIL. 2016. CNIL. (2016). Retrieved August 23, 2016 from https://www.cnil.fr/

Paul Cobb. 2001. Supporting the improvement of learning and teaching in social and institutional context. *Cogn. Instr. Twenty-Five Years Prog.* (2001), 455–478.

The Design-Based Research Collective. 2003. Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educ. Res.* (2003), 5–8.

Allan Collins. 1992a. Toward a Design Science of Education. In Eileen Scanlon & Tim O'Shea, eds. *New Directions in Educational Technology*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 15–22.

Allan Collins. 1992b. Toward a Design Science of Education. In Eileen Scanlon & Tim O'Shea, eds. *New Directions in Educational Technology*. NATO ASI Series. Springer Berlin Heidelberg, 15–22.

Kieran Conboy, Rob Gleasure, and Eoin Cullina. 2015. Agile Design Science Research. In *International Conference on Design Science Research in Information Systems*. Springer, 168–180.

Hugh Coolican. 2014. *Research methods and statistics in psychology*, Psychology Press.

Jean Copans. 2008. *L'enquête et ses méthodes: l'enquête ethnologique de terrain*, Armand Colin.

Mario Cortes Cornax. 2014. Amélioration Continue de Chorégraphie de Services : Conception et Diagnostic basés sur les Modèles. (July 2014). Retrieved November 22, 2015 from http://www.theses.fr/s93558

Mario Cortes-Cornax, Sophie Dupuy-Chessa, Dominique Rieu, and Nadine Mandran. 2016. Evaluating the appropriateness of the BPMN 2.0 standard for modeling service choreographies: using an extended quality framework. *Softw. Syst. Model.* 15, 1 (2016), 219–255.

Joëlle Coutaz, Emeric Fontaine, Nadine Mandran, and Alexandre Demeure. 2010. DisQo: A user needs analysis method for smart home. In *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*. ACM, 615–618.

Céline Coutrix and Nadine Mandran. 2012. Identifying Emotions Expressed by Mobile Users through 2D Surface and 3D Motion Gestures. In *Proceedings of the 14th ACM International Conference on Ubiquitous Computing (Ubicomp'12), September 5-8, 2012, Pittsburgh, Pennsylvania, United States.* ACM, 311–320.

Agathe Couvreur and Franck Lehuede. 2002. Essai de comparaison de méthodes quantitatives et qualitatives. (November 2002).

John W. Creswell. 2013. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*, Sage publications.

Pierre Lafaye De Micheaux, Rémy Drouilhet, and Benoît Liquet. 2011. *Le logiciel R: Maitriser le langage-Effectuer des analyses statistiques*, Springer Science & Business Media.

W. Edwards Deming. 1965. Principles of professionnal statistical practice. *Ann. Math. Stat.* 36, 6 (December 1965), 1883–1900.

David De Vaus. 2013. *Surveys in social research*, Routledge.

Rodolphe Devillers, Marc Gervais, Yvan Bédard, and Robert Jeansoulin. 2002. Spatial data quality: from metadata to quality indicators and contextual end-user manual. In *OEEPE/ISPRS Joint Workshop on Spatial Data Quality Management*. 21–22.

Erik J. De Vries. 2007. Rigorously Relevant Action Research in Information Systems. In *ECIS*. 1493–1504.

Nunzio Di Ruocco, jean-Michel Scheiwiler, and Anastasia Sotnykova. 2012. La qualité des données : concepts de base et techniques d'amélioration. In *La qualité et la gouvernance des données*. Série Informatique et SI. Cachan: Lavoisier, 25–55.

Andreas Drechsler and Alan Hevner. 2016. A four-cycle model of IS design science research: capturing the dynamic nature of IS artifact design. In *Breakthroughs and Emerging Insights from Ongoing Design Science Projects: Research-in-progress papers and poster presentations from the 11th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology (DESRIST) 2016. St. John, Canada, 23-25 May*. DESRIST 2016.

Sophie Dupuy-Chessa, Nadine Mandran, Guillaume Godet-Bar, and Dominique Rieu. 2011. A case Study for Improving a Collaborative Design Process. In *IFIP WG8.1 Working conférence on Method Engineering (ME'2011)*.

Jean-Yves Duyck. 2003. Des lettres et des chiffres: vers la troisième

génération du qualitatif en sciences de gestion. *Rev. Sci. Gest.* 30 (2003), 179–206.

ELAN. 2016. ELAN. (2016). Retrieved September 17, 2016 from https://tla.mpi.nl/tools/tla-tools/elan/

Françoise DARSES-Pierre Falzon and F. Darses. 1996. La conception collective: une approche de l'ergonomie cognitive. *Coop. Concept. Octarès Toulouse* (1996), 123–135.

Farges G., Caliste J.P., and Derathé A. 2015. *Les Cahiers de la Qualité del'UTC* Lexitis édition.,

Gilbert Farges. 2013. *Les cahiers de la qualité 2013: management de la qualité, métrologie, qualité en recherche, audit interne, qualité en santé, auto-évaluation, cadre d'auto-évaluation des fonctions publiques, Lean management...*, BoD - Books on Demand France.

Farges Gilbert, Mandran Nadine, Léonard Christine, Le Tellier Becquart Nathalie, Gentil Pereyrol Marie-Hélène, and Buchet-Maulien Isabelle. 2015. Aller au-delà de la qualité en recherche : modèle de performance et outil d'autodiagnostic. In *Les cahiers de la qualoité de l'UTC*. Lexitis édition, 171–182.

Emeric Fontaine. 2012. *Programmation d'espace intelligent par l'utilisateur final*. Université de Grenoble.

Marie-Fabienne Fortin and Johanne Gagnon. 2010. *Fondements et étapes du processus de recherche: méthodes quantitatives et qualitatives*, Montréal: Chenelière éducation,.

Yoann Gabillon. 2011. *Composition d'interfaces homme-machine par planification automatique*. Université de Grenoble.

Marco Oswaldo Santorum Gaibor. 2011. *Iesa: une méthode ludique et participative pour la représentation et l'amélioration des processus métiers*. Université de Grenoble.

M. Frédéric Jacques Gerard. 2015. *Conduite d'enquête par questionnaire* 1st ed., s.l.: Editions du robot furieux - Frederic Gerard.

Julie Gibbs. 2016. *Social Measurement Through Social Surveys: An Applied Approach*, Routledge.

Isabelle Girault and Cédric d'Ham. 2014. Scaffolding a Complex Task of Experimental Design in Chemistry with a Computer Environment. *J. Sci. Educ. Technol.* 23, 4 (2014), 514–526.

Shirley Gregor and Alan R. Hevner. 2013. Positioning and presenting design science research for maximum impact. *MIS Q.* 37, 2 (2013), 337–355.

Viviane Guéraud, Jean-Michel Adam, Anne Lejeune, Michel Dubois, and Nadine Mandran. 2009. Teachers need support too: FORMID-Observer, a Flexible Environment for Supervising Simulation-Based Learning Situations. In *Intelligent Support for Exploratory Environments Workshop ISEE'09 in AIED 2009*. (10 pages).

Michael J. Hannafin, Kathleen M. Hannafin, Susan M. Land, and Kevin Oliver. 1997. Grounded practice and the design of constructivist learning environments. *Educ. Technol. Res. Dev.* 45, 3 (1997), 101–117.

Alan Hevner. 2012. *Design Research in Information Systems: Theory and Practice*, New York; Heidelberg u.a.: Springer-Verlag New York Inc.

Alan R. Hevner. 2007. A three cycle view of design science research. *Scand. J. Inf. Syst.* 19, 2 (2007), 4.

Alan R. Hevner, Salvatore T. March, Jinsoo Park, and Sudha Ram. 2004. Design Science in Information Systems Research. *MIS Q.* 28, 1 (March 2004), 75–105.

Gregory Hill. 2009. *A Framework for Valuing the Quality of Customer Information*. University of Melbourne.

David C. Howell, Vincent Yzerbyt, and Yves Bestgen. 2008. *Méthodes statistiques en sciences humaines*, Bruxelles: De Boeck.

D.C. Howell, M. Rogier, V. Yzerbyt, and Y. Bestgen. 2007. Statistical Methods in Human Sciences. *Boeck* (2007).

Charlotte Hug. 2009. *Méthode, modèles et outil pour la méta-modélisation des processus d'ingénierie de systèmes d'information*. Université de Grenoble-Alpes.

Charlotte Hug, Nadine Mandran, Agnès Front, and Dominique Rieu. 2010. Qualitative Evaluation of a Method for Information Systems Engineering Processes. In *4th IEEE Int Conf on Research Challenges in Information Science (RCIS'10)*. 257–268.

Margareta Hult and Sven-\AAke Lennung. 1980. Towards a definition of action research: a note and bibliography. *J. Manag. Stud.* 17, 2 (1980), 241–250.

Juhani Iivari. 2007. A paradigmatic analysis of information systems as a design science. *Scand. J. Inf. Syst.* 19, 2 (2007), 5.

INPI. 2015. http://bases-brevets.inpi.fr/fr/accueil.html. (January 2015).

ISO 9241. 2010. ISO 9241-210:2010 - Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems. (2010). Retrieved September 11, 2013 from http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=52075

Francis Jambon. 2009. User evaluation of mobile devices: in-situ versus laboratory experiments. *Int. J. Mob. Hum. Comput. Interact. IJMHCI* 1, 2 (2009), 56–71.

Stéphanie Jean-Daubias. 2004. De l'intégration de chercheurs, d'experts, d'enseignants et d'apprenants à la conception d'EIAH. In *Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et de l'Industrie*. 290–297.

Radhouane BN Jrad, M. Daud Ahmed, and David Sundaram. 2014. Insider Action Design Research a multi-methodological Information Systems research approach. In *Research Challenges in Information Science (RCIS), 2014 IEEE Eighth International Conference on*. IEEE, 1–12.

John F. Kelley. 1984. An iterative design methodology for user-friendly natural language office information applications. *ACM Trans. Inf. Syst. TOIS* 2, 1 (1984), 26–41.

Germain Lemasson, Sylvie Pesty, and Dominique Duhaut. 2013. Increasing communication between a man and a dog. In *Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), 2013 IEEE 4th International Conference on*. IEEE, 145–148.

Jean Louis Le Moigne. 1995. *Les Epistemologies Constructivistes*,

Marcia C. Linn, Douglas Clark, and James D. Slotta. 2003. WISE design for knowledge integration. *Sci. Educ.* 87, 4 (2003), 517–538.

Martin Maguire. 2001. Methods to support human-centred design. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 55, 4 (2001), 587–634.

Nadine Mandran, Sophie Dupuy-Chessa, Agnès Front, and Dominique Rieu. 2013. Démarche centrée utilisateur pour une ingénierie des langages de modélisation de qualité. *Ingénierie Systèmes Inf.* 18, 3 (June 2013), 65–93. DOI:https://doi.org/10.3166/isi.18.3.65-93

Nadine Mandran, Michael Ortega, Vanda Luengo, and Denis Bouhineau. 2015. DOP8: merging both data and analysis operators life

cycles for technology enhanced learning. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Learning Analytics And Knowledge*. ACM, 213–217.

Christelle Mariais. 2012. *Modèles pour la conception de Learning Role-Playing Games en formation professionnelle*. Grenoble.

Olivier Martin. 2012. Analyse quantitative. *Sociologie,* (April 2012).

Robert Cecil Martin. 2003. *Agile software development: principles, patterns, and practices*, Prentice Hall PTR.

Mark Mason. 2010. Sample Size and Saturation in PhD Studies Using Qualitative Interviews. *Forum Qual. Sozialforschung Forum Qual. Soc. Res.* 11, 3 (August 2010).

Donna M. Mertens. 2014. *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods*, Sage publications.

Sandra Michelet. 2010. Modélisation et conception d'un diagnostic informatique prenant en compte plusieurs modalités de résolution de problèmes dans un EIAH en électricité. (2010).

Sandra Michelet, Vanda Luengo, Jean-Michel Adam, and Nadine Mandran. 2010. Experimentation and results for calibrating automatic diagnosis belief linked to problem solving modalities: a case study in electricity. In *EC^{TEL} 2010, 5th European Conference on Technology Enhanced Learning, Sustaining ^{TEL}: From Innovation to Learning and Practice*. Barcelone, Espagne, 6 pages.

Albert J. Mills, Gabrielle Durepos, and Elden Wiebe. 2009. *Encyclopedia of case study research*, Sage Publications.

Raheleh Mohebbi. 2013. Investigation on Accessibility of Scientific Data at Lulea University of Technologies. (2013).

Daniel Moody. 2009. The “physics” of notations: toward a scientific basis for constructing visual notations in software engineering. *IEEE Trans. Softw. Eng.* 35, 6 (2009), 756–779.

Alain Morineau. 1990. SPAD. N. (1990).

Arnaud Muret. 2003. *La qualité en recherche: la construction d’une norme française*. École Nationale Supérieure des Mines de Paris.

Jakob Nielsen. 1994. *Usability Engineering*, Elsevier.

Noldus. 2016. Noldus | Innovative solutions for behavioral research. (2016). Retrieved September 17, 2016 from http://www.noldus.com/

Michael Ortega. 2013. Hook: heuristics for selecting 3d moving objects in dense target environments. In *3D User Interfaces (3DUI), 2013 IEEE Symposium on*. IEEE, 119–122.

Pierre Paille and Alex Mucchielli. 2011. *L’analyse qualitative en sciences humaine et sociales* 2ème ed., Armand Colin.

Ken Peffers et al. 2006. The design science research process: a model for producing and presenting information systems research. In *Proceedings of the first international conference on design science research in information systems and technology (DESRIST 2006)*. 83–106.

Jean-Philippe Pernin, Florence Michau, Nadine Mandran, and Christelle Mariais. 2012. ScenLRPG, a Board Game for the Collaborative Design of GBL Scenarios: Qualitative Analysis of an Experiment. In *Proceedings of the 6th European Conference on Games Based Learning*. Academic Publishing Limited, 384–392.

Jean Piaget. 1967. *Logique et connaissance scientifique*, Gallimard.

Henri Pirkkalainen. 2015. Dealing with emergent design science research projects in IS. In *At the Vanguard of Design Science: First*

Impressions and Early Findings from Ongoing Research Research-in-Progress Papers and Poster Presentations from the 10th International Conference, DESRIST 2015. Dublin, Ireland, 20-22 May. DESRIST 2015.

Julia Polańska and Micha\l Zyznarski. 2009. *Elaboration of a method for comparison of Business Intelligence Systems which support data mining process*. School of Engineering. Box 520. Ronneby. Sweden.

Luz-Maria Priego-Roche. 2011. *Modélisation intentionnelle et organisationnelle des systèmes d'information dans les organisations virtuelles*. Université de Grenoble.

Projet Undertracks. 2014. http://projet-undertracks.imag.fr/. (2014).

Daniel Ray. 2001. *Mesurer et développer la satisfaction des clients*, Editions d'Organisation.

Colette Rolland. 2005. L'ingénierie des méthodes : une visite guidée A Guided Tour of Method Engineering. (October 2005). Retrieved November 19, 2016 from http://revue-eti.net/document.php?id=726#tocfrom4

Per Runeson and Martin Höst. 2008. Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. *Empir. Softw. Eng.* 14, 2 (December 2008), 131–164. DOI:https://doi.org/10.1007/s10664-008-9102-8

Juozas Ruževičius. 2012. Management de la qualité. Notion globale et recherche en la matière. *J Ruževičius—Vilnius Maison D'éditions Akad. Leidyba* (2012).

Cécile Saint-Marc, Marlène Villanova-Oliver, Paule-Annick Davoine, Cicely Pams Capoccioni, and Dorine Chenier. 2016. Representation and Visualization of Imperfect Geohistorical Data

About Natural Risks: A Qualitative Classification and Its Experimental Assessment. In *Geospatial Data in a Changing World*. Springer, 239–258.

Eric Sanchez, Valérie Emin-Martinez, and Nadine Mandran. 2015. Jeu-game, jeu-play, vers une modélisation du jeu. Une étude empirique à partir des traces numériques d'interaction du jeu Tamagocours. 22 (November 2015).

Éric Sanchez and Réjane Monod-Ansaldi. 2015. Recherche collaborative orientée par la conception. *Educ. Didact.* 9, 2 (2015), 73–94.

Margarete Sandelowski. 1995. Sample size in qualitative research. *Res. Nurs. Health* 18, 2 (1995), 179–183.

Marco Oswaldo Santorum, Agnès Front, Dominique Rieu, and Nadine Mandran. 2011. Approche de gestion des processus basée sur les jeux. *Rev. RTSI Sér. ISI Vol 16 N°1* XVI, I (2011), 33–59.

SAS. 2016. Analytique, Business Intelligence et Data Management. (2016). Retrieved September 25, 2016 from http://www.sas.com/fr_fr/home.html

Dominique L. Scapin and JM Christian Bastien. 1997. Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behav. Inf. Technol.* 16, 4-5 (1997), 220–231.

Maung Sein, Ola Henfridsson, Sandeep Purao, Matti Rossi, and Rikard Lindgren. 2011. Action design research. (2011).

P.S. Seligmann, G.M. Wijers, and H.G. Sol. 1989. Analyzing the structure of IS methodologies, an alternative approach. In *Proceedings of the First Dutch Conference on Information Systems*. Amersfoort, The Netherlands, EU, 1–2.

Richard J. Shavelson, Dennis C. Phillips, Lisa Towne, and Michael

J. Feuer. 2003. On the science of education design studies. *Educ. Res.* 32, 1 (2003), 25–28.

David Silverman. 2006. *Interpreting qualitative data: Methods for analyzing talk, text and interaction*, Sage.

Herbert A. Simon. 2004. *Les Sciences de l'artificiel* Éd. rev. et complétée., Paris: Folio.

Jonathan A. Smith. 2007. *Qualitative psychology: A practical guide to research methods*, Sage.

M. Sokovic, D. Pavletic, and K. Kern Pipan. 2010. Quality improvement methodologies–PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. *J. Achiev. Mater. Manuf. Eng.* 43, 1 (2010), 476–483.

Robert J. Sternberg and Alain Brossard. 2007. *Manuel de psychologie cognitive: du laboratoire à la vie quotidienne*, De Boeck.

Steven J. Taylor and Robert Bogdan. 1984. Introduction to qualitative research methods: The search for meaning. (1984).

A. Tcherkassof, N. Mandran, M. Dubois, and L. Bègue. 2011. Les effets de l'ingestion aiguë d'alcool sur le jugement d'expressions faciales émotionnelles spontanées et dynamiques. *Psychol. Fr.* 56, 3 (2011), 189–202.

Sonia Tebbakh. 2007. *Identités politiques des Français d'origine maghrébine*. ANRT.

Raymond-Alain Thietart. 2014. *Méthodes de recherche en management - 4ème édition*, Dunod.

TLF. 2016. Trésor de la Langue Française informatisée. (2016). Retrieved August 30, 2016 from http://atilf.atilf.fr/dendien/scripts/tlfiv5/advanced.exe?8;s=1086268380;

Louis Trudel, Claudine Simard, and Nicolas Vonarx. 2007. La

recherche qualitative est-elle nécessairement exploratoire? *Rech. Qual.* (2007), 38–45.

Undertracks plateforme. 2014. UnderTracks Platform. (2014). Retrieved August 16, 2016 from https://undertracks.imag.fr/php/

Murat Pasa Uysal. 2016. Towards a Software Engineering Research Framework: Extending Design Science Research. (2016).

Mathieu Vermeulen, Nadine Mandran, and Jean-Marc Labat. 2016. Chronicle of a scenario graph: from expected to observed learning path. In *European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2016)*. EC-TEL 2016 Conference Proceedings in Springer Lecture Notes in Computer Science (LNCS). Lyon, France.

Thomas Vincent. 2014. *Handheld Augmented Reality Interaction: Spatial Relations*. Thèses et habilitations.

Thomas Vincent, Laurence Nigay, and Takeshi Kurata. 2013. Precise pointing techniques for handheld augmented reality. In *IFIP Conference on Human-Computer Interaction*. Springer, 122–139.

Feng Wang and Michael J. Hannafin. 2005. Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educ. Technol. Res. Dev.* 53, 4 (2005), 5–23.

Wikipedia. 2016. Méthode agile. *Wikipédia* (June 2016).

WISE site. 2016. WISE Features. (April 2016). Retrieved April 20, 2016 from https://wise.berkeley.edu/pages/features.html

Système de recommandations pour modéliser le contexte [Camara et al. 2010]
Méthode de conception : Symphony [Dupuy-Chessa et al. 2011]
Modèle de détection des émotions [Coutrix and Mandran 2012]

Systèmes d'Information (SI)

Les Systèmes d'Information (SI) sont omniprésents dans la vie courante et sont au cœur des stratégies et des organisations des entreprises. Ces recherches sont centrées sur la formalisation, la conception et les infrastructures des Système d'Information ; elles sont en permanence confrontées à des situations réelles dans des domaines comme la santé, les transports, l'éducation ou le secteur industriel. (source : site équipe SIGMA/LIG).	Les outils construits sont des modèles, des métamodèles, des langages, et des applications pour instancier ces modèles. [Hug et al. 2010],[Santorum et al. 2011],[Brichni et al. 2014],[Cortes-Cornax et al. 2016] [Priego-Roche 2011]
Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH)	
Les principales problématiques des EAIH vont aborder le diagnostic cognitif de l'apprenant, la modélisation de l'apprenant, la conception d'outils auteurs pour le développeur ou pour l'enseignant, l'ingénierie d'apprentissage par le jeu. (source : site équipe MOCAH/LIP6)	Modèle de diagnostic des travaux des élèves [Michelet et al. 2010] Modèle DISCO pour la conception de jeux sérieux [Vermeulen et al. 2016] Evaluation d'un jeux sérieux pour valider un modèle didactique [Sanchez et al. 2015] Modèle pour l'apprentissage des protocoles de chimie [Girault and d'Ham 2014] Modèle pour aider les enseignants à suivre la progression des élèves [Guéraud et al. 2009][Michelet et al. 2010]
Système Multi-Agents (SMA)	
L'objectif de ces recherches est de développer des agents qui soient attractifs et proches des utilisateurs, et qui soient des interlocuteurs crédibles. Ceci a résulté en un intérêt accru envers les Agents Conversationnels Animés (ou ECA pour Embodied Conversational Agents). Le but est de modéliser et d'implémenter des "Agents relationnels affectifs" en plaçant l'émotion au cœur de l'interaction humains-agents. Les travaux se concentrent sur la manière dont les ECA avec des	Modèle pour intégrer des styles affectifs à des robots compagnons pour enfants [Benkaouar 2015] Modèle pour améliorer la communication entre homme et chien, dans le cas des handicaps moteurs [Lemasson et al. 2013] Modèle pour aider des opérateurs à programmer des robots sur des chaines industriels (travaux en cours)

caractéristiques expressives et affectives peuvent établir et maintenir des relations humains-agents à long terme. (source : site équipe MAGMA/LIG)	
Information spatio-temporelle, géomatique (GEO)	
L'objectif est de proposer des formalismes et des méthodes permettant de progresser dans la conception, la mise en œuvre et l'utilisation de systèmes d'information multimédia à référence spatiale et temporelle. L'objectif est de prendre en compte la diversité des utilisateurs (en termes de besoins, de préférences, etc.) et des contextes d'utilisation (stations de travail ou dispositifs légers de type téléphone mobile).	Cartes augmentées pour introduire la temporalité dans les cartes animées (Projet PercuRISK, région Rhône-Alpes) [Chesneau et al. 2014] Représentation et visualisation de données géographiques historiques sur les risques naturels [Saint-Marc et al. 2016]

II. Dictionnaires de concepts

Le dictionnaire des concepts contient 24 concepts. Nous les avons regroupés en 6 « meta-concepts ». Ils sont présentés dans le Tableau 33.

"Meta-concept"	Concept	Définition
Production du processus	Connaissance scientifique	Elle représente la production de la recherche. Elle se construit sur la base de connaissances passées. La construction de nouvelles connaissances apporte une valeur ajoutée aux connaissances scientifiques précédentes. La construction de cette connaissance repose sur des expérimentations. Elle peut prendre différentes formes (p.ex., 'dictionnaire de concept, modèle conceptuel). La valeur ajoutée est évaluée lors des phases d'expérimentations.
	Outil activable	C'est le support à la compréhension de la connaissance scientifique. Ainsi, la connaissance scientifique est disponible dans une forme utilisable par l'utilisateur. L'outil activable est le média entre l'utilisateur et la connaissance scientifique. Il est activable dans le sens où l'utilisateur peut l'utiliser. S'il est supporté par une technique (p.ex., application) est dit dynamique n'est pas supporté par un dispositif technique (p.ex., un langage). support la compréhension de la connaissance (p.ex., Outil activable dynamique : application, robot - Outil activable statique : dictionnaire de concepts, maquette papier)
	Composant activable	Il représente une partie de l'outil activable. Ces parties forment un tout, mais elles peuvent être isolées les unes des autres pour être construites et évaluées avec l'utilisateur. Les composants sont eux-mêmes des outils activables dans le sens où l'utilisateur peut les utiliser. (p.ex., Composant activable statique :la liste des fonctionnalités pour développer une interface)
	Instrument	Il est composé de la connaissance scientifique et de l'outil activable. (p.ex., le modèle conceptuel et son instanciation sous la forme d'un site web).
	Guide	Document conçu par le méthodologue pour guider le processus de conduite de la recherche et le processus expérimental.
	Livrables	Documents ou objets produits par les acteurs internes tout au long du processus de recherche
Acteurs	Acteurs internes	ils sont internes au processus de recherche et donc directement impliqués dans la production de la connaissance scientifique et de l'outil activable (chercheur, /implique développeur et méthodologue)
	Chercheur	C'est un acteur interne au processus de recherche. Il a pour rôle de poser la problématique de recherche à partir de ses connaissances d'un domaine, de faire évoluer la connaissance scientifique et de la communiquer. Il conçoit l'outil activable.
	Développeur	C'est un acteur interne au processus de recherche. Il a pour rôle de développer l'outil activable quand il nécessite des compétences de développement (p.ex., application informatique, site web). Sa compétence se situe dans la maîtrise des outils de conception et de développement informatique.
	Méthodologue	C'est un acteur interne. il a pour rôle de concevoir, de mettre en œuvre et d'évaluer les expérimentations conduites avec les utilisateurs. Il assure également l'analyse des données. Quand les méthodes existantes ne sont pas suffisantes, il a pour rôle de proposer des nouvelles méthodes de production des données. Sa compétence se situe dans la maîtrise des méthodes de production et d'analyse de données et dans sa capacité à orchestrer des expérimentations avec des utilisateurs. Ses compétences en méthodologies des SHS sont essentielles.

	Utilisateur	C'est un acteur externe au processus de recherche. Il a pour rôle de participer aux expérimentations afin de faire part de ses représentations du « monde connu» et de ses avis sur l'outil activable ou les composants
Indicateurs de traçabilité	Indicateurs	Il s'agit de mesures qualitatives ou quantitatives pour contrôler les activités et les productions réalisées dans le processus et pour vérifier que les objectifs du processus sont atteints. Ils se répartissent en trois catégories
	Indicateurs de production	Ces indicateurs contrôlent l'existence des livrables. Ils peuvent être qualitatifs (p.ex., le livrable n°1 existe) ou quantitatifs (p.ex., taille des fichiers de données recueillies)
	Indicateurs d'objectifs	Ces indicateurs vérifient que les objectifs sont atteints pour communiquer les résultats de la recherche. Ils sont définis par le chercheur en début du processus de recherche. Ils peuvent être qualitatifs ou quantitatifs.
	Indicateurs d'activité	Ces indicateurs vérifient que les tâches sont réalisées. Ils sont mesurés de manière qualitative : réalisation ou non d'une tâche (p.ex., l'état de l'art a été fait) et de manière quantitative (p.ex., nombre de publications lues)
Organisation	Processus de recherche	Ensemble d'opérations successives, organisées en vue de créer un instrument de recherche et un ensemble de livrables pour tracer le processus
	Sous-processus	Le sous-processus découpe le processus global de conduite de la recherche. Le découpage suit les 4 étapes du cycle de Deming -Plan - Do- Check-Act.
	Bloc	Le bloc découpe le sous-processus. Le découpage en bloc repose sur une unité de cohérence des tâches. Chaque bloc fournit un ensemble de livrables et d'indicateurs.
	Tâches	Les tâches sont le niveau élémentaire du processus. Elles représentent les activités réalisées par les acteurs internes.
Expérimentation	Préconisation méthodes	Ensemble de recommandations méthodologiques pour réaliser certaines tâches
	Outil pour l'expérimentation	Documents ou supports pour conduire l'expérimentation. Ils sont rédigés par le méthodologue. (p.ex., guide d'entretien, questionnaire)
Contexte	Contexte	Il s'agit des conditions et des situations qui entourent le processus de recherche. Il est de trois types : académique, technique et sociétal.
	Contexte académique	Connaissances scientifiques disponibles dans le domaine de la recherche (p.ex., base de publications)
	Contexte technique	Développements et avancées techniques dans le domaine(p.ex., base de l'INPI, dépôt APP)
	Contexte sociétal	Positionnement du domaine de recherche dans la société et impacts de la recherche pour la société

Tableau 33 : Dictionnaires des 24 concepts utilisés pour le langage THEDRE répartis en 6 « meta-concepts ».

III. Manuel des bonnes pratiques pour THEDRE

Cette annexe propose l'ensemble des guides du manuel des bonnes pratiques.

Liste des guides pour la traçabilité du processus répartis selon les 9 blocs de la méthode THEDRE.

Place des outils dans le processus	Outils
Bloc n°1 et Bloc n°2 « Bilan et Initiation »	Guide « Brainstorming » Guide « Description des indicateurs »
Bloc n°3 « Définir l'outil activable »	Guide « Décomposition de l'outil activable » Guide « Diagramme d'orchestration
Bloc n°4 « Concevoir les expérimentations	Guide « Logigramme pour assister le choix des méthodes de production des données » Guide « Protocole d'expérimentation »
Bloc n°5 « Créer le matériel expérimental »	Guide « Guide d'animation des passations » Guide « Synthèse des expérimentations
Bloc n°6 « Produire et analyser les données	Guide « Capitaliser les données et les scénarios analyses »
Bloc n°8 « Prise de décision »	Guide «Description des indicateurs »
Processus général	Guide « Tableau synoptique des indicateurs »

Guide « Brainstorming » : Questions et aides pour la réponse

Guide de « Brainstorming » (bloc 1 et bloc 2)	
QUESTIONS A SE POSER	**AIDES POUR LA REPONSE**
Quel est le problème ?	Rédiger quelques phrases pour présenter le problème de la thèse à une personne étrangère à votre domaine
Dans quels contextes se pose le problème ? quand ? où ?	Lister les moments et les contextes où le problème se pose
D'où émane la demande ?	Lister les personnes, les institutions, les entreprises qui posent la question.
Qui est concerné par le problème ?	Lister les personnes ou les institutions où le problème se pose
Comment pouvez vous résoudre le problème ?	Lister les premières pistes pour résoudre le problème
Pourquoi est-il important de résoudre ce problème au niveau académique ?	Lister les raisons académiques, techniques de résoudre ce problème
Quel est l'intérêt de répondre à ce problème par rapport aux attentes de la société ?	Rédiger les raisons pour lesquelles il est important de résoudre ce problème pour la société au niveau économique, social, politique, et financier.
Quels sont les auteurs ou références bibliographiques à utiliser ?	Lister les auteurs et références qui vont servir à initier la recherche
Qu'est ce qui a été fait dans le domaine académique pour résoudre le problème ?	Rédiger une première synthèse sur les premières références bibliographiques lues
Quelles sont les méthodologies présentes dans les publications ? Comment la construction et l'évaluation ont été réalisées ?	Lister les méthodes et les références associées qui ont été présentées dans les références bibliographiques.

Quelles sont les avancées technologiques sur le sujet ?	Lister les outils activables qui existent déjà pour répondre à ce problème (INPI : base de brevets, APP)
Qu'est ce qui a été fait dans le domaine technique pour résoudre le problème ?	Rédiger une première synthèse sur les avancées technologiques
Par rapport au problème posé, quels sont les manques ? Que reste-t-il à résoudre ?	Rédiger ce qui de votre point de vue est manquant et qu'il faut résoudre.
A quoi ces résultats vont-ils servir ? et à qui ?	Décrire les finalités objectives des résultats de la recherche
Quelle valeur ajoutée allez vous apporter ?	Rédiger ce que votre recherche ajoutera à la connaissance scientifique actuelle.

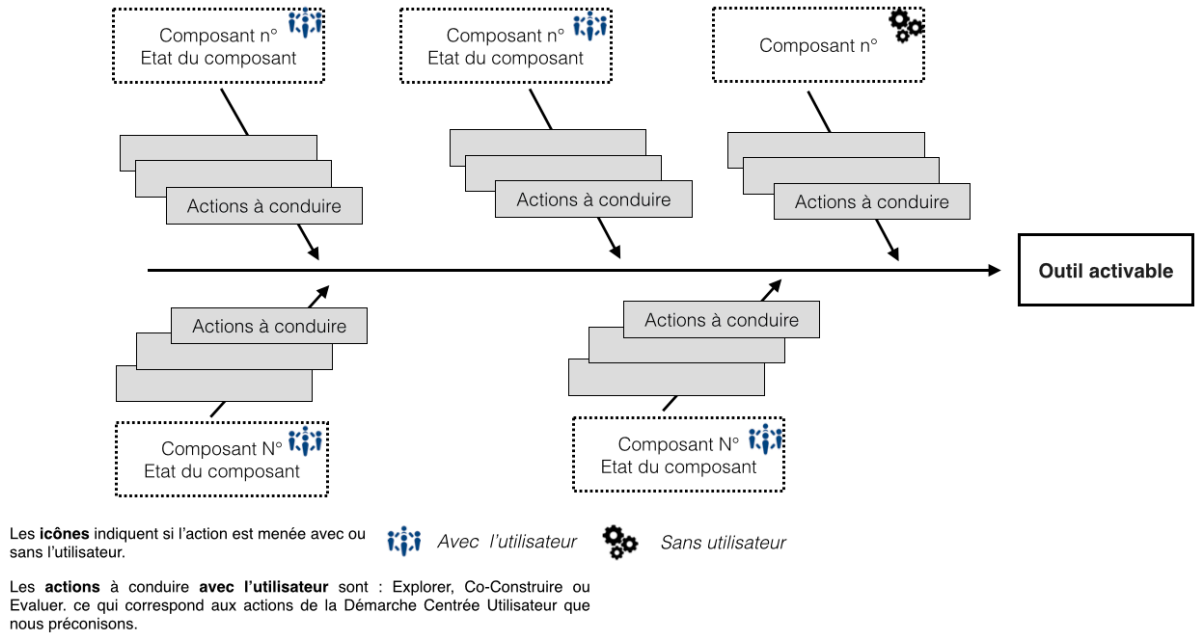
Guide pour décrire les indicateurs de pilotage, d'activité, de résultats, d'objectifs du sous-processus ou de qualité des données.

	Description
Nom du sous-processus	Nom du sous-processus où l'indicateur est utilisé
N° ou nom de Bloc	Indiquer le N° ou le nom du bloc où l'indicateur est utilisé
Nom ou code de l'indicateur	
Objectifs de l'indicateur	Décrire l'indicateur
Type de l'indicateur	Activité, Résultat ou Objectif
Partie de l'instrument concerné *optionnel*.	Connaissance scientifique et/ou objet activable
Objectif de l 'indicateur	Décrire en quoi cette mesure est utile pour tracer le processus
Méthode pour mesurer l'indicateur *optionnel*.	Décrire comment cette mesure est faite
Type de mesure optionnel.	Subjective ou Objective
Calcul à opérer sur la mesure *optionnel*.	
Unité de mesure *optionnel*.	Par exemple, temps, effectif, %
Plage de validité de la mesure *optionnel*.	indiquer les valeurs possibles de la mesure
Critère de décision	indiquer les seuils au delà desquels l'indicateur est acceptable et les règles de décision

Guide de « Décomposition de l'outil activable »

Guide « Décomposition de l'outil activable »	
Informations générales sur l'outil activable : Nom de l'outil activable, fonctionnalités et date de la description	
Description des composants : une instanciation par composant et par date	
Nom du composant activable n° xxx	
Rôle de ce composant	Décrire à quoi le composant sert dans l'outil activable
Date et état initial de ce composant	Indiquer la date et si à cette date le composant est statique ou dynamique.
Description précise de l'état du composant	Décrire quelle forme (p.ex., papier, maquette) prend le composant et les actions à faire dessus pour le faire évoluer
Rôle de l'utilisateur	Implication de l'utilisateur dans la construction et l'évaluation de l'objet activable : Aucune (p.ex., test de performance du système, passif, actif)
Contribution de l'utilisateur	Apport de l'utilisateur dans l'expérimentation : pour explorer le terrain d'étude (rôle passif), pour co-construire ou pour évaluer l'instrument (rôle actif).

Guide « Diagramme d'orchestration des expérimentations »



Description du guide pour la rédaction du le protocole expérimental

Protocole Expérimental		
Catégorie	**Eléments à renseigner**	**Description de l'élément**
Suivi du document	Date de création :	Date à laquelle le document est créé
	Dates de modification	Dates des modifications successives du documents
	auteur(s) du document	Acteurs internes : Nom et rôle
Objectifs	Nom de l'expérimentation	Donner un nom à l'expérimentation
	Objectif de l'expérimentation	Décrire à quoi cette expérimentation va servir
	Questions ou hypothèses :	Indiquer les questions et les hypothèses qui devront trouver des éléments de réponses lors de cette expérimentation
Outils et composants activables	Liste des composants à construire ou à évaluer :	Lister les différents composants de l'outil activables qui vont être construits ou évaluer lors de l'expérimentation.
	Etat des composants	Indiquer l'état des composants et comment l'utilisateur peut les utiliser lors de l'expérimentation (p.ex., statique, dynamique, non manipulable)
Production des données	Méthodes de production :	Indiquer le type de méthode choisie (qualitatives, quantitative ou mixtes). Préciser les méthodes de production utilisées (p.ex., questionnaire, tests utilisateurs, construction de maquettes)
	Matériel technique	Indiquer le matériel technique nécessaire à avoir pour la capture des données (p.ex., caméra, enregistreur)
	Matériel expérimental	Lister le matériel expérimental à construire pour réaliser l'expérimentation (p.ex., présentation, questionnaire)
	Matériel et données produites	Indiquer tout le matériel et les données produits lors de cette passation (schéma, audio, traces)
Utilisateurs	Nombre d'utilisateurs :	Indiquer le nombre d'utilisateurs prévus pour cette passation.
	Profil des utilisateurs :	Indiquer qui sont les utilisateurs qui vont être mobilisés et pourquoi
	Lieu de passation	Indiquer le lieu où la passation aura lieu (p.ex., in lab, in situ)
	Recrutement	Indiquer comment le recrutement des utilisateurs est fait
	Mode passation	Indiquer si les utilisateurs sont consultés seuls ou en groupe

	Ethique et déontologie	Indiquer les démarches auprès de la CNIL ou d'un comité d'éthique pour déclarer l'expérimentation
Planning	Planning	Indiquer à gros grain les étapes de l'expérimentation. (un planning précis des jours et dates des passations est aussi établi).
Analyse des données	Outils de codage	Lister les outils nécessaires pour coder les données (p.ex., grille d'annotation)
	Méthodes et outils d'analyse de données	Lister les outils et méthodes d'analyse pressentis pour analyser les données. Préciser le plan de traitement prévisionnel

Description des éléments qui constituent le guide d'animation.

Guide d'animation pour une passation	
Informations générales sur l'expérimentation	
Dates :	Date à laquelle le document est créé et/ou modifié
Nom de l'expérimentation	Utiliser le nom indiqué dans le protocole expérimental
Objectifs de la passation :	Décrire à quoi cette passation va servir
Questions ou hypothèses :	Indiquer les questions et les hypothèses qui devront trouver des éléments de réponses lors de cette passation
Liste des composants à construire ou à évaluer :	Lister les différents composants de l'outil activables qui vont être construits ou évalués par cette passation
Méthodes de passation :	Indiquer ici les méthodes de production utilisées (p.ex., questionnaire, tests utilisateurs, construction de maquettes)
Nombre de participants :	Indiquer le nombre de participants prévus pour cette passation
Profil des participants :	Indiquer qui sont les utilisateurs qui vont être mobilisés et pourquoi
Matériel et données produites	**Indiquer tout le matériel et les données produits lors de cette passation (schéma, audio, traces)**
Description des étapes de la passation	
No d'étape	Indiquer un numéro d'étape
Objectif de l'étape	Décrire les objectifs de l'étape. Pour les étapes qui concernent les composants, utiliser les trois verbes d'action de la démarche centrée utilisateur (explorer, co-construire, évaluer)
Hypothèses et questions en lien avec cette étape	Indiquer les questions ou les hypothèses expérimentales abordées dans cette étape. Ces questions et hypothèses correspondent à celles posées dans le protocole expérimental.
Activités réalisées	Lister activités faites pendant cette étape. (p.ex., présentation du modèle, tests utilisateur, lecture du dictionnaire)
Acteurs concernés	Chercheur/Méthodologue/Développeur/Utilisateur/autres préciser
Responsables de la passation	Nom de la personne en charge de faire la passation de cette étape
Composant(s) activable(s)	Indiquer le(s) composant(s) activable(s) concernés par l'étape. Les composants indiqués font partie de la liste bloc N°3.
Format du composant	Indiquer l'état d'avancement de(s) composants et dans quelle forme il va être utiliser par les participants (dynamique/statique/ non manipulable)
Responsables du (des) composant(s)	Noms des personnes en charge de faire le(s) composant(s)
Matériel expérimental	Lister la liste des matériels expérimentaux nécessaires à cette étape (p.ex., guide d'entretien, d'annotation).Indiquer le rôle de ces documents (présentation, recueil).
Responsable du matériel expérimental	Noms des personnes en charge de faire le(s) matériels expérimentaux
Durée (mn) prévue	Indiquer une durée approximative de l'activité
Heure début	L'heure de début de l'étape
Heure fin	L'heure de fin de l'étape
Durée cumulée prévue (hh:mm)	Cumul de la durée des activités

Guide « Synthèse des expérimentations »

Synthèse des expérimentations	
Informations générales sur l'expérimentation	
Nom de l'expérimentation :	Faire référence au protocole expérimental
Date :	Indiquer la date à laquelle la passation est faite
Lieu de la passation	Indiquer le lieu
Numéro de la passation :	Utiliser le nom indiqué dans le protocole expérimental
Nom du ou des expérimentateur(s) :	Indiquer les noms des personnes qui vont assurer les passations
Nom des participants	Indiquer les noms des utilisateurs qui participent aux expérimentations.
Résultats « à chaud » de la passation	
Nom mnémonique	Choisir un nom qui évoque ce qui s'est passé pendant la passation, c'est un moyen de se remémorer la situation lors de la rédaction des résultats
Ton de l'expérimentation	Indiquer si les interactions se sont bien passées ou non
Evénements survenus	Indiquer les événements qui ont ou se produire pendant la passation et qui pourraient biaiser les résultats (p.ex : le déclenchement d'une alarme incendie qui stoppe le focus-group)
Résumé	En lien avec les objectifs de l'expérimentation, faire un résumé de ce que le(s) participant(s) a (ont) dit ou fait. Rédiger une phrase ou deux pour chacune des questions ou hypothèses de l'expérimentation.
Eléments novateurs	Indiquer les éléments novateurs qui sont abordés dans cette passation et qui vont contribuer à la création de la connaissance scientifique
Note de pertinence de la passation	Noter la passation selon le niveau de pertinence ou d'intérêt par rapport à la problématique posée. Les notes vont de 0 à 5 : 0 non pertinent à 5 très pertinent. Lors de l'analyse, cette notation permet au chercheur d'identifier les données les plus pertinentes pour la rédaction des résultats.
Bilan de l'expérimentation	
Points forts	Indiquer les étapes de l'expérimentation qui se sont bien déroulées et le matériel expérimental qui était bien dimensionné pour la passation.
Points faibles	Indiquer les étapes de l'expérimentation qui se sont pas bien déroulées et pourquoi. Indiquer aussi le matériel expérimental qui a posé problème et pourquoi.
Améliorations possibles	Indiquer les améliorations à apporter au protocole, au guide d'animation ou au matériel expérimental

Description du guide de « capitalisation des données et des scénarios d'analyse

Capitalisation des données et des scénarios d'analyse	
Informations générales sur l'expérimentation	
Nom de l'expérimentation	Faire référence au protocole expérimental
Date	Indiquer la date à laquelle la passation est faite
Description des données brutes et validées	
Lieu de stockage	Indiquer où et comment sont stockées les données
Plateformes utilisées	Indiquer les plateformes utilisées et les procédures de sauvegardes
Données produites	Lister l'ensemble des productions issues de la passation
Fichiers de métadonnées	Lister tous les fichiers qui contiennent les métadonnées ou informations utiles pour réutiliser les données
Fichiers de données brutes	Lister tous les fichiers qui contiennent les données produites et leur format
Variables et plages de validité des données	Pour les fichiers contenant des variables, indiquer le noms des variables et leur plage de validité (informations produites au bloc n°5)
Description des scénarios d'analyses	
Objectifs de la validation des données	Décrire les phases de validation faites sur les données
Traitements de validation	Décrire les traitements de validation et scripts utilisés
Résultats des validations	Lister les anomalies rencontrées en utilisant les critères de [Di Ruocco et al. 2012]
Traitements pour corriger et enrichir les données	Décrire les traitements de correction et d'enrichissements, fournit les scripts utilisés
Traitements d'analyse des données	Décrire les traitements d'analyse, fournit les scripts utilisés
Résultats	Lister les fichiers de résultats obtenus et leur lieu de stockage

IV. Grilles d'analyse des verbatims pour une analyse thématique

La grille d'analyse des entretiens que nous proposons repose sur l'analyse thématique[Paille and Mucchielli 2011]. Un tableau est constitué pour chaque thème abordé (p.ex. les points positifs concernant la méthode). Nous utilisons un tableau en trois colonnes. Une première colonne présente les sous-thèmes, la seconde, les verbatims associés et la troisième colonne, le code des participants et/ou le nombre des participants ayant évoqué le sous-thème. Les thèmes et sous-thèmes sont associés aus style 'titre' de Word (Figure 61). Ainsi, une table des matières est élaborée avec le titre des thèmes et des sous-thèmes, cette

The collaborative work enabled with the method

Les points positifs

3 cases vides (dont 2 vides aussi côté points négatifs)

1. Concernant la méthode		
La méthode facilite et stimule la collaboration des formateurs	great for triggering discussion The method promotes collaboration. Everyone participating, Good to develop team spirit **Easy, nice, good way**	14
Elle permet de tous participer, de partager des idées différentes et d'être créatifs collectivement	very good- helped to see each participants point of view and thus come up with a collective work Effective debating, compromising, selection and implementation We all participate in the creation process by bringing ideas and say what we think is not good at other ideas emergence of the solution by speaking and interacting **confront, exchange, share ideas,** **créativité,** **débat, opinion, brainstorm,** **open discussion** **friendly**	17
Elle est "fun" et "productive"	Fast, fun with a small learning curve Aspect ludique. Efficace pour une production rapide. **Fruitful, active**	5
La méthode facilite la vision globale du scenario, son évaluation collective, l'identification de sa structure, des itérations		2

Figure 61 : Tableau pour analyser des verbatims d'entretiens

Table des matières

Au total 56 réponses collectées 3
The scenario resulting from your work 3
Les points positifs 3
2 cases vides, 13 avis difficiles à interprétés et non exploités, 1 bémol 3
1. Qualité du résultat, cad du scénario produit pour les apprenants 3
2. Qualité de la méthode 4
Les Bémols 4
Les points négatifs 5
9 cases vides (ou no) 5
1. Concernant la qualité du résultat, cad du scénario produit pour les apprenants 5
2. Concernant la qualité de la méthode 5
3 Liés à des facteurs contextuels de l'expérimentation (essentiellement manque de temps) 6
Bémol sur l'expérimentation ou la méthode 6
Dièse 6
The collaborative work enabled with the method 7
Les points positifs 7
3 cases vides (dont 2 vides aussi côté points négatifs) 7
1. Concernant la méthode 7
2. liés au support tangible (cartes, pions) 8
Bémols 8
Les points négatifs 8
31 cases Vides + un « NO », 2 avis non exploités 8

Figure 62 : Table des matières avec les thèmes et sous-thèmes pour une analyse thématique des entretiens, construite avec les styles de word.

Nadine Mandran. 2017. THEDRE : Méthode de conduite de la Recherche en Informatique Centrée Humain. Université Grenoble-Alpes.

V. Evaluation du langage de modélisation THEDRE

Protocole expérimental

Suivi du document	Date de création :	28 octobre 2016
	Dates de modification	
	auteur(s) du document	Nadine Mandran, méthodologue et chercheur
Objectifs	**Nom de l'expérimentation**	**Utilisabilité du langage THEDRE**
	Objectif de l'expérimentation	Evaluer le dictionnaire des concepts de THEDRE, le métamodèle, la syntaxe graphique et la représentation du processus expérimentation et des sous-processus-Evaluer la réutilisation du langage THEDRE

- ***Questions à étudier :***

1. Q1 : Le dictionnaire des concepts est-il compréhensible ? Quelles modifications doivent-elles être apportées ?
2. Q2 : Le métamodèle est-il compréhensible ? Correct ? Quelles modifications doivent-elles être apportées ?
3. Q3 : La syntaxe graphique est-elle compréhensible ? Correcte ? Quelles modifications doivent-elles être apportées ?
4. Q4 : Le langage THEDRE est-il utilisable par des spécialistes en GL pour lire un processus existant ?
5. Q5 : Le langage THEDRE est-il utilisable par des spécialistes en GL pour créer un processus ?

- ***Outils et composants activables à évaluer***

Liste des composants à construire ou à évaluer :	Le langage THEDRE composé de trois éléments : Le dictionnaire des concepts Le métamodèle La syntaxe graphique Le processus global et les sous-processus
Etat des composants	Tous les composants sont statiques Ils doivent être évalués par les utilisateurs

- ***Production des données***

Méthodes de production :	Méthode qualitative Passation par focus-group
Matériel expérimental	Le dictionnaire des concepts Le métamodèle La syntaxe graphique Le processus global et les sous-processus rédigés avec THEDRE Questionnaire d'utilisabilité` Grilles points forts et points faibles pour évaluer le langage Guide d'animation

Matériel et données produites	Production des participants Enregistrement audio et video Réponses aux questionnaires
Matériel technique	Camera et enregistreur

- ***Utilisateurs***

Nombre d'utilisateurs :	Une session de 2 utilisateurs et une session de 7 utilisateurs
Profil des utilisateurs :	Spécialiste en génie logiciel
Lieu de passation	Laboratoire informatique de Grenoble
Recrutement	Par mail
Mode passation	Focus -group
Ethique et déontologie	RAS

- ***Planning***

  18/11/2016 de 10h à 11H 30 et le 24/11 de 14h à 15H30

- ***Analyse des données***

Outils de codage	Non utilisés
Méthodes et outils d'analyse de données	Analyse qualitative thématique simplifiée Analyse qualitative des questionnaires d'utilisabilité

Guide d'animation des évaluations de THEDRE

No d'étape	Objectif de l'étape	Hypothèses et questions en lien avec cette étape	Activités réalisées	Acteurs concernés	Responsables de la passation	Composant(s) activable(s)	Format du composant	Responsables du (des) composant(s)	Matériel expérimental	Responsable du matériel expérimental	Durée (mn) prévue	Heure début	Heure fin	Durée cumulée prévue (hh:mm)
1	Introduction		présenter pourquoi ils sont ici et ce qu'ils vont faire	Chercheur	Nadine				présentation	Nadine	00:02	**14:00**	14:02	00:02
3	Présenter la vision globale de thèdre			Chercheur	Nadine				présentation	nadine	00:05	**14:02**	14:07	00:07
3	Evaluer le dictionnaire des concepts	Q1	lire le dictionnaire et le modifier	Utilisateurs	Nadine	le dictionnaire	statique	Nadine	consigne	Nadine	00:10	**14:07**	14:17	00:17
4	Evaluer le dictionnaire des concepts	Q1	debriefer sur le dictionnaire	Chercheur et utilisateurs	Nadine	le dictionnaire	statique	Nadine			00:05	**14:17**	14:22	00:22
5	Evaluer le métamodèle	Q2	lire le métamodèle	Utilisateurs	Nadine	le metamodèle	statique	Nadine	consigne	Nadine	00:15	**14:22**	14:37	00:37
6	Evaluer le métamodèle	Q2	Debriefer sur le métamodèle	Chercheur et utilisateurs	Nadine	le metamodèle	statique	Nadine			00:05	**14:37**	14:42	00:42
7	Evaluer la syntaxe graphique	Q3	lire la syntaxe graphique	Utilisateurs	Nadine	la syntaxe graphique	statique	Nadine	consigne	Nadine	00:10	**14:42**	14:52	00:52
8	Evaluer la syntaxe graphique	Q3	debrifer sur la syntaxe graphique	Chercheur et utilisateurs	Nadine	la syntaxe graphique	statique	Nadine			00:05	**14:52**	14:57	00:57
10	Evaluer le langage	Q1,Q2,Q3	remplir une grille points forts et points faibles	Utilisateurs	Nadine				grilles points forts et points faibles	Nadine	00:05	**14:57**	15:02	01:02
9	Evaluer le processus global et les 9 blocs	Q4	lire le processus global	Utilisateurs	Nadine	le processus globale	statique		consigne	Nadine	00:05	**14:57**	15:02	01:07
10	Evaluer le processus global et les 9 blocs	Q4	debriefer	Chercheur et utilisateurs	Nadine	l'outil de décomposition	statique	Nadine			00:05	**15:02**	15:07	01:12
11	Evaluer l'outil de décomposition de l'outil activable	Q4	lire les Blocs de la planification et de l'expérimentation	Utilisateurs	Nadine	les blocs des sous-processus de planification et d'expérimentation	statique	Nadine	consigne	Nadine	00:10	**15:07**	15:17	01:22
12	Evaluer l'outil d'orchestration des expérimentations	Q4	debriefer	Chercheur et utilisateurs	Nadine	l'outil d'orchestration	statique	Nadine			00:05	**15:17**	15:22	01:27
13	Evaluation de la réutilisation du langage THEDRE	Q5	remplir un questionnaire d'utilisiabilité	Utilisateurs	Nadine				questionnaire d'utilisabilité	Nadine	00:05	**15:22**	15:27	01:32
14	Bilan		Debriefer	Chercheur et utilisateurs										

Questionnaire

Le questionnaire pour évaluer le langage de modélisation de processus de conduite de la recherche comportait 9 questions sur le processus et 3 questions socio-démographiques.

1. A votre avis quels sont les points forts de ce processus ?
2. A votre avis quels sont les points faibles de ce processus ?
3. Je pense que ce processus de conduite de la recherche est facile à utiliser. (Tout à fait d'accord, D'accord, Neutre, Pas d'accord, Pas du tout d'accord)
4. Je souhaiterais suivre ce processus de conduite de la recherche pour mes travaux. (Tout à fait d'accord, D'accord, Neutre, Pas d'accord, Pas du tout d'accord)
5. Je pense avoir besoin de l'aide d'une personne pour utiliser ce processus de conduite de la recherche. (Tout à fait d'accord, D'accord, Neutre, Pas d'accord, Pas du tout d'accord)
6. Je pense que ce processus de conduite de la recherche est inutilement complexe (Tout à fait d'accord, D'accord, Neutre, Pas d'accord, Pas du tout d'accord)
7. Je pense qu'il y a trop d'incohérences dans ce processus de conduite de la recherche (Tout à fait d'accord, D'accord, Neutre, Pas d'accord, Pas du tout d'accord)
8. J'imagine que la plupart des chercheurs peuvent apprendre à se servir de ce processus de conduite de la recherche (Tout à fait d'accord, D'accord, Neutre, Pas d'accord, Pas du tout d'accord)
9. J'ai du apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir lire ce processus de conduite de la recherche (Tout à fait d'accord, D'accord, Neutre, Pas d'accord, Pas du tout d'accord)
10. Profils utilisateurs vous êtes : Doctorant en 1ère année, Doctorant en 2ème année, Doctorant en 3ème année, enseignant-chercheur, autres-
11. Votre domaine de recherche : Informatique « formelle », Informatique centrée humain, Sciences cognitives, Géomatique, autres
12. Vous êtes un homme, une femme.

VI. Evaluation de l'utilisabilité des guides de THEDRE

Protocole d'évaluation de l'utilisabilité des guides

Suivi du document	Date de création :	27 octobre 2016
	Dates de modification	12 novembre 2016
	auteur(s) du document	Nadine Mandran, méthodologue et chercheur
Objectifs	**Nom de l'expérimentation**	**Utilisabilité des guides proposés par la méthode THEDRE**
	Objectif de l'expérimentation	Evaluer cinq des guides proposés par la méthode de conduite THEDRE – Evaluer le processus d'expérimentation

- ***Hypothèses :***

H1 : L'outil de brainstorming de THEDRE est utile, il permet de définir le contenu et les objectifs de la recherche. Il permet de contrôler que les étapes initiales de conduite de la recherche on été menées. Il permet de cerner les objectifs expérimentaux

H2 : le guide de décomposition de l'outil activable est utilisable. Il permet de détailler ce qui doit être évaluer et construit lors des expérimentations avec ou sans utilisateur

H3 : le diagramme des orchestrations est utilisable. Il permet d'identifier les différentes expérimentations à conduire et de les organiser dans le temps

H4 : le logigramme pour choisir les méthodes de production des données est utile et utilisable.

- ***Outils et composants activables***

Liste des composants à construire ou à évaluer :	Instanciation du processus Outils de brainstorming. Guide Décomposer l'outil activable Guide diagramme d'orchestration Indicateurs d'objectifs Tableau d'aide à la décision
Etat des composants	Tous les composants sont statiques Ils doivent être évalués par les utilisateurs

- ***Production des données***

Méthodes de production :	Méthode qualitative Passation par focus-group
Matériel expérimental	Un exemplaire du processus d'expérimentation De l'outil de brainstorming. Du guide « décomposer l'outil activable » Du guide « diagramme d'orchestration » Du logigramme Le Questionnaire d'utilisabilité Le Guide d'animation

Matériel et données produites	Production des participants Enregistrement audio et video Réponses aux questionnaires
Matériel technique	Camera et enregistreur

- ***Utilisateurs***

Nombre d'utilisateurs :	2 sessions de 8 utilisateurs .
Profil des utilisateurs :	Jeunes doctorants et chercheurs
Lieu de passation	Laboratoire informatique de Grenoble
Recrutement	Par mail
Mode passation	Focus -group
Ethique et déontologie	RAS

- ***Planning***

  17/11/2016 de 14h à 15H 30 et le 22/11 de 14h à 15H30

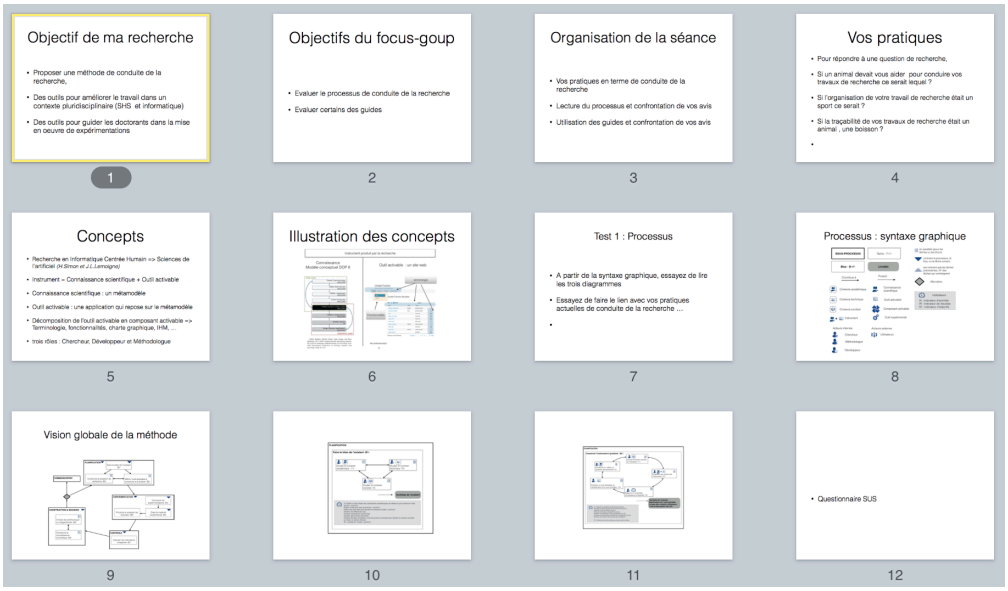
- ***Analyse des données***

Outils de codage	Non utilisés
Méthodes et outils d'analyse de données	Analyse qualitative thématique simplifiée Analyse qualitative des questionnaires d'utilisabilité

Guide d'animation des passations pour l'évaluation de l'utilisabilité des guides

No d'étape	Objectif de l'étape	Hypothèses et questions en lien avec cette étape	Activités réalisées	Acteurs concernés	Responsables de la passation	Composant(s) activable(s)	Format du composant	Responsables du (des) composant(s)	Matériel expérimental	Responsable du matériel expérimental	Durée (mn) prévue	Heure début	Heure fin	Durée cumulée prévue (hh:mm)
1	Introduction		présenter pourquoi ils sont ici et ce qu'ils vont faire	Chercheur	Nadine				présentation	Nadine	00:02	**14:00**	14:02	00:02
2	Mesures des pratiques de la recherche		faire faire un schéma et débriefing	Chercheur et utilisateurs	Nadine					nadine	00:05	**14:02**	14:07	00:07
3	Présenter les concepts		présenter	Chercheur	Nadine				présentation	nadine	00:02	**14:07**	14:09	00:09
3	Evaluer le processus de conduite des expérimentations	H1	lire le processus et débriefer	Chercheur et utilisateurs	Nadine	le processus	statique	Nadine	consigne	Nadine	00:10	**14:09**	14:19	00:19
4	Evaluer le processus de conduite des expérimentations	H1	remplir le questionnaire SUS	Utilisateurs	Nadine	le processus	statique	Nadine	questionnaire SUS processus	Nadine	00:10	**14:19**	14:29	00:29
5	Evaluer l'outil de brainstroming	H2	lire le guide et débriefer	Chercheur et utilisateurs	Nadine	le brainstorming	statique	Nadine	consigne	Nadine	00:10	**14:29**	14:39	00:39
6	Evaluer l'outil de brainstroming	H2	remplir le questionnaire SUS	Utilisateurs	Nadine	le brainstorming	statique	Nadine	questionnaire SUS guide	Nadine	00:10	**14:39**	14:49	00:49
7	Introduire le scénario sur les jardiniers		présenter le scénario des jardiniers	Chercheur	Nadine				présentation	Nadine	00:02	**14:49**	14:51	00:51
8	Evaluer la pertinence de mettre des indicateurs d'objectifs	H5	faire une présentation et receuillir les avis	Chercheur et utilisateurs	Nadine				consigne	Nadine	00:10	**14:51**	15:01	01:01
9	Mesurer le niveau d'adéquation de ces indicateurs d'objectifs	H5	receuillir les points forts et les points faibles	Utilisateurs	Nadine				grilles point forts points faibesl	Nadine	00:05	**15:01**	15:06	01:06
10	Evaluer l'outil de décomposition de l'outil activable	H3	lire et essayer avec le cas d'une application	Chercheur et utilisateurs	Nadine	l'outil de décomposition	statique	Nadine	consigne	Nadine	00:10	**15:06**	15:16	01:16
11	Evaluer l'outil de décomposition de l'outil activable	H3	remplir le questionnaire SUS	Utilisateurs	Nadine	l'outil de décomposition	statique	Nadine	questionnaire SUS guide	Nadine	00:10	**15:16**	15:26	01:26
12	Evaluer l'outil d'orchestration des expérimentations	H4	faire le diagramme avec des post-it rose pour les composants et jaunes pour les actions	Chercheur et utilisateurs	Nadine	l'outil d'orchestration	statique	Nadine	consigne	Nadine	00:10	**15:26**	15:36	01:36
13	Evaluer l'outil d'orchestration des expérimentations	H4	remplir le questionnaire SUS	Utilisateurs	Nadine	l'outil d'orchestration	statique	Nadine	questionnaire SUS guide	Nadine	00:10	**15:36**	15:46	01:46
14	Evaluer le logigramme	H6	faire lire le logigramme avec un cas d'étude	Chercheur et utilisateurs	Nadine	le logigramme	statique	Nadine	consigne		00:10	**15:46**	15:56	01:56
15	Evaluer le logigramme	H6	remplir le questionnaire SUS	Utilisateurs	Nadine	le logigramme	statique	Nadine	questionnaire SUS guide	Nadine	00:10	**15:56**	16:06	02:06

Diaporama de présentation de l'expérimentation



Questionnaires

- ***Questions pour évaluer les indicateurs d'objectifs***

- Inscrire les indicateurs globaux que vous pensez utiles
- Inscrire les indicateurs pour les jardiniers que vous pensez utiles
- Pour vous, quelle est l'utilité perçue des indicateurs d'objectifs ?
- Pour vous, quelles sont les difficultés pour créer ces indicateurs ?
- Pour vous, quelles sont les difficultés pour calculer ces indicateurs ?
- Pour vous, quelles sont les difficultés pour contrôler ces indicateurs ?
- Pour vous, quels sont les avantages de ces indicateurs ?
- Pour la communauté scientifique, quels sont les avantages de ces indicateurs ?

Nadine Mandran. 2017. THEDRE : Méthode de conduite de la Recherche en Informatique Centrée Humain. Université Grenoble-Alpes.

- ***Questionnaire SUS pour évaluer l'utilisabilité des guides***

Le questionnaire pour évaluer l'utilisabilité des guides 7 questions sur le processus et 3 questions socio-démographiques.

1. Je pense que ce guide est facile à utiliser. (Tout à fait d'accord, D'accord, Neutre, Pas d'accord, Pas du tout d'accord)
2. Je souhaiterais suivre ce guide pour mes travaux. (Tout à fait d'accord, D'accord, Neutre, Pas d'accord, Pas du tout d'accord)
3. Je pense avoir besoin de l'aide d'une personne pour utiliser ce guide (Tout à fait d'accord, D'accord, Neutre, Pas d'accord, Pas du tout d'accord)
4. Je pense que ce guide est inutilement complexe (Tout à fait d'accord, D'accord, Neutre, Pas d'accord, Pas du tout d'accord)
5. Je pense qu'il y a trop d'incohérences dans ce guide (Tout à fait d'accord, D'accord, Neutre, Pas d'accord, Pas du tout d'accord)
6. J'imagine que la plupart des chercheurs peuvent apprendre à se servir de ce guide (Tout à fait d'accord, D'accord, Neutre, Pas d'accord, Pas du tout d'accord)
7. J'ai du apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir lire ce guide (Tout à fait d'accord, D'accord, Neutre, Pas d'accord, Pas du tout d'accord)
8. Profils utilisateurs vous êtes : Doctorant en 1ère année, Doctorant en 2ème année, Doctorant en 3ème année, enseignant-chercheur, autres-
9. Votre domaine de recherche : Informatique « formelle », Informatique centrée humain, Sciences cognitives, Géomatique, autres
10. Vous êtes un homme, une femme.

VII. Description des entités pour l'application « Designstudy »

Entités pour l'application « Designstudy »

"Objet"	Propriétés	Classe	Attribut
Instrument proposé par la RICH : il s'agit de la proposition de recherche qui est faite à l'issue de l'état de l'art pour répondre à la problématique posée	a)un instrument est composé de un ou de plusieurs composants	Instrument proposé par la RICH	Nom de l'instrument
	b) Si un instrument n'est pas décomposable, un seul composant forme l'instrument. Dans ce cas : un instrument = un composant	Instrument proposé par la RICH	description de l' instrument
	c) l'état de l'instrument évolue pendant la phase expérimentale	Instrument proposé par la RICH	Valeur ajoutée de l'instrument relativement aux propositions de l'état de l'art
	d) à la fin de la phase expérimentale l'instrument est validé	Instrument proposé par la RICH	Type d'instrument
		Instrument proposé par la RICH	Etat de l'instrument
		Instrument proposé par la RICH	Date qui correspond aux différents états de l'instrument
Etat de l'instrument, au cours du processus expérimental l'instrument va évoluer. Il pourra passer d'un stade à construire au stade à évaluer	a) à l'issue de la phase expérimentale l'instrument doit être validé	Evolution de l'instrument	Etat de l'instrument
	b) un composant qui doit supporter une étude doit être a minima à valider	Evolution de l'instrument	date
Composants qui constituent l'instrument : il s'agit des différents éléments qui une fois mis ensemble vont créer l'instrument	a) A la fin de la phase expérimentale, chacun des composants est validé	Composants de l'instrument	Nom du composant
	b) l'état des composants évolue pendant la phase expérimentale	Composants de l'instrument	description du composant

	c) Certains composants ont besoin d'être étudié avec l'humain	Composants de l'instrument	type du composant
	d) Certains composants ont besoin d'être étudié sans l'humain	Composants de l'instrument	Date qui correspond aux différents états du composant
		Composants de l'instrument	Etat du composant
		Composants de l'instrument	Nécessité d'intégrer l'humain pour ce composant dans cet état
Etat du composant, au cours du processus expérimental l'instrument va évoluer. Il pourra passer d'un stade à construire au stade à évaluer	a) à l'issue de la phase expérimentale l'ensemble des composants doivent être validés	Evolution du composant	état du composant
	b) un composant qui doit supporter une étude doit être a minima à valider	Evolution du composant	date
Outils produits pas la RICH pour mener des études en lien avec la proposition. L'utilisateur lors de la phase expérimentale utilisera cet outil	a)le composant à étudier peut prendre une forme qui peut être utilisé par l'humain	Outils RICH	name
		Outils RICH	description
		Outils RICH	type
Objectifs de la phase expérimentale en lien avec les travaux de recherche	a) une phase expérimentale est composée d'une ou de plusieurs études successives	Phase expérimentale	Objectif de la phase expérimentale
	b) l'objectif de la phase expérimentale est global	Phase expérimentale	Posture expérimentale
Etudes qui vont constituer la phase expérimentale	a) une étude est une étape où un ou plusieurs composants vont être étudiés (explorer, co-construit, validé)	Etude	Nom de l'étude
	b) une étude peut faire appel à une ou plusieurs méthodologies	Etude	Objectifs de l'étude
une étude => permet de réaliser des mesures pour répondre à des hypothèses ou des questions	c) l'utilisateur n'est pas forcément impliqué dans une étude	Etude	No d'ordre de l'étude dans le processus
Elle se déroule dans un temps défini pour répondre à des problèmes	d) si l'utilisateur est impliqué alors décrire l'entité utilisateur	Etude	Démarche
Elle est lié au lieu de passation ; autrement dit le lieu où l'utilisateur sera étudié		Etude	Utilisateur impliqué lors de cette étude
		Etude	Date de début de l'étude

		Etude	Date de fin de l'étude
		Etude	lieu de passation
		Etude	organisation avec l'utilisateur
Utilisateurs en prendre en compte dans les études	a) l'utilisateur à un seul rôle	Utilisateurs de l'instrument	Nom
	b) par contre il peut y avoir plusieurs rôles (exemple : concepteur de langage et utilisateurs de l'application)	Utilisateurs de l'instrument	Rôle
	c) le nombre d'utilisateurs minimal en qualitatif 6 référence de Nielsen => préconisé 20 utilisateurs référence en socio	Utilisateurs de l'instrument	Nombre d'utilisateurs
Lieu où se déroule l'étude	a) une étude correspond un seul lieu	lieu de l'étude	Nom
	`	lieu de l'étude	description
		lieu de l'étude	Type de lieu
Problèmes posés à l'étude : il s'agit des sous objectifs de l'étude pour identifier précisémment les mesures à prendre	a) un ou plusieurs problèmes sont posés à l'étude	Problème	Problèmes posés à l'étude
	b) une ou plusieurs mesures sont prises pour résoudre le problème	Problème	Type de problèmes
Mesures à prendre pour répondre aux questions ou aux hypothèses		Mesures	nom de la mesure
		Mesures	Type de la mesure
		Mesures	outils utiliser pour prendre la mesure
		Mesures	unité de la mesure
		Mesures	source biblio pour décrire la mesure
Méthodes qui vont être utilisées pour prendre les mesures et traiter les données	a) une étape peut contenir une ou plusieurs méthodes	Méthodes	name
	b) une méthode peut produire plusieurs types de données; garder les fichiers (on ne décrit pas la structure de la BD des données)	Méthodes	Type de méthodes

	c) une méthode pourra utiliser un ou plusieurs outils méthodologiques (focus-groups : questionnaire, tests users)	Méthodes	Type d'analyses
Outils méthodologiques pour conduire l'étude. L'objectif des ces outils sont de produire, pré-traiter ou analyser les données		outils méthodologiques	Nom
		outils méthodologiques	Rôle des outils
		outils méthodologiques	type de données produites
Description des données produites		Données produites	fichier de données
		Données produites	description
		Données produites	format de stockage
Description des analyses conduites		Analyses conduites	description
		Analyses conduites	type qualitative/quantitative
		Analyses conduites	type de méthodologie
		Analyses conduites	lien vers les résultats

Modèle logique de l'application «DesignStudy »

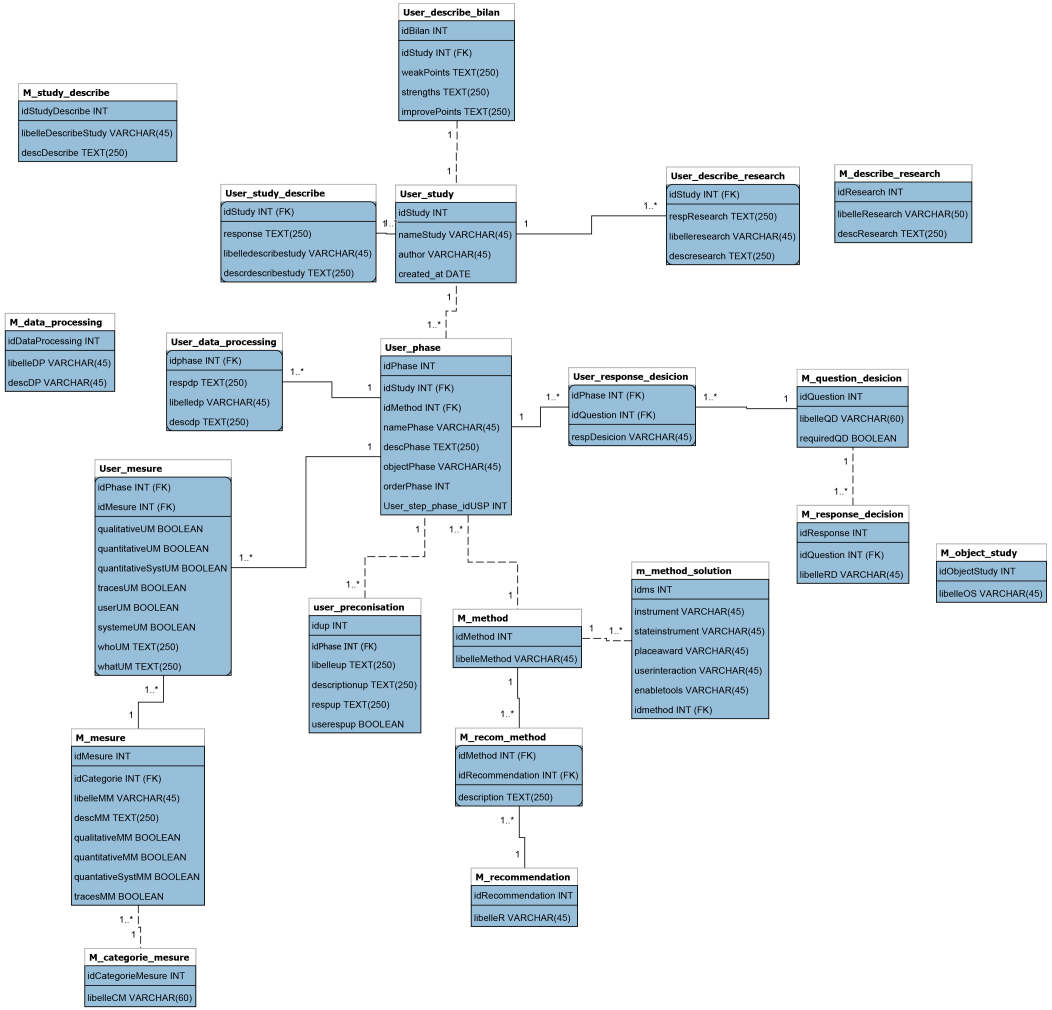


Figure 63 : Une instanciation de THEDRE : Modèle logique de l'application développée par T.Guldalian 2015

Nadine Mandran. 2017. THEDRE : Méthode de conduite de la Recherche en Informatique Centrée Humain. Université Grenoble-Alpes.

RESUME

Mes travaux de recherche concernent la méthodologie expérimentale pour la Recherche en Informatique Centrée Humain (RICH). Il s'agit des domaines de la recherche en informatique qui intègrent des utilisateurs pour construire de la connaissance scientifique et des outils supports à cette recherche. A titre d'exemple, nous pouvons citer les domaines concernés comme le domaine des Systèmes d'Information (SI), de l'Ingénierie des Interfaces Homme-Machine (IIHM) ou celui des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH). Dans ces travaux de recherche se pose le problème du processus de conduite de la recherche et de la traçabilité des résultats et de la qualité des données. L'objectif de cette thèse est de proposer un processus de conduite de la rechercher qui accompagne le chercheur tout au long de ce processus en lui fournissant des moyens pour intégrer des méthodes de production des données issues des sciences humaines et sociales et des outils pour garantir la traçabilité de ce processus. Cette méthode offre des outils conceptuels et techniques pour garantir la traçabilité du processus de conduite de la recherche. Elle porte le nom de THEDRE pour « Traceable Human Experiment Design Research ». Ce travail de formalisation d'un processus de conduite de la recherche a été une opportunité pour créer un langage de modélisation des processus de conduite de la recherche. La construction de ce langage et de cette méthode repose sur des expérimentations conduites depuis 2008 dans le domaine de la RICH.

Mots clés : informatique centrée humain, conduite de la recherche, paradigme épistémologique, démarche centrée utilisateur, expérimentation, tracabilité, démarche qualité, sciences humaines et sociales, production des données, Analyse de données, modélisation de processus

ABSTRACT

My research focuses on the experimental methodology for research in human centered computer science (RICH). It concerns areas of informatics research that integrate users to build scientific knowledge and supporting tools for this research. As example, we can mention the fields concerned, such as the field of Human Computer Interface (HCI) or the Technology for Enhance Learning (TEL). The objective of this thesis is to propose a method which accompanies researchers in the integration of the methods of data production from the humanities and social sciences. In this research the problem of the traceability of the results and the quality of the data arises. This method provides conceptual and technical tools to ensure the traceability of the research conduct process. It is called THEDRE for "Traceable Human Experiment Design Research". This work of formalizing a process of conducting research has been an opportunity to create a modeling language for conducting research processes. The construction of this language and method relies on experiments carried out since 2008 in the field of RICH.

Key words: human-centered computing, research management, epistemological paradigm, user centric approach, experimentation, traceability, quality approach, human and social sciences, data production, data analysis, process modeling.