HAL open science

Qualité des modèles : retours d'expériences

Sophie Dupuy-Chessa, Káthia Marçal de Oliveira, Samira Si-Said Cherfi

To cite this version:

Sophie Dupuy-Chessa, Káthia Marçal de Oliveira, Samira Si-Said Cherfi. Qualité des modèles : retours d'expériences. 32ème congrès Inforsid'2014, May 2014, Lyon, France. pp.363-378. hal-01002995

HAL Id: hal-01002995

https://hal.science/hal-01002995v1

Submitted on 10 Jun 2014

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.

Qualité des modèles : retour d'expériences

Sophie Dupuy-Chessa[1], Kathia Marçal de Oliveira[2], Samira Si-Said Cherfi[3]

1. Université de Grenoble Alpes, Laboratoire d'informatique de Grenoble
F-38000 Grenoble, France
Sophie.Dupuy@imag.fr
2. Laboratoire d'Automatique de Mécanique et d'Informatique Industrielles et Humaines, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, UMR CNRS 8201
F-59313 Valenciennes cedex 9
Kathia.oliveira@univ-valenciennes.fr
3. Laboratoire CEDRIC, Conservatoire National des Arts et Métiers, 292 rue Saint Martin 75003, Paris
samira.cherfi@cnam.fr

RESUME. *Avec la complexification des systèmes d'information (systèmes ubiquitaires, entreprises ouvertes etc.), de nombreux nouveaux langages de modélisation sont proposés. Face à ce développement de langages spécifiques, on peut s'interroger sur la qualité des modèles qui en sont issus. Cet article traite de ce problème en tirant les leçons de nos expériences passées. Elles mettent en évidence les besoins d'outillage automatisé pour l'évaluation de la qualité de modèles, la participation conjointe des différentes parties prenantes dans le processus d'évaluation, et la nécessité d'envisager une véritable ingénierie des langages et des modèles centrée sur l'humain.*

ABSTRACT. *The increasing complexity of information systems (ubiquitous systems, open enterprises, etc.) calls for the introduction of always new modeling languages. However, the development of new domain-specific languages makes the question about their quality, as well as the quality of the produced models, an important issue for the modeling of information systems. This article deals with this issue by exposing the lessons learnt from the past experiences both on the quality of the languages and of the models expressed using them. These lessons highlight the necessity of automatic tools to support the quality evaluation of models, the collective participation of all stakeholders in the evaluation process and the definition of a human-centered language and model engineering approach.*

MOTS-CLES : *qualité, modèle, retour sur expérience, expérimentation*

KEYWORDS: *quality, model, lessons learned, experiment*

1. Introduction

Depuis les années 1970, la conception d'un système d'information (SI) s'appuie presque systématiquement sur des modèles représentant le système à développer. La modélisation conceptuelle vise à acquérir et à formaliser la connaissance du domaine pour répondre aux fonctionnalités du système conçu : « l'objectif principal de la modélisation conceptuelle est la collecte et la définition formelle de la connaissance, à propos du domaine et dont le système a besoin pour effectuer les fonctions qui lui sont assignées. » (Olivé, 2007). Ainsi, le modèle conceptuel est la formalisation de l'expression des besoins et permet à ce titre de vérifier la conformité du SI au domaine (Wand & Weber, 2002). Il est également une formalisation de ce que sera le SI. Il n'est pas uniquement une description du domaine mais le support de toute la suite du développement et même de la maintenance et de l'évolution du SI (Lindland et al., 1994). De plus, de nos jours, les SI deviennent de plus en plus complexes : ils sont ubiquitaires ; les entreprises sont ouvertes, ... Les modèles, qui servent à les comprendre et à les représenter, prennent une importance accrue. D'une part, ils permettent de gérer la complexité de conception galopante de ces systèmes ; d'autre part, ils représentent de nouvelles caractéristiques du système tel que son contexte d'usage (Henricksen 2004).

Cependant, pour qu'un modèle soit vraiment utile pour le développement il faut assurer sa qualité. Dans cet article, nous faisons une analyse des travaux sur la qualité des modèles. Outre l'étude des travaux existants dans ce domaine, nous focalisons, notre réflexion sur nos expériences passées. La large couverture de nos travaux ainsi que leur complémentarité nous permettent de mettre en évidence des leçons pratiques pour aboutir à des modèles de qualité.

La section 2 présente un survol de la littérature. La section 3 introduit un résumé de nos contributions en termes de qualité des modèles. Elle traite de l'évaluation de la qualité des modèles en général, et plus particulièrement la qualité sémantique et pragmatique. Nous dressons en section 4 une synthèse de notre discussion et un bilan des leçons apprises. La section 5 présente nos conclusions et quelques perspectives de ce travail.

2. Travaux existants

La recherche ciblant la qualité des modèles conceptuels reste relativement jeune. A notre connaissance, la première approche structurant le concept de qualité des modèles a été proposée dans (Batini et al. 1992). L'étude détaillée de la littérature a permis de classer ces contributions selon deux catégories que nous détaillons par la suite : (i) les approches visant la compréhension et la caractérisation de la qualité, et (ii) les approches dédiées à la mesure et à l'évaluation de la qualité.

2.1. Compréhension et caractérisation de la qualité des modèles

La première catégorie regroupe des propositions de cadres généraux dont le but est de comprendre et de caractériser la qualité. (Lindland et al. 1994) propose d'évaluer la qualité des modèles selon trois aspects :

- **La qualité syntaxique** où l'objectif de qualité adressé est celui de la justesse du modèle vis-à-vis des concepts et des contraintes du langage. Pour atteindre cette qualité, les méthodes et les outils s'appuient sur le langage utilisé.
- **La qualité sémantique** mesure l'adéquation du modèle au domaine qu'il représente. Cette adéquation comprend l'état actuel du domaine et ses évolutions. La qualité sémantique se mesure à travers des critères tels que la complétude ou la justesse sémantique. Ces critères sont difficiles à mesurer puisqu'ils nécessitent la prise en compte de la connaissance du domaine souvent informelle et non structurée.
- **La qualité pragmatique** est liée à la compréhension d'un modèle par son audience. Il existe diverses études menées sur les facteurs pouvant avoir une influence directe ou indirecte sur la compréhension. Ces études soulignent souvent l'impact direct qu'ont la complexité et la taille de modèles sur leur compréhension. Mais la compréhension peut aussi être influencée par la documentation associée aux modèles ou par le choix de nommage des éléments du modèle.

Krogstie a étendu cette vision en ajoutant trois types de qualités : (1) la qualité physique caractérise l'évaluation du modèle auprès d'un participant ; (2) la qualité sémantique perçue permet d'évaluer la qualité sémantique d'un modèle non pas directement par rapport au domaine mais par rapport à la perception du modèle par les participants ; (3) la qualité sociale est atteinte si les différents acteurs convergent sur une représentation. Le cadre ainsi défini est appelé SEQUAL (Krogstie et al. 1995). Il intègre les acteurs, le domaine et le langage, conduisant à une vision très complète de la qualité. En 2006, Krogstie et al. ont étendu ce cadre pour intégrer aussi les modèles de processus, ce qui suppose une prise en compte de la dynamique (Krogstie et al. 2006).

D'autres travaux cherchent à définir les caractéristiques de la qualité des modèles. A titre d'exemple, citons Levitin et Redman (Levitin & Redman 1995) qui ont proposé d'organiser les caractéristiques de la qualité des modèles en six catégories (contenu, étendue, niveau de détail, composition, cohérence et réaction aux changements) ; (Marjomaa 2002) qui préconise quatre axes d'analyse de la qualité, respectivement en termes ontologiques, épistémologiques, de valeurs théoriques et pragmatiques et (Bajaj 2002) qui a étudié le critère de facilité de lecture et d'interprétation des modèles selon trois dimensions quantifiables (efficacité, efficience et simplicité d'apprentissage).

2.2 Evaluation de la qualité des modèles

La deuxième catégorie de travaux sur la qualité des modèles traite de la mesure de cette qualité au moyen de la définition de critères ou de facteurs de qualité et de métriques. La première approche structurée de cette catégorie est présentée dans (Batini et al. 1992). Pour la première fois, des critères de qualité, spécifiques aux modèles conceptuels, ont été proposés (complétude, justesse, minimalité, expressivité, lisibilité, auto-description, extensibilité et normalité). Ces critères n'ont cependant pas été associés à des métriques permettant de les mesurer.

Dans (Chidamber et Kemerer 1994) les auteurs ont développé et testé empiriquement six métriques liées à l'analyse et la conception. Moody et Shanks dans (Moody & Shanks 1994) ont défini un ensemble de métriques qui tiennent compte des catégories d'acteurs qui manipulent les modèles : utilisateurs métier, analystes de données, administrateurs de données et développeurs d'applications. Dans (Assenova et Johannesson 1996), d'autres critères tels que l'homogénéité, la taille ou la simplicité des modèles ainsi que des requêtes sur ces modèles ont été définis. De plus, les auteurs ont décrit un ensemble de transformations aidant à l'amélioration des modèles. Ce dernier aspect a d'ailleurs été rarement abordé dans les travaux sur la qualité.

Plusieurs articles discutent la qualité des modèles dans le contexte d'utilisation de l'IDM. Certains auteurs soulignent l'importance d'évaluer les modèles et les transformations en considérant des caractéristiques et mesures de qualité spécifiques pour les modèles (Mohagheghi, et Dehlen 2008, Dominguez-Mayo et al., 2010) et en assurant la traçabilité de ces caractéristiques (Oliveira, 2010). Mohagheghi et Dehlen (2009), par exemple, ont identifié six classes de caractéristiques de qualité de modèles : correction, complétude, cohérence, compréhensibilité, confinement et changeabilité. Dominguez-Mayo et al. (2010) ajoutent aussi l'importance d'évaluer le langage de transformation utilisé. (Becker 2012) propose d'utiliser les caractéristiques non-fonctionnelles dans l'analyse des modèles et transformations pour soutenir les décisions sur l'architecture du logiciel. Guana et Correal (2011), à leur tour, proposent d'évaluer les modèles de ligne de produits (dans une approche IDM) pour analyser la qualité du produit final et aussi aider la décision de choix architectural.

Finalement, concernant l'utilisation d'outils pour l'évaluation des modèles on peut citer (Vanderose et Habra, 2011) mais aussi (Rodriguez et al. , 2010) où les auteurs considèrent les aspects syntaxique, sémantique et pragmatique définis par Lindland (1994). Salvaneschi et Piazzalunga (2008) soutiennent que plusieurs modèles de qualité pour évaluer les modèles existent, mais que les modèles de logiciels ne sont pas conçus spécifiquement pour mesurer cette qualité, alors que cela est essentiel pour avoir une mesure de la qualité. (Mantyla 2004) suggère qu'à partir de plusieurs évaluations de qualité des modèles basées sur l'opinion subjective des évaluateurs, soient définies des heuristiques pour l'évaluation qui aident à la décision sur sa qualité.

En résumé, les travaux sur l'évaluation de modèles se concentrent surtout sur la définition de caractéristiques et métriques spécifiques et leur expérimentation. En outre, plusieurs méthodes (p.e, inspections, walkthrough, techniques basées sur la lecture (*reading-based tecniques*)) et outils pour l'automatisation de la collecte et interprétation des métriques sont utilisés. Dans notre travail, nous avons essayé de pallier les défauts de ces approches en alliant dans nos contributions les aspects théoriques de définition de caractéristiques/mesures ; et expérimentaux, pour leur validation et application en études de cas de systèmes, parfois issus de l'industrie.

3. Leçons sur la qualité des modèles

Nous exposons ici notre expérience dans le domaine de l'évaluation des modèles en considérant à la fois les modèles de données, modèles fonctionnels et modèles de processus.

3.1. Leçons sur la qualité des modèles de données

Pour l'évaluation de la qualité des modèles de données notre expérience couvre des critères de qualité et leur évaluation. Pour l'évaluation notre approche utilise comme fondement pratique le point de vue des professionnels. Nous avons fait participer des experts universitaires et des industriels au moyen d'enquêtes, interviews, etc.

La diversité des critères de qualité définis dans la littérature et le manque de consensus concernant leur définition rend difficile leur utilisation. En effet, les définitions sont souvent vagues ne facilitant pas le choix du critère à évaluer ni la méthode pour l'évaluer. De plus, la diversité des critères et leur multiplicité, en l'absence d'un support outillé ou de guides méthodologiques adéquats, créent une complexité rendant ces moyens d'évaluation inaccessibles.

Notre première enquête avait comme objectif de limiter notre étude aux critères de qualité pertinents pour des acteurs souhaitant effectuer des évaluations de la qualité des modèles. Nous avons donc procédé à une enquête qui consistait à recueillir les opinions des interviewés sur la qualité globale des modèles conceptuels, en plus de leurs commentaires sur un ensemble de critères de qualité extraits de la littérature (Mehmood et al. 2009). A partir des résultats de cette enquête, nous avons construit une approche s'appuyant sur des patrons de qualité dont le but est d'assister l'évaluation de la qualité en aidant à (1) identifier l'objectif de qualité recherché, (2) identifier les critères de qualité à mesurer pour atteindre ce but et enfin (3) à procéder à l'évaluation et à l'amélioration de la qualité selon les critères identifiés (Mehmood et al. 2011). Nous avons aussi mené un effort de validation de cette approche en demandant à des participants d'analyser la qualité des modèles en s'aidant des patrons de qualité. Cette deuxième expérimentation a permis d'identifier un certain nombre de leçons à considérer lors de l'évaluation des modèles :

- la difficulté de l'évaluation peut être due à une méconnaissance de la notation utilisée pour exprimer les modèles,
- la connaissance du domaine est importante pour la compréhension des modèles et par conséquent pour leur évaluation.
- Les outils sont primordiaux pour aider à exploiter les connaissances concernant l'évaluation de la qualité.

Nous avons également mené une enquête sur l'évaluation de la qualité en tenant compte du profil des participants. Il s'agissait d'évaluer différents modèles conceptuels décrivant une même réalité par un ensemble d'acteurs tels que des concepteurs, des utilisateurs et des développeurs. L'enquête avait pour objectif de vérifier si certaines métriques, que nous avions définies dans notre approche pour l'évaluation de certains critères de qualité étaient en adéquation avec la perception par les parties prenantes de ces mêmes critères. Cette expérimentation a pris en compte quatre critères de qualité : clarté, minimalité, expressivité, simplicité. Pour ce faire, nous avons recueilli les avis de 113 parties prenantes, dont des professionnels des SI (87) et des utilisateurs finaux (26).

L'analyse des résultats a révélé que nos métriques sont pertinentes et peuvent être globalement validées. Elle a également révélé que les critères d'expressivité et de minimalité requièrent une compréhension de la sémantique des modèles. En conséquence, ils sont plus difficiles à comprendre. Les concepts sous-jacents ne facilitent pas l'obtention d'un consensus surtout auprès d'un public non expert en modélisation.

L'analyse a aussi permis de distinguer les utilisateurs finaux des professionnels de l'informatique dans leur perception de la qualité des modèles. Nous avons aussi pu distinguer un troisième groupe composé de concepteurs, de gestionnaires de projet, de spécialistes des systèmes d'information et, de manière surprenante, d'étudiants. Les résultats de l'évaluation par les métriques ainsi que le détail de l'expérimentation sont détaillés dans (Si-said et al 2002, Akoka et al., 2008).

A partir de la réalisation des ces expérimentations nous pouvons constater que :

(C1) la définition des critères de qualité à mesurer et des métriques associées doit se faire en impliquant les utilisateurs et surtout les professionnels qui seront amenés à les utiliser,

(C2) le choix de la notation utilisée impacte directement l'évaluation des modèles et pour supprimer ce biais il est important de proposer les mêmes modèles dans diverses notations selon les connaissance des acteurs chargées de l'évaluation,

(C3) les connaissances, par les acteurs chargés de l'évaluation, du domaine sous-jacent aux modèles impacte aussi l'évaluation,

(C4) il est important d'outiller les méthodes d'évaluation de la qualité,

(C5) il est important de ne pas se limiter à faire des propositions de critères ou de métriques mais de valider aussi l'approche d'évaluation.

3.2. Leçons sur les modèles fonctionnels

Notre expérience d'évaluation des modèles fonctionnels et d'interaction couvre différents types de systèmes dont nous citons les principaux dans cette section. Ici aussi nos contributions allient résultats théoriques et évaluations expérimentales.

Une première expérience concerne l'évaluation des modèles conceptuels pour la définition d'un système expert dans le domaine de cardiologie (Rabelo et al., 1997). Les modèles conceptuels étaient élaborés avec la méthodologie KADS (Knowledge Acquisition and Design Structuring) spécifique à ce type de système. Des facteurs de qualité spécifiques ont été définis pour évaluer la fiabilité conceptuel ou sémantique des modèles (par exemple, exhaustivité, équivalence à une spécialiste, non redondance, nécessité) et la fiabilité de la représentation des modèles (par exemple, clarté, style, correction, uniformité du niveau d'abstraction). Chaque facteur de qualité était évalué par des inspections effectuées par les différentes parties prenantes (cardiologues, ingénieur de connaissances et développeurs). Ces différents intervenants étaient sollicités seulement sur les critères pertinents pour eux (par exemple, la correction de la notation ne pouvait pas être évaluée par des cardiologues). L'évaluation a été effectuée par trois cardiologues, deux ingénieurs de connaissances et un développeur. L'évaluation était réalisée tout d'abord individuellement puis lors d'une réunion commune de deux heures. Dans l'ensemble, les critères d'évaluation ont été considérés comme faciles à utiliser par les évaluateurs et ont aidé dans l'identification des erreurs. Cependant, les cardiologues ont signalé des difficultés dans la compréhension du modèle produit avec la méthodologie KADS et les ingénieurs de connaissances ont signalé des difficultés lors de la conception du modèle. Cette évaluation a conduit à des améliorations dans le processus de développement logiciel et la définition d'extensions pour KADS. Cette expérience nous a montré la multi-dimensionnalité de la qualité des modèles, autrement dit, qu'un modèle doit être évalué non seulement par différents critères de qualité mais aussi en considérant différents points de vue : la vision des développeurs, des experts du domaine métier (dans ce cas cardiologues) et des demandeurs (client) du projet. De plus, cette expérience nous a montré la subjectivité de l'évaluation de la qualité des modèles. Même quand nous avons essayé d'utiliser des métriques objectives, elles avaient besoin d'être associées à une évaluation qualitative de la part des experts du domaine.

Une deuxième expérience concerne l'évaluation des modèles fonctionnels utilisant diagramme de flux de données (DFD) des systèmes patrimoniaux (Ramos et al., 2004). Ces systèmes ont en général une documentation assez pauvre alors qu'une telle documentation est nécessaire à la maintenance de ces systèmes patrimoniaux. Aussi des métriques spécifiques ont été définies pour évaluer dans quelle mesure les modèles sont documentés, leur facilité de compréhension et la cohérence entre les différents modèles composants la documentation (modèles de données, modèles métier s'il existe, et diagrammes DFD de différents niveaux). Des évaluations expérimentales ont été faites utilisant la documentation des grands systèmes d'une institution bancaire. Les modèles de dix systèmes ont été évalués par trois évaluateurs ayant un profil d'analyste de système. Les évaluateurs n'avaient pas

de connaissances sur les systèmes et n'ont eu aucun contact avec les utilisateurs ou les mainteneurs du système, ainsi les résultats sont basés seulement sur l'évaluation des modèles, sans aucun biais. Les évaluations ont duré entre 48 min et 1h20. Les résultats indiquent que la qualité du niveau de documentation était faible, car malgré l'existence des diagrammes, il n'y avait pas de descriptions de leurs éléments (ex : attributs, flux, etc.). Cependant la majorité des diagrammes était considérée comme facile à comprendre, sauf pour l'un des systèmes qui a été considéré complexe. Finalement, des problèmes de cohérence entre les modèles (diagramme de contexte X DFD, modèle de donnée X DFD) ont été identifiés. Cette expérience nous a montré la difficulté d'établir des seuils pour les métriques objectives et aussi d'interpréter les résultats. La présence et l'évaluation subjective d'un expert du domaine métier étaient toujours demandées. De plus, l'expérience a confirmé le fait reconnu de faible qualité des documentations des systèmes patrimoniaux.

Une dernière expérience concerne l'évaluation de modèles de navigation développés avec la méthode OOHDM (Object-Oriented Hypermedia Design Method) pour la conception de sites web (Nery et al., 2006). Différentes évaluations de projets réels de sites ont été effectuées en considérant des métriques appropriées comme le *fan-in* et *fan-out* entre contextes de navigation, la densité de structure des navigations, la moyenne de chemin plus court, etc. Pour réaliser ces évaluations, un outil a été développé pour calculer automatiquement les mesures à partir des diagrammes élaborées en OOHDM. Ces expériences nous ont montré que les évaluations réalisées sur des modèles très proches de leur implémentation finale peuvent fournir un aperçu réel de la qualité du système final produit (dans ce cas, des sites web). Cependant, ce constat est peut être spécifique à des applications web où le codage peut correspondre directement aux navigations projetées.

La principale leçon de toutes ces expériences est qu'évaluer des modèles n'est pas facile à mettre en œuvre, et requiert la participation de différentes parties prenantes (C6) : experts du domaine métier, client, chef de projet, développeurs, etc. Cette participation est essentielle pas seulement pour la réalisation des évaluations en elles-mêmes (en utilisant des techniques spécifiques comme inspection et *walkthrough*) mais aussi pour l'interprétation des évaluations pour la prise de décision. Pour certains facteurs de qualité, cette interprétation peut être plus facile (ex. : la correction syntaxique des modèles). Mais, pour la grande majorité des facteurs de qualité l'interprétation et la décision sur la qualité finale peuvent être compliquées et dépendre de différents aspects, comme par exemple : le langage utilisé pour la modélisation, le type de projet, la connaissance sur le domaine, et surtout le besoin des utilisateurs qui est vraiment connue seulement en fin de projet et non dans la phase de conception où les modèles sont élaborés. Aussi la présence d'un expert est nécessaire pour l'interprétation et la décision sur la qualité (C7).

3.2.3. Leçons sur les modèles de processus

Notre expérience en matière de qualité des modèles de processus a été à la fois théorique et expérimentale.

Du point de vue théorique, dans (Ceret et al 2013), nous sommes allés plus loin que les travaux existants pour la comparaison des modèles de processus en proposant une taxonomie de ces modèles : nous avons identifié les similarités principales et les différences entre de nombreux modèles, puis nous avons abstrait des concepts pour définir des catégories d'entités, catégories que nous nommons axes. Chacun des axes possède des sous-axes, mais aussi une graduation. Par exemple, l'axe le plus important est celui du cycle de vie qui a 7 sous-axes : incrément, itération, parallélisme, gestion des retours arrière, durée du cycle, approche (descendante, ascendante, mixte . . .), et la focale (activités, produits, décision, contexte et but). Nous évaluons chacun des sous-axes pour caractériser les modèles de processus. Cette taxonomie est le résultat d'une étude bibliographique de plus de 150 articles qui a été évaluée par deux cas d'étude auprès d'étudiants de master. Ces études ont permis de montrer que ce cadre théorique leur permettait de comprendre de manière fine un modèle de processus, mais aussi de comparer plusieurs modèles de processus. Il existe donc une limitation évidente liée à la nature des sujets de l'expérimentation. Mais cela ne remet pas en cause l'idée qui ici n'est pas de définir des critères de qualité dans l'absolu, mais de définir les caractéristiques qui peuvent influer la qualité pragmatique d'un modèle de processus. L'hypothèse est qu'un modèle de processus n'est pas bon ou mauvais dans l'absolu, mais qu'il doit correspondre à une situation de conception. Aussi nous laissons au concepteur l'évaluation de la qualité du modèle tout en lui permettant de l'appréhender au mieux. Ce travail nous a montré que l'interprétation de la qualité doit parfois être laissée à l'appréciation du concepteur en fonction de son contexte de travail.

Du point de vue expérimental, nous avons abordé l'évaluation qualitative des modèles de processus. Dans (Dupuy-Chessa 2011), nous avons cherché à évaluer le modèle de processus d'une méthode de conception de système d'information ayant des interfaces homme-machine innovantes. L'étude théorique du modèle de processus n'étant pas suffisante pour juger de la convenance des activités, nous avons tenté de l'évaluer de deux manières pratiques différentes. Nous avons récolté des informations sur l'utilisation du modèle grâce à une approche qualitative, qui a pour but de parvenir à une compréhension fine du sujet étudié. Ainsi des échantillons petits mais ciblés sont utilisés. Les informations collectées sont nombreuses et souvent révélatrices de cas plus généraux même si leurs conclusions se limitent aux cas étudiés. Cette étude de cas a été menée auprès de 4 binômes de concepteurs (un spécialiste IHM et un spécialiste GL) pendant une semaine. Les concepteurs avaient pour consignes de suivre le processus proposé sur les phases les plus collaboratives pour concevoir un système interactif. Les résultats ont été positifs : le processus est perçu comme intéressant et satisfaisant (utile, permettant de réduire les erreurs, travail plus efficace). Toutefois la durée du projet et des échanges collaboratifs varie beaucoup d'un groupe à l'autre. En particulier, les collaborations avaient parfois lieu pour des objectifs inappropriés c'est-à-dire que des concepteurs travaillaient ensemble pour réaliser les modèles de l'un des domaines au lieu de travailler séparément. Ainsi l'étude de cas nous a amenés à simplifier le modèle de processus 1) pour ne conserver que les activités qui produisent des modèles indispensables à la suite du processus, les autres activités

devenant optionnelles ; 2) pour n'inclure que des coopérations dont le but est plus évident (la production d'un modèle commun). Si cette évaluation qualitative nous apportent des informations intéressantes sur le processus, elle n'a pas de valeur statistique et peuvent difficilement être reproduites. Une évaluation exhaustive du processus aurait nécessité de le comparer avec d'autres processus de développement. La mise en œuvre d'une telle expérience aurait toutefois été longue et complexe. Il est aussi difficilement envisageable d'adopter une approche quantitative qui nécessiterait la mise en place réelle du processus dans une perspective de fouille de processus qui n'apporterait pas d'explications sur les résultats observés. L'expérimentation qualitative nous semble être un outil indispensable pour améliorer a priori un modèle de processus.

Nous avons également travaillé sur la qualité des modèles de processus métiers (Cherfi et al., 2013). Du point de vue expérimental, nous avons collecté 100 modèles écrits en BPMN[1] depuis BPM Academic initiative[2]. Nous avons ensuite procédé à l'évaluation de la qualité de ces modèles en les confrontant à un ensemble de règles de correction syntaxique, sémantique et pragmatique permettant de détecter des défauts de qualité dans les modèles. La synthèse de cette évaluation révèle que 18% des défauts sont d'ordre syntaxique, 18% des défauts sont des erreurs liées à une mauvaise maîtrise de la sémantique des constructeurs de la notation et 64% des défauts altèrent la qualité pragmatique des modèles en rendant difficile leur compréhension. Ces résultats nécessitent une analyse plus approfondie pour essayer de comprendre les causes de ces défauts, leurs relations avec un enseignement et/ou une pratique de la modélisation des processus, le fait qu'ils aient été générés à partir de besoins détaillés et/ou formalisés etc. Une telle analyse n'a pas pu être menée puisque ces modèles ne sont pas associés à leur contexte de production et aucun élément sur le profil des personnes qui les ont produits n'est disponible. Une expérimentation contrôlée aurait pu être un bon moyen pour analyser toutes ces questions. Cependant, notre expérience passée concernant les expérimentations contrôlées a montré la difficulté d'avoir des échantillons suffisamment grand et variés permettant de généraliser les résultats obtenus.

Ces travaux nous permettent de noter la difficulté d'évaluer des modèles de processus (C8). L'approche théorique se limite à une caractérisation et l'approche expérimentale permet difficilement d'obtenir des résultats concluants : les évaluations qualitatives n'ont pas de valeur statistique et peuvent difficilement être reproduites. Il est aussi peu envisageable d'adopter une approche quantitative qui serait chronophage et pas nécessairement plus prolifique en retours d'utilisation. Combiner les deux approches (C9) en proposant de nouvelles pratiques expérimentales et de nouveaux outils est un point peu exploré qui semble être un besoin fort pour l'évaluation des modèles de processus.

---

[1] BPMN : Business Process Model and Notation : http://www.bpmn.org/
[2] http://bpmai.org/BPMAcademicInitiative/

4. Synthèse et analyse

Le Tableau 1 présente une synthèse de nos travaux présentés dans les sections précédentes. Pour cela nous nous sommes focalisés sur :

- l'objectif principal de l'expérimentation – nous en avons considéré deux types : évaluer la qualité elle-même, ou explorer les modèles pour la construction des nouvelles propositions et d'analyses plus générales sur l'évaluation des modèles ;
- l'approche utilisée – qualitative, quand les évaluations sont basées sur l'évaluation des évaluateurs ; ou quantitative, quand à l'inverse elles recourent aux métriques (mesures) collectées sur les modèles (avec des outils automatiques ou via des évaluations manuelles) ;
- les techniques d'évaluation – comme la révision (par exemple walkthrough et inspection), des enquêtes, ou des interviews directes avec les évaluateurs ;
- le nature des projets – projets de l'industrie ou académiques ; et,
- la décision finale sur la qualité des modèles - en considérant l'utilisation de seuils pré-definis, l'opinion d'experts ou les deux.

Ce tableau montre que l'évaluation de la qualité des modèles utilise toute la richesse des évaluations centrées utilisateurs : les expérimentations peuvent servir à évaluer, mais aussi à co-construire avec les utilisateurs ou à explorer de nouvelles solutions ; le qualitatif et le quantitatif sont deux techniques complémentaires qui visent à aborder des points de vue différents sur les modèles (le qualitatif permettant de recueillir des opinions et des idées, le quantitatif pouvant être utilisés de manière plus automatique grâce à la définition de seuil) ; une large palette de techniques d'évaluation centrée utilisateur (walkthrough, interview…) sont pertinentes pour évaluer la qualité des modèles ; l'opinion des experts semblent prépondérante.

A partir de cette synthèse et des constats que nous avons faits tout au long de l'article, nous pouvons en tirer les principales leçons suivantes :

- Quelque soit le modèle étudié, son évaluation n'est pas triviale. Dans tous les cas, il a été noté la nécessité de faire participer les différentes parties prenantes (C1, C3, C6), que ce soit pour évaluer le modèle en lui-même ou les métriques de mesure automatique de la qualité. L'approche centrée utilisateur est donc à explorer pour mieux les intégrer dans la conception et l'évaluation de modèles.
- Nous avons constaté que le langage de modélisation influence la qualité du modèle résultat (C2). Nous l'avons remarqué par exemple, pour un modèle de données dont l'évaluation est impactée par sa notation. Cette influence pourrait s'expliquer par la qualité de la notation (richesse, complexité, formalité etc.) ou par la maîtrise qu'ont les participants de cette notation. Aussi nous recommandons de créer une ingénierie des langages de modélisation qui ne se limite pas à des outils de création de modèles, mais

permettent aussi d'en aborder la qualité du point de vue des concepteurs ou des lecteurs de ces modèles.

Référence	Objectif	Approche	Technique d'évaluation	Nature des projets	Décision finale
Mehmood et al. 2009	Explorer	Qualitative	Interviews	Académique	Basé sur l'opinion des experts
Si-said et al 2002	Évaluer	Quantitative	Semi-automatique via des métriques	Académique	
Akoka et al. 2008	Explorer et Évaluer	Quantitative et Qualitative	Enquête	Académique et industrie	Seuils et l'opinion des experts
Rabelo et al 1997	Évaluer	Qualitative et quantitative	Inspection	Académique	Seuils et l'opinion des experts
Ramos et al., 2004	Évaluer	Qualitative et quantitative	Walkthrough et outillage automatique	Industrie	Seuils et l'opinion des experts
Nery et al., 2006	Évaluation	Quantitative	Outillage automatique	Académique	Seuils
(Ceret et al 2013)	Evaluer	Qualitative	Outillage pour la comparaison	Académique	Opinion des experts
(Dupuy-Chessa 2011)	Explorer et Evaluer	Qualitative	Walkthrough et interviews	Académique	Opinion des experts

Tableau 1 – Synthèse et analyse des travaux

- L'importance de l'outillage a été notée (C4, C9). Elle a cependant bien été mise en relation avec les parties prenantes. Les calculs proposés, par exemple de métriques, doivent être conformes à ce qu'auraient réalisé des experts et doivent donc être validés par ces même experts, alors que les outils des définitions de syntaxes abstraite et concrète doivent être adaptées à leurs utilisateurs. Une vision centrée utilisateur est donc primordiale et doit être développée.
- Les expériences menées ont également mis en évidence un problème déjà soulevé dans la littérature qui est celui de la validation des approches de qualité proposées (C5).
- Dans le cas d'évaluations expérimentales, un expert est nécessaire pour l'interprétation (C7). Dans le cas des mesures, l'évaluation est simplifiée/automatisée, mais l'interprétation des résultats reste compliquée : il faut que les mesures s'accompagnent de seuils qui définissent la qualité des potentiels résultats. Ces seuils même s'ils sont validés, ne sont généralement pas suffisants et un expert reste primordial pour ne pas fournir une mauvaise interprétation des résultats. En effet, le contexte (taille du projet, caractéristiques de l'équipe de développement, caractéristique du deadline du projet, etc..) est déterminant mais est peu pris en compte, et,
- l'insuffisance d'outils automatiques pour l'évaluation, combinant si possible un ensemble de méthodes à ce sujet (C9), conduit à un processus d'évaluation long et couteux (C8). L'évaluation menée sur la qualité des processus métier montre surtout qu'un grand pourcentage des défauts de qualité constatés peut être évité avec un meilleur outillage aussi bien lors de la production de ces modèles que lors de l'évaluation de leur qualité. L'ingénierie des modèles devrait explorer plus avant les techniques d'évaluation afin d'obtenir plus aisément des indicateurs sur la qualité des modèles.

5. Conclusion et perspectives

La complexité croissante des systèmes à être développés pour répondre aux activités quotidiennes avec des technologies de plus en plus modernes ravive l'importance d'utiliser des modèles conceptuels avant l'implémentation des systèmes. Assurer la qualité de ces modèles est donc essentiel pour aboutir un système final qui soit réellement utilisé. Dans cet article, nous avons fait un recueil pour analyser les travaux que nous connaissons sur l'évaluation de la qualité des modèles. De manière générale nous avons remarqué 1) le besoin de l'implication de toutes les parties prenantes au sein du processus d'évaluation, 2) la nécessité d'utiliser des techniques bien établies et des outils automatiques pour aider dans le processus et 3) l'importance du langage de modélisation utilisé pour faciliter la compréhension et l'évaluation d'un modèle.

Les perspectives de ce travail sont donc de proposer une ingénierie des modèles et des langages centrée sur l'humain. On peut ainsi envisager des cycles de conception de langage où les futurs concepteurs, utilisateurs du langage, seraient parties prenantes dans la définition du langage et dans son évaluation ; des outils de métamodélisation qui ne restreindraient pas les pratiques des concepteurs de langages et leur permettraient de facilement le faire évaluer en fonction des besoins des concepteurs de modèles ; des outils de définition de métriques flexibles qui permettraient à chacun d'adapter ou de définir ses propres métriques sur les modèles etc. Les travaux que nous avons présentés dans cet article sont des premiers pas vers cette ingénierie centrée sur l'humain, qui, nous l'espérons, contribuera à l'obtention de modèles de meilleure qualité.

Remerciements

Les auteurs remercient l'association Inforsid pour son soutien financier pour l'organisation de réunions de travail. S. Dupuy-Chessa est aussi reconnaissante envers l'ANR pour son soutien sur ce sujet dans le cadre du projet MOANO.

Bibliographie

J.Akoka, I.Comyn-Wattiau , S.Cherfi, Si-said, 2008. Quality of conceptual schemas an experimental comparison, in: Second International Conference on Research Challenges in Information Science, 2008. RCIS 2008. Presented at the Second International Conference on Research Challenges in Information Science, 2008. RCIS 2008, pp. 197–208.

P. Assenova, P. Johannesson (1996), Improving quality in conceptual modelling by the use of schema transformations. In the proceeding of ER'96. Cottbus, Germany.

A. Bajaj (2002), Measuring the Effect of Number of Concepts on the Readability of Conceptual Models, In proceedings of the Workshop on the Evaluation of Modeling Methods in Systems Analysis and Design (EMMSAD) in conjunction with CAiSE, Toronto, Canada.

C. Batini, S. Ceri, S.B. Navathe (1992), Conceptual database design: An entity relationship approach, Benjamin Cummings, Redwood City, California.

S Becker, 2012. Model Transformations in Non-functional Analysis, in: Bernardo, M., Cortellessa, V., Pierantonio, A. (Eds.), Formal Methods for Model-Driven Engineering, Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, pp. 263–289.

J. Cardoso, 2007. Business Process Quality Metrics: Log-based Complexity of Workflow Patterns, in: Proceedings of the 2007 OTM Confederated International Conference on On the Move to Meaningful Internet Systems: CoopIS, DOA, ODBASE, GADA, and IS - Volume Part I, OTM'07. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 427–434

E. Céret, S. Dupuy-Chessa, Gaëlle Calvary, Agnès Front, Dominique Rieu (2013) A Taxonomy of Design Methods Process Models , Information and Software Technology, Elsevier, Volume 55, Issue 5, Pages 795–821.

S.Cherfi, Si-said, S.Ayad, , I.Comyn-Wattiau, , 2013. Improving Business Process Model Quality Using Domain Ontologies. J. Data Semant. 2, 75–87.

S. R. Chidamber, C.F. Kemerer (1994), A Metrics Suite for Object Oriented Design, IEEE Transaction Software Engineering, vol. 20 no. 6, p. 476-493

F.J. Domínguez-Mayo, Escalona M.J., Mejías M., and. Torres A. H 2010. A Quality Model in a Quality Evaluation Framework for MDWE Methodologies. In 2010 Fourth International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS) Pp. 495–506.

S. Dupuy-Chessa, Nadine Mandran, Guillaume Godet-Bar, et Dominique Rieu (2011) A case Study for Improving a Collaborative Design Process. Dans IFIP WG8.1 Working conférence on Method Engineering (ME'2011).

V.Guana, , D.Correal, 2011. Variability Quality Evaluation on Component-based Software Product Lines, in: Proceedings of the 15th International Software Product Line Conference, Volume 2, SPLC '11. ACM, New York, NY, USA, pp. 19:1–19:8.

K. Henricksen, J. Indulska (2004) Modelling and Using Imperfect Context Information, Proc the CoMeRea workshop at Percom'2004, Orlando, USA.

J. Krogstie, O. I. Lindland, G. Sindre (1995), Toward a deeper understanding of quality in requirements engineering, in: Proceedings of IFIP 8.1 Working Conference on Information Systems concepts (ISCO3): Towards a Consolidation of Views, pp. 82–95.

J. Krogstie, G. Sindre and J. Håvard (2006) : Process models representing knowledge for action: a revised quality framework. European Journal of Information Systems, vol 15, pp 91–102.

A. Levitin, T. Redman (1995), Quality dimensions of a conceptual view, Information Processing and Management, Vol 31(1).

O. Lindland, G. Sindre and A. Solvberg (1994). Understanding Quality in Conceptual Modeling. IEEE Softw. 11, 2, March 1994, 42-49.

M.V. Mantyla (2004) Developing new approaches for software design quality improvement based on subjective evaluations, Proceedings - International Conference on Software Engineering, vol. 26, p.48-50.

E. Marjomaa.(2002), Necessary Conditions for High Quality Conceptual Schemata: Two Wicked Problems, Journal of Conceptual Modeling, 27.

K.Mehmood, , S.Cherfi Si-said , , I.Comyn-Wattiau, , J. Akoka,., 2011. A pattern-oriented methodology for conceptual modeling evaluation and improvement, in: 2011 Fifth International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS). Presented at the 2011 Fifth International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS), pp. 1–11.

K. Mehmood, S. Si-Said Cherfi, I. Comyn-Wattiau (2009): Data Quality through Conceptual Model Quality - Reconciling Researchers and Practitioners through a Customizable Quality Model. ICIQ 2009: 61-74

D. L. Moody, G. G. Shanks (1994), What makes a good data Model? Evaluating the quality of entity relationship models, in: P. Loucopolous (Ed.), Proceedings of the 13th International Conference on the Entity Relationship Approach, Manchester, England, pp. 94–111.

P. Mohagheghi et J. Aagedal (2007) Evaluating quality in model-driven engineering. Dans Proceedings of the International Workshop on Modeling in Software Engineering, MISE '07, pages 6–, Washington, DC, USA, IEEE Computer Society.

P. Mohagheghi et V. Dehlen, A metamodel for specifying quality models in model-driven engineering, in; Proceedings of the Nordic Workshop on Model Driven Engineering, 2008, pp. 51–65.

A. Nery, L. Bandeira, F. Lima, K. M. Oliveira (2006) Qualidade de Software aplicada à navegabilidade na Web In: XII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web.

A. Olivé (2007), Conceptual Modeling of Information Systems, Springer, Heidelberg.

JR A.Rabelo, A.R Rocha, K.M. Oliveira, A. Ximenes, A. Souza, C. Andrade, D. Onnis, N. Lobo, N. Ferreira, V. Werneck (1997) An Expert System for the Diagnosis of Acute Myocardial Infarction with EKG Analysis. Artificial Intelligence in Medicine. , v.1, p.75 - 92.

C. Ramos, K.M. Oliveira, N. ANQUETIL (2004) Legacy Software Evaluation Model for Outsourced Maintainer, In: 8th European Conference on Software Maintenance and Reengineering, IEEE Computer Society. p.48 – 57

M. Rodriguez, M. Genero, D. Torre, B. Blasco, M. Piattini (2010) A methodology for continuos quality assessment of software artefacts, Proceedings - International Conference on Quality Software, p. 254-261.

P. Salvaneschi, U. Piazzalunga (2008) Engineering models and software quality models: An example and a discussion, Proceedings - International Conference on Software Engineering, p. 39-44.

S. Si-Saïd Cherfi, J. Akoka, I. Comyn-Wattiau (2002), Conceptual Modeling Quality - From EER to UML Schemas Evaluation, Proceedings of ER2002, Tampere (Finland)

B. Vanderose, N. Habra (2011) Tool-support for a model-centric quality assessment: QuaTALOG, 6th International Conference on Software Process and Product Measurement, p. 263-268.

Y. Wand, R. A. Weber (2002), Research commentary: information systems and conceptual modelling—a research agenda, Information Systems Research 13 (4) 363–376.