
Processus de conduite de la recherche et ingénierie des processus : vers une fertilisation croisée**Nadine Mandran, Sophie Dupuy-Chessa, Eric Céret**

*Université de Grenoble Alpes, Laboratoire d'informatique de Grenoble, CNRS
F-38000 Grenoble, France
Prenom.Nom@univ-grenoble-alpes.fr*

RESUME.

La conduite de la recherche en informatique centrée humain nécessite un guidage pour les chercheurs dans l'élaboration et l'évaluation de leur contribution. Pour répondre à ce besoin, nous proposons le processus de conduite de la recherche THEDRE. Afin d'évaluer THEDRE, nous utilisons Promote, une taxonomie des processus de développement logiciel. Ce travail nous a permis non seulement d'identifier certaines limites de THEDRE, mais aussi celles de Promote. Cette fertilisation croisée entre ingénierie des processus et conduite de la recherche nous permet de poser les bases d'une taxonomie spécifique aux processus de conduite de la recherche centrés humain.

ABSTRACT.

Leading research in human centred computer science needs guidance for helping researchers in elaborating and evaluating their contribution. With this goal, we propose THEDRE, a process to lead research in human centred computer science. In order to evaluate THEDRE, we use Promote, a taxonomy for Software Development Process Model. This work allows us to identify limits of THEDRE, but also of Promote. This cross fertilization between process engineering and research leading permits to identify the foundation of a taxonomy specific to human centred research processes.

MOTS-CLES : processus, conduite de la recherche, taxonomie, modèle de concepts

KEYWORDS: process, research methodology, taxonomy, concept model

1. Introduction

La conduite de la recherche en informatique nécessite de faire appel à des parties prenantes pour construire et évaluer une connaissance scientifique puisque les systèmes et logiciels conçus s'adressent in fine à des utilisateurs. Ce type de recherche est donc confronté à l'intégration de l'humain et de son environnement familial, professionnel, etc. Nous la nommerons Recherche Informatique Centrée Humain (RICH) dans le sens où l'utilisateur est central pour la construction et

l'évaluation de la connaissance scientifique en Informatique. Ce centrage rend complexe la RICH car elle nécessite d'utiliser des démarches expérimentales inspirées des sciences humaines et sociales auxquelles ne sont pas formés les chercheurs en informatique.

La complexité en RICH incite à proposer des méthodes de conduite de recherche qui décrivent un processus répétable et adaptable pour offrir du guidage dans cette démarche difficile. Le processus de conduite de la RICH est particulier dans le sens où il a pour objectif de produire de la connaissance scientifique et un outil qu'un utilisateur peut mettre en œuvre. La construction de la connaissance scientifique et celle de l'outil sont interdépendantes. Un tel processus pour la construction d'une connaissance scientifique, pose également la question de l'ancrage dans un paradigme épistémologique qui définit comment une connaissance est produite et quels sont les critères de validité et de valeur de cette connaissance (Avenier and Thomas, 2015). De plus, un processus de conduite de la RICH demande un certain niveau de traçabilité des activités et des productions pour rendre compte de la validité de la connaissance scientifique. Cette traçabilité est importante car la mesure des représentations de l'humain est instable et inconstante (Jambon, 2009).

Des méthodes de conduite de la recherche (Wang and Hannafin, 2005) (De Vries, 2007) (Hevner, 2007) (Peffer et al., 2006) (Drechsler and Hevner, 2016) ont déjà été proposées en RICH pour répondre à ces problématiques. Mais aucune d'elles n'a été étudiée comme un processus à part entière en mettant en œuvre les concepts, des techniques et des outils de support proposés en ingénierie des processus.

La méthode THEDRE (Mandran, 2017) – Traceable Human Experiment Design REsearch – est un modèle de processus de RICH, que nous avons créé et que nous souhaitons évaluer. Or nous avons déjà une expérience dans le domaine de l'évaluation des modèles de processus avec Promote (Céret et al., 2013a), une taxonomie des modèles de processus de conception et de développement de systèmes d'information (SI). Dans cet article, nous présentons l'application de Promote – centré sur le développement informatique – au modèle de processus de THEDRE, centré sur la conduite de recherche centrée humain, ainsi que les enseignements que nous avons tirés de cet exercice. Ces enseignements portent à la fois sur les processus de conduite de la recherche, sur Promote, ainsi que sur la fertilisation croisée des deux approches : le méthodologue qui crée des méthodes de conduite de la recherche, peut les analyser et les compléter grâce à l'application des critères de Promote ; pour le chercheur en RICH, l'utilisation de Promote dans un domaine non exploré i.e. celui de la conduite de la recherche enrichit les critères d'analyse des processus.

Dans la suite de cet article, nous définissons les caractéristiques de la RICH qui sont utilisées dans la méthode THEDRE. Nous présentons les axes de PROMOTE pour caractériser un processus. Nous exposons ensuite la méthode THEDRE. Ensuite, nous la mettons en perspective avec le modèle PROMOTE pour élaborer une taxonomie des processus de conduite de la recherche. Avant de conclure, nous discutons des extensions issues de ce travail pour THEDRE et PROMOTE.

2. Caractéristiques d'un processus pour la RICH

La RICH se préoccupe à la fois de produire une connaissance scientifique et des outils activables pour accompagner l'activité humaine (p.ex., un langage, un dictionnaire, une interface, un modèle). Ces outils produits dans la RICH représentent la connaissance scientifique dans une forme utilisable par l'utilisateur. Cette dualité est le propre des sciences de l'artificiel décrite par (H.Simon, 1969). Dans certains cas, l'outil activable est décomposable en sous-parties que nous appelons composants activables. Les différents composants qui composent l'outil activable devront être identifiés pour le construire et l'évaluer lors des phases expérimentales (Gregor and Hevner, 2013),(Mandran et al., 2013).

Les travaux en RICH 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 mobiliser des humains et donc utiliser des méthodes des sciences humaines et sociales. Ils sont transversaux, car le problème se pose dans différentes spécialités de la recherche en informatique. Ainsi, nous avons pu observer le problème dans 4 spécialités: Interaction Homme-Machine (IHM), Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EAIH), Systèmes d'Information (SI), et robotique. Ces deux caractéristiques, pluridisciplinarité et transversalité, sont les premiers éléments de complexité du problème (Jean-Daubias, 2004) et nous conduisent à préciser la vision du processus telle qu'elle est déployée dans THEDRE. Nous traitons en particulier les caractéristiques suivantes :

- Des **processus itératifs** pour construire l'outil : l'outil ici étant informatique, il est soumis, pour sa réalisation, aux préconisations des méthodes de conception et de développement, qui, le plus souvent, sont itératives, comme les méthodes agiles (Martin, 2003).
- **La complexité du terrain à investiguer** est liée à l'une des spécificités en RICH qui est de construire et d'évaluer un instrument avec des utilisateurs. Cette caractéristique impacte le processus scientifique au point que (Sein et al., 2011) constatent qu' « une nouvelle méthode recherche est nécessaire, qui reconnaisse que l'artefact émerge de l'interaction avec le contexte organisationnel même quand sa conception initiale était guidée par les intentions du chercheur ».
- **La combinaison des méthodes de production et d'analyse de données** : les méthodes quantitatives/statistiques s'appliquent principalement en phase d'évaluation mais ne sont pas adéquates lors de la construction de l'instrument. Il est alors nécessaire d'envisager des méthodes d'investigation pour recueillir l'avis des utilisateurs. Il faut donc utiliser des méthodes qualitatives pour comprendre, explorer (Paille and Mucchielli, 2011) et des méthodes quantitatives pour quantifier, valider (Howell et al., 2007).

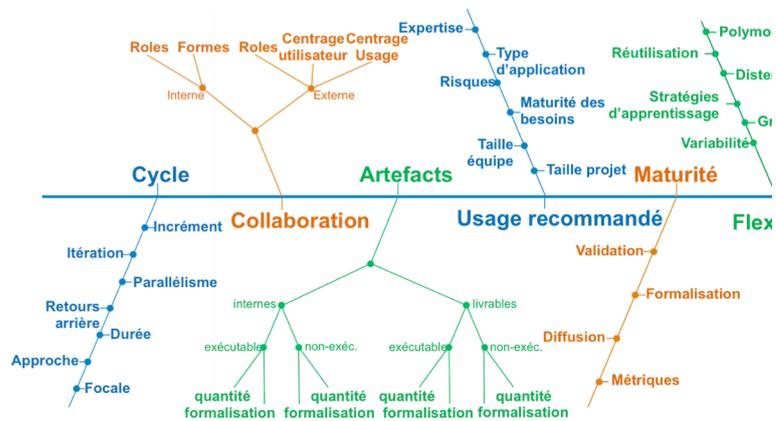
L'objectif dual de la RICH et ces trois points interrogent directement la manière de construire la connaissance scientifique autrement dit de se positionner dans un paradigme épistémologique pour expliciter les hypothèses de construction de cette

connaissance et les critères de valeurs et de validité de la connaissance. Nous nous situons dans le constructivisme pragmatique (Avenier and Thomas, 2015) qui définit la connaissance produite comme un raffinement des connaissances existantes et avec une prise en compte d'un contexte d'application. La validité et la valeur de la connaissance repose sur la multiplicité des données produites à l'aide du terrain.

3. Taxonomie des processus : Promote

En considérant que les processus de conduite de la recherche ont des caractéristiques similaires aux processus de conception de logiciels, nous allons utiliser les caractéristiques de Promote (Process Models Taxonomy for Enlightening choices) (Céret et al., 2013a) pour identifier les points importants pour un modèle de processus de conduite de RICH. Promote est une taxonomie de modèles de processus de conception et développement logiciel. Elle a été créée afin de pouvoir catégoriser et comparer ces modèles. Elle permet aussi d'identifier des points d'amélioration pour permettre ainsi leur enrichissement. Elle a été mise en œuvre en ce sens à plusieurs reprises (Céret et al., 2013a), (Céret et al., 2013b), (Céret, 2014).

Promote comporte six axes principaux pour caractériser un modèle de processus (Figure 1). Caractériser un modèle de processus de développement (SDPM – Software Development Process Model) se fait sur la base de ce qui est défini dans le processus et non des habitudes de mise en œuvre. Chacune des caractéristiques (les feuilles de l'arête dans la figure ci-dessus) est associée à une graduation qui permet d'exprimer à quel point un SDPM met en œuvre la



caractéristique analysée.

Figure 1 : Promote caractérise les processus selon 6 axes principaux divisés en sous-axes

L'axe du **cycle** de vie décrit l'organisation interne du cycle proposé par le SDPM et comporte sept sous-axes qui caractérisent les aspects *itératifs* et *incrémentaux* du processus. L'axe du cycle définit aussi la capacité de ce dernier à supporter des tâches menées à en *parallèle*, les éventuelles possibilités de *retour en arrière* (et les procédures de gestion associées), la *durée* du processus si elle est définie, son *type d'approche* (ascendante, descendante, composite) et enfin sa *focale* c'est-à-dire le ou les principaux aspects selon lesquels le processus est décrit : les activités, les produits, les stratégies, les buts ou les décisions (Rolland, 2005).

La **collaboration** analyse comment les différentes parties prenantes sont supposées travailler ensemble. Au niveau interne, c'est-à-dire entre les membres de l'équipe de conception et de développement, Promote suggère de mesurer le *nombre de rôles*, ainsi que la ou les *formes de collaboration* recommandées. Pour les autres parties prenantes (niveau "externe"), Promote propose aussi de quantifier les *rôles*, et de mesurer la proportion d'activités *centrées sur l'utilisateur* (et donc à quel point la participation de ces derniers est possible). Enfin la quantité d'activités *centrées sur l'usage*, c'est-à-dire focalisées sur la modélisation de la représentation visuelle et de l'interaction (Constantine et al., 2003) est évaluée.

Les **artefacts** (ou produits) sont catégorisés comme *internes* (non destinés à être livrés au client) ou, à l'inverse, *livrables*, et subdivisés en produits *documentaires* ou *exécutables*. Pour chacune des quatre catégories, Promote propose de mesurer le niveau de *formalisation* et la *quantité* préconisés par le modèle de processus.

L'**usage recommandé** identifie les contextes pour lesquels le SDPM indique être adapté et repose sur des critères comme la *taille du projet* ciblé (et les indications pour évaluer cette taille), la *taille de l'équipe*, la *maturité des besoins*, le *niveau de risque* compatible avec le processus suggéré, le *type d'application* (ex : systèmes embarqués) et le *niveau d'expertise* attendu de l'équipe.

La **maturité** du modèle de processus est évaluée à travers les validations que ses auteurs indiquent. Promote propose d'étudier le *degré de formalisation* du SDPM, c'est-à-dire la quantité de parties décrites avec des langages formels ou semi-formels. La *diffusion* du SDPM est mesurée à travers le nombre de publications, de sites Internet et de livres qui lui sont consacrés. Enfin, Promote évalue si le SDPM comporte une définition de *métriques* permettant de mesurer sa bonne application, conformément à la préconisation de (Cook and Wolf, 1999).

Le dernier axe de Promote concerne la flexibilité du SDPM, c'est-à-dire sa capacité à proposer des adaptations à la situation locale dans laquelle il est mis en œuvre. La *variabilité* est la capacité d'un modèle de processus à proposer différents chemins parmi les éléments (activités, produits,...) qui le composent. La *granularité* mesure la capacité du modèle de processus à être instancié avec différentes granularités (tâches, sous-tâches,...). Les stratégies d'apprentissage identifient ce que le SDPM comporte pour faciliter sa prise en main par un novice (exemples d'application, exercices,...). La *distensibilité* évalue la capacité du modèle de

processus a être étendu (p.ex. procédure pour ajouter une activité,...). La réutilisation étudie si le modèle de processus fournit des éléments sur lesquels l'équipe peut s'appuyer (p.ex. des patrons de conception, librairies,...). Enfin, le polymorphisme d'un SDPM est sa capacité à être présenté selon différentes focales, par exemple de pouvoir basculer d'une perspective centrée sur les produits à une perspective centrée sur les activités.

4. THEDRE: un processus de conduite de la recherche

Cette section décrit le processus de conduite de la recherche THEDRE. En le considérant comme processus de conception, caractérisé selon les axes de Promote.

4.1. Le cycle de vie de THEDRE

4.1.1 Description du cycle de THEDRE

La vision globale du cycle de THEDRE est donnée par un processus qui suit un cycle d'amélioration Plan-Do-Check-Act (PDCA) (Deming, 1952). Le processus est découpé en cinq sous-processus organisés de manière cyclique et itérative (numérotés de 1 à 5 sur la **Figure 2**Figure 2). Ces sous-processus sont détaillés par des blocs constitués de tâches que nous ne présenterons pas ici par manque de

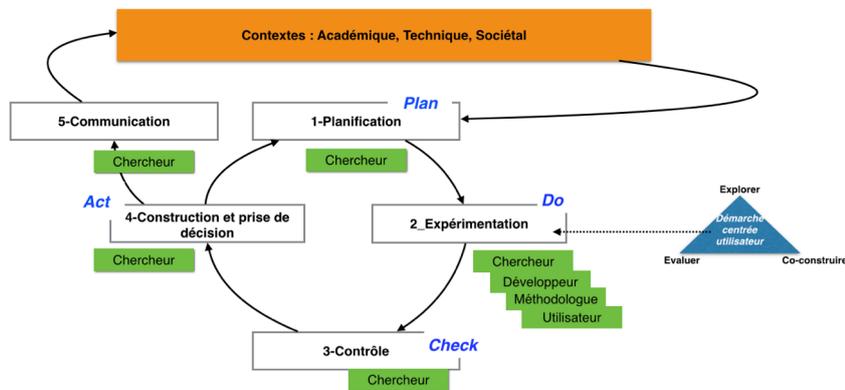


Figure 2 - Vue globale du processus de THEDRE

place.

1 - Planification de la recherche : pour le chercheur, il s'agit ici d'élaborer (en première itération) ou de raffiner (dans les itérations suivantes) la question de recherche et de proposer un outil activable.

2 - Expérimentation : ce sous-processus vise la conception, la mise en œuvre et l'évaluation de l'outil activable. Il nécessite la mise en œuvre de compétences de plusieurs domaines : le chercheur expose sa vision du problème et de l'outil, le

méthodologie propose une démarche expérimentale et le développeur crée l'outil activable à partir des spécifications du chercheur. Enfin, l'utilisateur est intégré dans la phase d'expérimentation selon les trois « actions » de la démarche centrée utilisateur : explorer, co-construire, évaluer (Mandran et al., 2013).

3 - Contrôle : il porte sur la vérification des résultats issus du sous-processus « Expérimentation » 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 l'outil activable sont suffisamment aboutis et novateurs pour être communiqués ou s'il faut conduire une nouvelle itération des sous-processus 1 à 4.

5 - Communication : elle est relative à la 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.

4.1.2 Caractérisation du cycle de THEDRE selon Promote

THEDRE a besoin d'être présenté de manière facilement compréhensible pour des chercheurs en RICH. La modélisation des processus sous forme d'activités étant la plus connue, THEDRE privilégie la focale activité¹ pour identifier les tâches à conduire avec une identification des produits à réaliser et à tracer.

Le cycle de THEDRE est un processus itératif afin de prendre en compte l'amélioration continue du cycle de Deming. Des itérations sont aussi possibles lors du sous processus « Expérimentation » afin de construire et d'évaluer l'outil activable. On peut donc dire que le processus de THEDRE suggère des itérations globales (sur l'ensemble du cycle) et régionales (au niveau des sous-processus).

L'incrément est lié à la valeur apportée à la connaissance scientifique et à création de l'outil activable. Si on considère qu'une livraison correspond à la publication d'une connaissance scientifique, celle-ci est le résultat d'une itération globale qui peut être relativement longue, voire qui peut ne pas être satisfaisante et nécessiter une nouvelle itération. On peut donc dire que THEDRE offre un petit nombre d'incréments.

Le parallélisme est défini dans THEDRE entre des blocs de tâches ou entre tâches. Il est clairement spécifié pour les tâches concernées. Par exemple, dans le sous-processus d'expérimentation (que nous n'avons pas détaillé par manque de place), les blocs « Définir les utilisateurs et leur implication dans l'expérience » et « Choisir les méthodes de production de données » peuvent être menés en parallèle.

¹ Les textes en italique sont les graduations de Promote

Le caractère itératif du cycle peut permettre, dans une certaine mesure, les retours arrière, au sens où une nouvelle itération peut permettre une correction. Mais THEDRE ne précise pas de quelle manière prendre en compte ces retours en arrière. Il offre des retours arrière sans procédure spécifiée. De même, la durée d'un cycle n'est pas précisée. Néanmoins, les durées proposées dans le cadre de Promote (de quelques semaines à quelques mois) sont peu pertinentes pour des cycles de recherche qui sont par nature plus longs que les cycles de développement. Ce point serait à revoir dans une taxonomie spécifique aux processus de conduite de la recherche.

Enfin le caractère descendant ou ascendant de l'approche ne semble pas le plus pertinent pour une méthode de conduite de la recherche. En effet, cette question de l'approche interroge, pour un SMDP, l'ensemble des « bagages » avec lesquels le projet est conduit : jusqu'où faudra-t-il décomposer le problème ? De quoi peut-on se servir qui ait déjà été mis en œuvre ? Comment augmenter la probabilité d'aller vers la solution ? Ces questions, dans le domaine de la recherche, relèvent du paradigme épistémologique : il 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. Le choix d'un tel paradigme par le chercheur justifie la manière dont il va construire et évaluer la connaissance scientifique produite. Ce positionnement doit être défini avant tout démarrage d'un processus de recherche, c'est un des prérequis.

4.2. La collaboration au sein de THEDRE

4.2.1 Description de la collaboration au sein de THEDRE

THEDRE implique différents acteurs qui vont avoir un rôle dans la construction et l'évaluation de l'instrument de la recherche. Ainsi, 4 acteurs 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. Il est garant de la cohérence entre le développeur et le méthodologue.
- **Le développeur** : il a pour rôle de développer l'outil activable quand il nécessite de telles compétences (p.ex., application informatique, site web).
- **Le méthodologue** : il a pour rôle de concevoir, de mettre en œuvre et d'évaluer les expérimentations conduites avec les utilisateurs. C'est l'acteur qui apporte la compétence en méthodes de production et d'analyse des données pour répondre à une problématique. Il mobilise des travaux des SHS et d'autres domaines tels que les statistiques.
- **L'utilisateur** : il a pour rôle de participer aux expérimentations afin de faire part de ses représentations du « monde connu » afin de construire et d'évaluer l'instrument. Ce terme « utilisateur » doit être compris au sens large, comme utilisateur final d'une application aussi bien que comme décideur. Il intervient dans l'exploration, la co-construction et l'évaluation.

4.2.2 Caractérisation de la collaboration de THEDRE dans Promote

La collaboration interne dans THEDRE est clairement précisée : trois rôles sont identifiés (l'utilisateur étant considéré comme un rôle externe) et des activités de collaboration forte (*coopération*) sont proposées. Par exemple, les trois acteurs internes définissent ensemble les tâches relatives à l'expérimentation.

Ces trois types d'acteurs correspondent à un nombre adéquat de rôles d'après Promote (16 rôles ou moins), qui se base sur (Harrison and Coplien, 1996) pour évaluer si le nombre de rôle est favorable ou non à la communication interne. Cet indicateur n'est pas spécifique à une équipe de développement et reste donc à priori valide pour une équipe de recherche.

En matière de collaboration externe, Promote permet de définir les principales caractéristiques d'un processus de conduite de recherche, même si certains aspects sont à revoir. Un seul rôle externe est proposé, celui d'utilisateur, même si, comme nous l'avons vu, ce terme peut recouvrir différents sens. On peut se demander si la spécification d'autres rôles (par exemple, un décideur ou un utilisateur expert), permettrait d'améliorer la prise en compte de l'humain dans la RICH.

Le processus expérimental de THEDRE est *fortement centré utilisateur* : il contient de nombreuses activités avec les utilisateurs, qui correspondent aux différentes étapes d'une démarche centrée utilisateur. Enfin le caractère centré usage d'un processus de conduite de la recherche ne semble pas pertinent ici, car aucun de ces processus ne s'appuie sur des modèles.

4.3. Les artefacts dans THEDRE

4.3.1 Description des artefacts dans THEDRE

Le processus de THEDRE produit des livrables (tableau 1) qui contribuent à la construction et à l'évaluation des composants activables, des outils activables et in fine de la connaissance scientifique. Chaque livrable est lié à un ensemble de tâches cohérentes. Certains des livrables suivent des guides fournis par THEDRE. Par exemple, un protocole expérimental est rédigé en suivant un format prédéfini.

Bloc où est constitué le livrable	No du livrable	Contenu du livrable
Bloc 1, 2 et 9	1	Synthèse sur l'état de l'art, la veille technologique et le contexte sociétal b) description des terrains d'étude et des utilisateurs
Bloc 2	2	Spécification pour le développement de l'outil activable
Bloc 2	3	Base des contacts des utilisateurs
Bloc 2 et 7	4	Liste des indicateurs d'objectifs
Bloc 3	5	Tableau de décomposition de l'outil activable

Tableau 1 : Extrait du tableau des livrables selon les blocs de la méthode THEDRE

4.3.2 Caractérisation des artefacts de THEDRE dans Promote

Dans THEDRE, les artefacts – au sens de Promote – sont des documents, mis à part les outils activables (p.ex., un prototype). La *quantité de livrables exécutable est faible*. Pour les autres artefacts, THEDRE ne préconise pas de nombre spécifique. Cependant, dans le cadre de la traçabilité, les expérimentations et les données associées peuvent être considérées comme des livrables (i.e. elles doivent être accessibles à la communauté scientifique). En ce sens, THEDRE préconise un *grand nombre d'artefacts livrables non-exécutables*. A l'inverse la méthode ne donne pas de préconisation sur les artefacts internes, dans lesquels on pourrait englober tout ce qui a été produit au cours du travail d'idéation sans être remis à la communauté. Enfin THEDRE définit le format de certains artefacts, livrables et indicateurs. On peut donc dire que THEDRE suggère *des artefacts informels et semi-formels*.

4.4. Utilisation recommandée de THEDRE

4.4.1 Utilisation recommandée par THEDRE

THEDRE précise peu de choses sur son utilisation. Le processus s'adresse à des chercheurs, principalement des doctorants ; l'équipe est pluridisciplinaire. Mais aucun élément ne précise le nombre d'intervenants dans ces rôles.

De plus, THEDRE s'adresse clairement à certains champs de la recherche : son utilisation est recommandée dans les domaines qui nécessitent la prise en compte de l'humain, par exemple en interaction homme-machine, systèmes d'information, robotique ou encore en apprentissage humain assisté par ordinateur.

4.4.2 Utilisation recommandée de THEDRE vue par Promote

La plupart des critères de l'axe « Utilisation Recommandée » sont très spécifiques aux SDPM. Ainsi les risques, quelle que soit leur nature (technique, financier, organisationnel,...), ne sont pas ceux relatifs à un travail de recherche, où l'on focaliserait plutôt sur son caractère incertain. De manière similaire, la maturité des besoins n'a pas de sens dans le cadre d'un travail de recherche où il n'y a pas de parties prenantes pour exprimer un besoin.

Promote met cependant en évidence que THEDRE ne précise rien sur la taille des projets concernés, alors que cet élément est important en recherche. La taille du projet pourrait être relative au type de projet (local, ANR, européen,...). Le niveau d'expertise et la taille de l'équipe ne sont pas non plus mentionnés dans THEDRE mais pourraient apporter des informations utiles à sa mise en œuvre.

4.5. Maturité de THEDRE

4.5.1 Description de la maturité de THEDRE

THEDRE est issu d'une dizaine d'années de travail en accompagnement de la recherche. Sa valeur et sa validité reposent sur de nombreuses mises à l'épreuve : 25

travaux de thèses dans 4 domaines (SI, IHM, EIAH, robotique). THEDRE a été construit avec une méthode d'observation participante. Ces différents travaux ont donné lieu à plus de 15 des publications (Hug, 2009), (Michelet et al., 2010), (Camara et al., 2010), (Dupuy-Chessa et al., 2011), (Priego-Roche, 2011), (Pernin et al., 2012), (Mandran et al., 2013), (Cornax, 2014), (Benkaouar, 2015). THEDRE a été soumis dans une conférence internationale. La communication porte sur le processus global et sa capacité à tracer une activité de recherche avec des indicateurs. Depuis 7 ans, cette méthode est enseignée dans le cadre de deux écoles doctorales à Grenoble. Elle a été présentée dans des ateliers lors de conférences et dans d'autres laboratoires (LIP6 2015, LIUM 2016). THEDRE a été évaluée lors de 2 expérimentations, l'une sur le langage de description du processus, évalué par des experts en génie logiciel, l'autre sur les différents guides de conception, de conduite et de suivi d'expérimentation avec des doctorants et des chercheurs en RICH. Ces expérimentations ont validé la formalisation du processus, le méta-modèle associé, un dictionnaire des concepts et une notation graphique.

4.5.2 Maturité de THEDRE suivant Promote

D'après la manière dont THEDRE a été construite et évaluée, on peut estimer que le processus a une *procédure de validation et des résultats*. Cette description est semi-formelle : elle est spécifiée comme un langage spécifique à un domaine avec un dictionnaire des concepts, une syntaxe abstraite et une syntaxe concrète. Dans l'évaluation de la maturité d'une méthode, Promote propose aussi d'évaluer sa diffusion, autrement dit son adoption dans des situations concrètes suffisamment nombreuses. Cette approche est très spécifique de l'univers du développement informatique, dans lequel des millions d'ingénieurs utilisent des méthodes et en discutent sur des forums et où une large diffusion peut compter des dizaines de millions de pages Web. Elle semble moins pertinente pour ce qui est d'une méthode de conduite de recherche, en raison de la taille de la communauté et des habitudes de partage d'information en son sein.

Promote évalue aussi l'existence de métriques de bonne application du SDPM. Les différents indicateurs proposés dans THEDRE visant à assurer la qualité de la recherche et sa traçabilité, ces indicateurs permettent aussi de vérifier la bonne application de la méthode. Au sens de Promote, cette caractéristique correspond à une *procédure formelle de validation*.

4.6. Flexibilité dans THEDRE

4.6.1 Description de la flexibilité dans THEDRE

THEDRE propose d'avoir des blocs dépendants mais les tâches à l'intérieur des blocs ne sont pas systématiquement dépendantes. Certaines des tâches peuvent être menées en parallèle. L'organisation des tâches est libre, l'utilisateur du modèle de processus THEDRE choisit l'ordonnancement entre les tâches. Ensuite, il est présenté avec plusieurs niveaux de détails (sous-processus, blocs, tâches) ce qui apporte au processus un degré de flexibilité.

4.6.2 Caractérisation de la flexibilité dans THEDRE avec Promote

L'organisation de certaines tâches est laissée libre, mais elles sont obligatoires sans alternatives. THEDRE doit donc être réalisé complètement et n'offre pas de variants. De plus, il ne propose aucune procédure permettant son extension (ou sa réduction), par exemple pour ajouter de nouvelles activités. THEDRE n'est pas polymorphique : le processus est présenté comme une succession d'activités et ne peut pas être représenté en le centrant sur les artefacts produits. Ce polymorphisme pourrait être atteint en outillant le processus, mais le bénéfice reste à évaluer.

Nous l'avons vu, THEDRE offre des guides, un dictionnaire des concepts et des modèles de documents. L'ensemble de ces éléments assure au moins en partie des possibilités *d'apprentissage*, mais surtout fournit des éléments de *réutilisation*.

L'autre élément de flexibilité de THEDRE est sa granularité : le processus de THEDRE est décrit à plusieurs niveaux (sous-processus, blocs et tâches). On peut dire que THEDRE est au *troisième niveau de la granularité* : il offre un document principal avec une description à plus de deux niveaux de granularité.

5. Vers une fertilisation croisée entre processus de conduite de la recherche et ingénierie des processus

Nous venons d'appliquer Promote au domaine des processus de conduite de recherche en RICH. C'est un domaine très différent de son champ d'application initial. Nous souhaitons étudier si Promote peut être enrichie grâce à cette application originale. Par ailleurs, du point de vue de la conduite de la recherche, il était aussi intéressant de s'interroger sur l'intérêt de l'utilisation d'une approche d'ingénierie des processus.

5.1. Enrichissement de Promote

Promote sort de cet exercice avec un nouveau potentiel d'évolution pour l'évaluation des processus.

Au niveau de la notion d'artefact : dans Promote, un artefact est tout élément produit ou transformé par l'homme, ce qui était censé inclure la production de connaissances sur les SDPM. Promote évaluait la distensibilité des modèles de processus justement pour vérifier si les connaissances acquises pouvaient être capitalisées, par exemple comme nouvelles stratégies, activités ou éléments réutilisables. Or pour THEDRE, le substantif « artefact » n'est pas utilisé car sa polysémie pose des problèmes de compréhension entre le domaine de l'informatique et de l'analyse des données présente dans un des sous-processus de THEDRE. L'axe des artefacts pourra être étendu pour préciser leur nature (guide, indicateurs, ...). De même que le sous-axe des livrables pourra être précisé avec les concepts proposés dans THEDRE tels que les protocoles ou les données expérimentales.

Au niveau du guidage et de l'apprentissage, Promote n'est pas supposé prendre en compte ce qui est dit par les auteurs d'un SDPM. C'est ce qui conduit par

exemple à dire que les méthodes Agiles offrent peu de guidage, puisque celui-ci réside dans le champ cognitif des experts (e.g. les Scrum Masters) et non dans le SDPM. La réflexion apportée par THEDRE éclaire différents besoins : l'adjonction de *stratégies d'apprentissage* (dictionnaire des termes, méthodologie d'évaluation des SDPM,...), de *procédures d'extension* pour le compléter ou l'amender, et peut-être à terme la possibilité d'enrichir l'évaluation des SDPM avec ce qui se réalise dans ses instanciations.

Par ailleurs, nous avons vu que la nécessité d'un paradigme épistémologique pose la question de la validité et de la valeur de la connaissance. Nous pouvons porter ces concepts dans le domaine des SDPM: quelle sont la valeur et la validité de la solution réalisée, en prenant ces termes au sens du Worth-Centered Design de Cockton (Cockton, 2004). Dans sa version actuelle, Promote ne comporte pas de dimension s'intéressant au produit en tant que tel. Un tel axe pourrait questionner comment un modèle de processus de développement aide l'équipe qui l'emploie à favoriser la qualité – logicielle ou ergonomique – l'innovation et la créativité, l'adéquation aux besoins, l'étude de l'existant ou encore l'utilisabilité.

Enfin nous avons identifié une limite sur la mesure de la maturité d'une méthode : l'évaluation sera la même quel que soit le temps qu'il lui a fallu pour conquérir son public. Nous pourrions envisager d'ajouter ce critère à Promote.

Evolutions suggérées de Promote
Etendre l'axe des artefacts pour préciser la nature des artefacts et des livrables (données, guides ...)
Intégrer des stratégies d'apprentissage dans le cadre de pratique métier
Intégrer des procédures d'extension
Intégrer des méthodes d'évaluation
Ajouter des axes relatifs à la valeur et à la validité du produit et du processus
Ajouter l'aspect temporel à l'évaluation de la maturité de processus

Tableau 2 : Synthèse des évolutions de Promote

5.2. Enrichissement de THEDRE

La caractérisation de THEDRE a montré que 24 des 36 axes de la taxonomie ont pu être appliquées directement. Promote est pleinement applicable à ce contexte.

Parmi ces 24 axes, neuf axes ont mis en évidence des améliorations pour THEDRE, par exemple en précisant mieux les rôles externes, en explicitant le niveau d'expertise attendu pour l'équipe qui mettrait en œuvre cette méthode, mais surtout en apportant une plus grande flexibilité dans le modèle de processus.

A l'inverse, six axes se sont avérés difficiles à utiliser en l'état.

Nous avons ainsi constaté que l'approche ascendante ou descendante devrait, pour traiter d'un processus de conduite de recherche, être centré sur la question du paradigme épistémologique. La question du centrage sur l'usage n'est pas apparue pertinente dans ce contexte, de même celle du type d'application, qui aurait gagné à

être formulé en termes de domaine d'utilisation. Les questions des risques et de maturité des besoins ne correspondaient à rien dans le contexte de THEDRE. Enfin, si les quantités de produits sont importantes dans une approche de développement itératif et incrémental, la question semblait sensiblement moins critique pour une conduite de recherche, où rien n'est dit sur ces aspects.

Evolutions de THEDRE
Améliorer la définition des rôles des acteurs dans le processus
Expliciter le niveau d'expertise attendue
Améliorer la flexibilité du processus

Tableau 3 : Synthèse des évolutions suggérées de THEDRE

5.3. Vers une taxonomie des processus de conduite de la recherche

Etant donnée la pertinence de Promote pour l'analyse de THEDRE, Promote pourrait facilement être adaptée pour fournir une taxonomie des processus de conduite de la recherche. Certains sous-axes seraient ainsi supprimés ou modifiés. D'autres pourraient être ajoutés. Ainsi en RICH, mesurer la maturité attendue des besoins ou évaluer si l'approche est centrée sur l'usage pour un processus de conduite de recherche n'a pas d'intérêt. Ces sous-axes peuvent être supprimés pour un processus de RICH. Nous pouvons aussi raffiner certains axes : la mesure de la diffusion telle qu'elle est présentée dans Promote (diffusion Internet, nombre de livres ou d'articles) n'est pas tout à fait satisfaisante : le public potentiel pour une méthode de RICH n'est pas aussi important que pour une méthode de développement logiciel. Il est donc difficile d'utiliser les mêmes ordres de grandeur lors d'une évaluation. De plus, le sous-axe traite de la diffusion de la parole sur une méthode et non de la diffusion de la méthode elle-même, et elle ne prend pas en compte l'ancienneté de la méthode. Ce point mérite d'être aussi ajouté en sous-axe pour la RICH. Le type d'application de Promote ne semble pas difficile à faire évoluer en cadre d'utilisation préconisé pour pouvoir prendre en compte les domaines de recherche concernés par un processus de RICH. Enfin, plutôt que d'étudier le type d'approche (descendante, ascendante ou composite), la manière d'aborder un projet de recherche pourra s'exprimer à travers un sous-axe relatif au paradigme épistémologique.

Un axe à ajouter pour la RICH est relatif à la validité et la valeur de la contribution scientifique et des outils activables. L'étude de THEDRE avec Promote a montré un manque dans ce domaine qu'il serait important de combler. Il est en particulier nécessaire d'étudier la qualité des données produites lors des expérimentations afin de garantir la validité de la recherche.

Modifications à apporter	Axes ou sous-axes
Supprimer	Maturité, collaboration / collaboration externe / centrée usage, Usage recommandé / risques et maturité des besoins, Artefacts / quantité(s)
Modifier	Cycle / approche avec comme approche le paradigme

	épistémologique, Usage recommandé / type d'application en domaines de recherche concernés, Maturité / diffusion (changer la mesure)
Ajouter	Maturité / Diffusion / ancienneté, axes Validité et Valeur

Tableau 4 : Synthèse des modifications à apporter à Promote

6. Conclusion et perspectives

Cet article présente l'évaluation d'un processus de conduite de la RICH à l'aide d'une taxonomie des processus des SDPM, Promote. L'évaluation de THEDRE a permis de mettre en évidence certains points faibles du processus. Mais cette analyse a aussi permis de mettre en évidence les apports et les limites de Promote pour caractériser des processus de conduite de la recherche, mais aussi de de SDPM. Ainsi des extensions de Promote ont été identifiées. Enfin ce travail permet de faire émerger une taxonomie spécifique aux processus de conduite de la RICH. Il doit être approfondi afin de finaliser cette taxonomie. Les axes ou sous-axes à ajouter ou à modifier doivent être étudiés afin de proposer des graduations pertinentes. Il en va de même pour les extensions de Promote. Enfin THEDRE, suivant une démarche d'amélioration continue, est en constante évolution. L'une de ces évolutions devra considérer le manque de flexibilité qui a été mis en avant par Promote.

Bibliographie

- Avenier, M.-J., and Thomas, C. (2015). Finding one's way around various methodological guidelines for doing rigorous case studies: A comparison of four epistemological frameworks. *Systèmes Inf. Manag.* 20, 61–98.
- Benkaouar, W. (2015). Des Robots Compagnons avec du Style: Vers de la Plasticité en Interaction Social Humain-Robot.
- Camara, F., Demumieux, R., Calvary, G., and Mandran, N. (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), pp. 211–218.
- Céret, E. (2014). Flexibilité des processus de développement à la conception et à l'exécution : application à la plasticité des Interfaces Homme-Machine. University of Grenoble.
- Céret, E., Dupuy-Chessa, S., Calvary, G., Front, A., and Rieu, D. (2013a). A taxonomy of design methods process models. *Inf. Softw. Technol. Elsevier* 55, 795–821.
- Céret, E., Calvary, G., and Dupuy-Chessa, S. (2013b). Flexibility in MDE for scaling up from simple applications to real case studies: illustration on a Nuclear Power Plant. In *25ème Conférence Francophone Sur l'Interaction Homme-Machine, IHM'13*, (Bordeaux, France: ACM), pp. 33–42.
- Cockton, G. (2004). From Quality in Use to Value in the World. In *CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, (New York, NY, USA: ACM), pp. 1287–1290.
- Constantine, L.L., Biddle, R., and Noble, J. (2003). Usage-Centered Design and Software Engineering: Models for Integration. In *ICSE Workshop on SE-HCI'03*, pp. 106–113.
- Cook, J.E., and Wolf, A.L. (1999). Software process validation: quantitatively measuring the correspondence of a process to a model. *ACM Trans. Softw. Eng. Methodol. TOSEM* 8,

147–176.

- Cornax, M.C. (2014). Amélioration Continue de Chorégraphie de Services: Conception et Diagnostic basés sur les Modèles. Thèse Université Grenoble Alpes.
- De Vries, E.J. (2007). Rigorously Relevant Action Research in Information Systems. In ECIS, pp. 1493–1504.
- Deming, W.E. (1952). *Elementary Principles of the Statistical Control of Quality* (Nippon Kagaku Gijutsu Remmei, Tokyo, Japon).
- Drechsler, A., and Hevner, A. (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*. Canada, May, (DESRIST 2016)
- Dupuy-Chessa, S., Mandran, N., Godet-Bar, G., and Rieu, D. (2011). A case study for improving a collaborative design process. In *Engineering Methods in the Service-Oriented Context*, (Springer), pp. 97–101.
- Gregor, S., and Hevner, A.R. (2013). Positioning and presenting design science research for maximum impact. *MIS Q.* 37, 337–355.
- Harrison, N.B., and Coplien, J.O. (1996). Patterns of Productive Software Organizations. *Bell Labs Tech. J.* 11 138–145.
- Hevner, A.R. (2007). A three cycle view of design science research. *Scand. J. Inf. Syst.* 19, 4.
- Howell, D.C., Rogier, M., Yzerbyt, V., and Bestgen, Y. (2007). *Statistical Methods in Human Sciences*. Boeck.
- Hug, C. (2009). Méthode, modèles et outil pour la méta-modélisation des processus d'ingénierie de systèmes d'information. Thèse, Université de Grenoble-Alpes.
- Jambon, F. (2009). User evaluation of mobile devices: in-situ versus laboratory experiments. *Int. J. Mob. Hum. Comput. Interact. IJMHCI* 1, 56–71.
- Jean-Daubias, S. (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*, pp. 290–297.
- Mandran, N. (2017). *THEDRE : méthode de conduite de la recherche*. "Traceable Human Experiment Design Research." Thèse, Université de Grenoble-Alpes.
- Mandran, N., Dupuy-Chessa, S., Front, A., and Rieu, D. (2013). Démarche centrée utilisateur pour une ingénierie des langages de modélisation de qualité. *Ingénierie Systèmes Inf.* 18, 65–93.
- Martin, R.C. (2003). *Agile software development: principles, patterns, and practices* (Prentice Hall PTR).
- Michelet, S., Luengo, V., Adam, J.-M., and Mandran, N. (2010). How to take into account different problem solving modalities for doing a diagnosis? Experiment and results. In *ITS 2010: 10th International Conference on Intelligent Tutoring Systems : Bridges to Learning*, V. Aleven, J. Kay, and J. Mostow, eds. (Pittsburg, USA: Springer-Heidelberg), pp. 380–383.
- Paille, P., and Mucchielli, A. (2011). *L'analyse qualitative en sciences humaine et sociales* (Armand Colin).
- Peppers, K., Tuunanen, T., Gengler, C.E., Rossi, M., Hui, W., Virtanen, V., and Bragge, J. (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)*, pp. 83–106.
- Pernin, J.-P., Michau, F., Mandran, N., and Mariais, C. (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), pp. 384–392.

- Priego-Roche, L.-M. (2011). Modélisation intentionnelle et organisationnelle des systèmes d'information dans les organisations virtuelles. Thèse Université Grenoble Alpes.
- Rolland, C. (2005). L'ingénierie des méthodes : une visite guidée A Guided Tour of Method Engineering.
- Sein, M., Henfridsson, O., Puroo, S., Rossi, M., and Lindgren, R. (2011). Action design research.
- Simon, H.A. (2004). Les Sciences de l'artificiel (Paris: Folio).
- Wang, F., and Hannafin, M.J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educ. Technol. Res. Dev.* 53, 5–23.