

RatQual: un modèle orienté évaluation des facteurs qualité de la collaboration

RatQual: an Assessment-oriented Model for collaboration quality factors

Abir Elmir

Equipe Al Qualsadi, ENSIAS, Université Mohammed V-Rabat - Madinat Al Irfane, Rabat, Maroc
elmir.abir@gmail.com

Badr Elmir

Equipe Al Qualsadi, ENSIAS, Université Mohammed V-Rabat - Madinat Al Irfane, Rabat, Maroc
elmir.badr@gmail.com

Bouchaïb Bounabat

Equipe Al Qualsadi, ENSIAS, Université Mohammed V-Rabat - Madinat Al Irfane, Rabat, Maroc
bouchaib.bounabat@gmail.com

Résumé

La gestion de la qualité des systèmes collaboratifs requiert un ensemble de mécanismes d'évaluation pour évaluer les caractéristiques de qualité externes influencées par les paramètres environnementaux et concernées par les facteurs de l'écosystème. Le présent article propose un modèle orienté évaluation prenant en considération l'ensemble des facettes de la qualité des systèmes inter-organisationnels. Le modèle, nommé RatQual, représente une catégorisation hiérarchique de la qualité des réseaux de collaboration. RatQual est conçu pour quantifier les facteurs qualité dépendant de l'environnement. Ce modèle est pris en charge par un outil qui automatise le processus d'évaluation. Cet outil fournit une aide dans la planification de l'évolution de la qualité et sert pour les opérations de suivi périodique des niveaux de la qualité.

Abstract

Collaborative systems Quality management discipline requires a set of assessment mechanisms to evaluate external quality characteristics influenced by environmental parameters and impacted by ecosystem factors. The present paper suggests a new assessment oriented model to assess and monitor quality performance. The proposed model, named RatQual, gives a hierarchical categorization for collaborative systems quality factors. RatQual is designed to quantify dependent-environment qualities by considering internal, external and in use aspects. A tool that automates the assessment process supports this model. This tool gives assistance in quality evolution planning and serves for periodical monitoring operations used to enhance and improve information system quality.

Mots-clés

Qualité des SI, réseau de collaboration, système inter-organisationnel, évaluation de la qualité, modèle RatQual.

Keywords

Information system quality management, Collaborative network, inter-organizational system, Quality assessment, RatQual Model.

1. Introduction

La gestion de la qualité figure parmi les préoccupations importantes de la gouvernance des systèmes d'information (SI). Le renforcement des différents facteurs qualité vise à améliorer les performances des organisations à travers l'optimisation des processus métier en vue de livrer de meilleurs services à forte valeur ajoutée. Ce renforcement permet de favoriser la synergie et la collaboration métier dans un cadre inter-organisationnel en respectant l'autonomie des acteurs tout en ouvrant les systèmes d'information sur leurs écosystèmes.

Cet article décrit RatQual (pour Ratio de la Qualité) qui est un modèle orienté évaluation pour les facteurs qualité SI d'un réseau de collaboration (RdC). Il décrit les composantes du modèle proposé qui sont : les trois classes de catégorisation, les dix-sept facteurs qualité de collaboration, les aspects opérationnels d'évaluation et la métrique d'évaluation. Il présente la démarche d'évaluation et introduit QMT, l'outil conçu afin d'automatiser l'approche RatQual et permettre la planification des actions d'amélioration de la qualité.

La suite de cet article est organisée en 5 sections. La section 2 présente le contexte général du modèle proposé par la suite dans la section 3. La section 4 expose les cinq étapes de l'approche d'évaluation associée au modèle RatQual. Dans la section 5 de l'article, l'outil QMT (pour Quality Monitoring Tool) est présenté. L'article se termine par une conclusion et des perspectives.

2. Facteurs qualité de la collaboration

Les organisations ont besoin de se doter de l'agilité nécessaire pour évoluer dans des contextes en perpétuel changement. Pour ce faire, elles doivent surmonter une série de défis dans le but d'établir des coopérations avec leurs partenaires. Dans cette section, il s'agit ici d'énumérer les facteurs qualité relatifs aux exigences de la collaboration.

2.1. Identification des facteurs qualité de la collaboration

Les réseaux de collaboration fournissent un environnement viable pour les entités collaboratives leur permettant de s'organiser dans un objectif d'amélioration de performance. La mise en place des réseaux de collaboration est justifiée par une série de bénéfices. Toutefois, un ensemble de contraintes et défis accompagnent la réussite de leur fonctionnement. Les exigences de réussite de la collaboration peuvent être catégorisées en trois classes (Elmir *et al.*, 2015) (tableau 1).

L'un des aspects de la collaboration consiste en l'échange d'informations et de services entre partenaires. Dans ce contexte, l'approche des SI inter-organisationnels est considérée comme pertinente pour la mise en place des réseaux de collaboration et pour l'amélioration de leurs performances.

En plus des exigences fonctionnelles du système à mettre en œuvre et de la maîtrise de son utilisation, il existe une série d'exigences non fonctionnelles en relation avec l'évolution du système et son adaptation aux différents contextes d'utilisation. Le tableau 1 résume les différentes exigences, qu'elles soient fonctionnelles, organisationnelles, d'adaptation ou d'évolution. Quant au tableau 2, il définit les facteurs qualité selon les trois points de vue ou classes : fonctionnalité, adaptabilité et évolutivité (Elmir A. *et al.*, 2015).

Catégories	Exigences
Exigences fonctionnelles	<ul style="list-style-type: none"> • Maintien de l'autonomie des acteurs tout en bénéficiant de la collaboration • Maturité des échanges SI et l'assurance de la qualité des interactions • Gestion des risques de sécurité liés à l'ouverture sur les partenaires • Assurance de la conformité réglementaire et aux référentiels métiers
Exigences d'adaptation (au sein d'une entité, ou d'une entité à l'autre)	<ul style="list-style-type: none"> • Réutilisation des solutions dans de nouveaux contextes autres que ceux du départ • Existence simultanée de ressources et de services complémentaires entre entités • Capacité à remplacer les modes opératoires suite à l'appartenance au RdC • Flexibilité dans la prise en charge des changements et leur conduite • Offre de plusieurs variantes des services selon le contexte d'utilisation
Exigences d'évolution (dans le temps suivant le cycle de vie du RdC)	<ul style="list-style-type: none"> • Prise en charge continue des évolutions organisationnelles • Maintenabilité des solutions implémentées au sein du RdC • Stabilité de l'environnement établi • Maturité des différents niveaux de tests à l'échelle inter-organisationnelle • Passage à l'échelle des solutions suite à l'extension du RdC

Tableau 1. Classification des exigences à la réussite de la collaboration (ElmirA *et al.*, 2015)

L'ensemble des facteurs qualité caractérisant la collaboration partage les points communs suivants :

- la gestion des indicateurs qualité nécessite la prise en compte de profils différents selon les systèmes d'information ;
- l'amélioration de ces facteurs nécessite une coordination à l'échelle du réseau de coopération ;
- le focus sur un composant du système inter-organisationnel n'est pas suffisant pour améliorer ses aptitudes: des efforts supplémentaires à fournir par les partenaires sont nécessaires concernant les interfaces de communication ;
- il y a nécessité de coupler les efforts entre l'assurance de la qualité (les efforts *a priori*) et le contrôle de la qualité (les efforts *a posteriori*) des différents facteurs étudiés.

A cet effet, l'évaluation de la qualité s'inscrit dans une démarche globale d'amélioration des performances opérationnelles de la collaboration. Ceci nécessite la prise en charge des aspects *a priori* et *a posteriori* relatifs à l'intégration du réseau de collaboration (fig. 1).

En effet, l'amélioration continue des niveaux de la qualité englobe une évaluation *a priori* de la capacité interne des différents composants/systèmes ainsi que sa compatibilité externe avec les détails dépendants de l'environnement de la collaboration. Le deuxième volet concerne l'évaluation des performances opérationnelles liées à l'efficacité d'exécution. Ceci permet le contrôle de la qualité *a posteriori*.

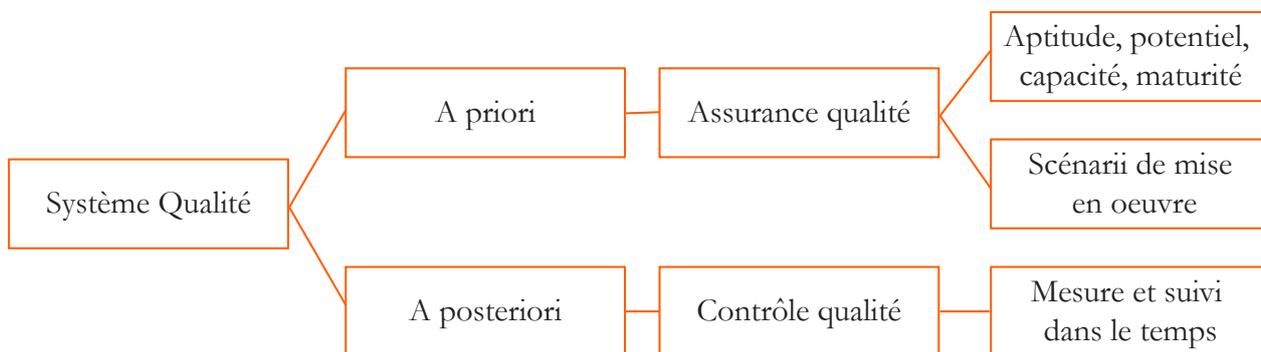


Figure 1. Assurance qualité et contrôle qualité dans le processus d'évaluation

Facteur	Définition
Fonctionnalité	Degré de l'existence d'un ensemble de fonctions qui répondent aux besoins exprimés ou implicites et leurs propriétés.
Interopérabilité	Capacité de deux ou plusieurs systèmes ou composants à échanger des informations et à utiliser l'information qui a été échangée.
Sécurité	Mesure de la capacité du système à résister aux tentatives non autorisées à l'utiliser et dénis de service tout en offrant ses services aux utilisateurs.
Conformité	Mesure dans laquelle le logiciel est conforme aux normes liées à l'application ou des conventions ou des règlements des lois et des prescriptions similaires.
Inter-alignement	Degré d'adéquation entre les services offerts par une composante organisationnelle et ceux attendus par ses partenaires.
Adaptabilité	Qualité d'un objet qui peut être modifié aisément en harmonie avec les changements auxquels son utilisation est soumise ou peut être soumise.
Portabilité	Degré d'efficacité et d'efficience avec laquelle un système, un produit ou un composant peuvent être transférés d'un matériel, logiciel ou autre environnement d'exploitation ou d'utilisation, à un autre.
Co-existence	Degré selon lequel un produit peut s'acquitter efficacement de ses fonctions nécessaires tout en partageant un environnement commun et leurs ressources avec d'autres produits, sans impact négatif sur tout autre produit.
Remplaçabilité	Degré selon lequel un composant peut être remplacé par un autre produit logiciel spécifié pour le même but dans le même environnement.
Flexibilité	Facilité avec laquelle un système ou un composant du système peuvent être modifiés pour une utilisation planifiée dans des environnements autres que ceux pour lesquels ils ont été spécifiquement conçus.

Variabilité	Aptitude d'un système à s'adapter, à se spécialiser et à se configurer en fonction du contexte de son utilisation.
Evolutivité	Capacité à améliorer la performance lorsque la demande du système augmente.
Changeabilité	Quantité d'effort pour prendre en charge des changements au niveau d'un système.
Maintenabilité	Degré d'efficacité et de l'efficience avec laquelle un produit ou un système peuvent être modifiés par les responsables concernés.
Stabilité	Capacité du système à rester stable dans l'environnement. Une mesure de la réaction du système dans l'environnement "dur".
Testabilité	Mesure dans laquelle un système ou un composant facilite la mise en place de critères de test et aussi les tests de performance pour déterminer si ces critères ont été respectés.
Extensibilité	Capacité à étendre le système en vue de prendre de nouvelles formes d'utilisation.

Tableau 2: Liste des facteurs de qualité caractérisant la collaboration (ElmirA et al., 2015)

2.2. Aspects opérationnels d'évaluation de la qualité

Le développement de métriques pour la mesure des indicateurs de qualité différencie trois aspects :

- aspect interne relatif aux caractéristiques liées à la mise au point des améliorations ;
- aspect externe relatif aux critères associés à l'établissement et la mise en œuvre des exigences fonctionnelles et non fonctionnelles ;
- aspect d'usage relatif aux performances opérationnelles lors de l'exploitation

Ces trois aspects sont développés ci-dessous. Ils correspondent au potentiel des facteurs de la qualité, à la capacité à mettre en œuvre ces facteurs à l'échelle du réseau de coopération et enfin aux performances opérationnelles associées à la collaboration.

2.2.1 Potentiel interne

Le potentiel interne caractérise la préparation du composant/système relative à l'amélioration des caractéristiques étudiées. Il s'agit d'identifier un ensemble de critères ayant un impact sur la collaboration sans avoir nécessairement des informations concrètes sur les systèmes effectifs ou potentiels des partenaires. L'objectif reste de favoriser l'ouverture et de se préparer ainsi en vue d'éliminer les barrières pouvant subvenir lors de la mise en place des interactions avec les partenaires. Les travaux caractérisant la potentialité à fonctionner au sein des réseaux de coopération visent à classer le système étudié selon des niveaux prédéfinis dans des modèles de maturité. Ces modèles de référence de maturité sont accompagnés de méthodes échelonnées, adaptées pour la description du potentiel de fonctionnement efficace des systèmes inter-organisationnels (Elmir A. et al., 2013).

Le tableau 3 énumère une série de modèles de maturité proposés pour caractériser le potentiel de la qualité de collaboration.

Facteur	Modèle de maturité
Fonctionnalité	Functionality maturity model integration (FMMI) (Al Qutaish, 2007) (Fenton et al., 2014)
Interopérabilité	Interoperability Maturity Model (IMM), Enterprise IMM (EIMM), Organizational IMM (OIMM), Level of Information System Interoperability (LISI) (Guédria, 2008)
Sécurité	Information Security Maturity Model (ISMM) (Saleh, 2011)
Conformité	Governance Compliance Maturity Model (GoCoMM) (Gheorghe et al., 2009)
Inter-alignement	Inter-alignment ability maturity model (IAMM) (Santana et al., 2007)
Adaptabilité	Quality maturity model (QMM) (Santana et al., 2007) Adaptability maturity model Integration (AMMI) (Al Qutaish, 2007)
Portabilité	Portability maturity model Integration (PMMI) (Al Qutaish, 2007)
Coexistence	QMM (Santana et al., 2007)
Remplaçabilité	QMM (Santana et al., 2007)
Flexibilité	Flexibility maturity model (FMM) (Santana et al., 2007)
Variabilité	QMM (Santana et al., 2007)

Evolutivité	QMM (Santana <i>et al.</i> , 2007)
Changeabilité	QMM (Santana <i>et al.</i> , 2007)
Maintenabilité	Architecture Maintainability Maturity Model (AM3) (Rathfelder <i>et al.</i> , 2008), QMM (Santana <i>et al.</i> , 2007)
Stabilité	QMM (Santana <i>et al.</i> , 2007)
Testabilité	Testability maturity model (TMM) [Burnstein <i>et al.</i> , 1999]
Extensibilité	QMM (Santana <i>et al.</i> , 2007)

Tableau 3. Modèles de maturité pour l'évaluation de la qualité de la collaboration (Elmir A *et al.*, 2013)

A titre illustratif, le modèle utilisé dans cet article pour l'évaluation est l'«Enterprise Interoperability Maturity Model» (EIMM) qui est développé dans le cadre du projet intégré ATHENA (ATHENA, 2005). L'objectif de l'EIMM est d'améliorer l'aptitude d'une entreprise à pouvoir entrer en contact avec d'autres en évaluant la maturité de cette entreprise selon d'une part, les différents niveaux de l'entreprise et d'autre part, des caractéristiques et indicateurs de l'interopérabilité.

Le modèle EIMM s'intéresse à six aspects de l'environnement de l'entreprise à savoir :

- i) la stratégie d'affaires et les processus,
- ii) l'organisation et les compétences,
- iii) les produits et les services,
- iv) les systèmes et la technologie,
- v) l'environnement légal, la sécurité et la confiance,
- vi) la modélisation de l'entreprise.

L'étude de ces six niveaux permet de classer l'organisation dans l'un des cinq états de maturité de l'interopérabilité (tableau 4).

Niveau	Description
0- Etabli	La collaboration avec d'autres organisations est effectuée d'une manière chaotique et non planifiée.
1- Modelé	La collaboration est réalisée d'une manière similaire à chaque fois et la technique pour ce faire s'avère applicable.
2- Intégré	La collaboration est documentée formellement. Cette documentation est communiquée et utilisée régulièrement.
3- Interopérable	L'organisation est capable de bien gérer des processus interopérables et de s'adapter aux changements de ses partenaires.
4- Optimisé	L'organisation est capable de réagir et de s'adapter aux changements de l'industrie d'une manière agile et flexible.

Tableau 4. Cinq niveaux de maturité du modèle EIMM (ATHENA, 2005)

Plusieurs choix de gestion augmentent le potentiel d'ouverture ainsi que la maturité de l'organisation. A titre d'exemple, il est à citer l'adoption :

- de standards métier du domaine d'activité de l'organisation (Mykkanen *et al.*, 2008) ;
- d'une architecture orientée service pour la mise en place du SI (Pessoa *et al.*, 2008) ;
- d'une architecture d'entreprise pour gouverner le SI de l'organisation (De Haes *et al.*, 2015) ;
- d'un cadre général d'interopérabilité (GIF pour General Interoperability Framework) dans les réseaux métier au niveau de l'administration publique ou des réseaux interprofessionnels (Mecca *et al.*, 2014).

Adopter l'un des modèles de maturité cités donne une vue sur le potentiel de l'organisation à répondre aux exigences du facteur qualité spécifié.

2.2.2. Compatibilité externe

La comptabilité de deux systèmes à interagir se concrétise généralement à travers un processus d'ingénierie visant à connecter les systèmes mis en jeu et à les faire interagir.

L'architecture d'interconnexion adopte l'une des formes découlant des patterns d'intégration de l'entreprise (Hohpe *et al.*, 2004). Dans ce cas, les caractéristiques des interfaces externes des systèmes sont connues. Le système inter-

organisationnel est construit en procédant aux activités nécessaires pour surmonter les différentes barrières limitant la collaboration.

Plusieurs types de compatibilité sont identifiés dans (Chen *et al.*, 2013) :

- Compatibilité conceptuelle en relation avec le contenu des échanges ;
- Compatibilité organisationnelle en relation avec la manière avec laquelle les échanges sont gérés ;
- Compatibilité technologique en relation avec les outils mobilisés pour assurer les échanges.

La compatibilité conceptuelle comprend un aspect syntaxique qui propose un premier niveau d'intégration en définissant pour les messages leur nature, type et format. Cet aspect est assuré en utilisant des protocoles de communication, des métadonnées et des schémas de validation. Elle comprend également un aspect sémantique qui réfère à un second niveau d'intégration s'intéressant à la cohérence formelle des significations perçues par les différents partenaires.

La compatibilité organisationnelle s'applique à deux niveaux. La compatibilité au niveau de la gouvernance conduit à ce que les habilitations et les responsabilités doivent être explicitées afin de mieux régir la collaboration. A un second niveau, la compatibilité organisationnelle s'intéresse au fait que les différents niveaux de collaborateurs impliqués d'une organisation doivent être alignés avec leur vis-à-vis au niveau des partenaires.

Enfin, la compatibilité technologique comporte aussi deux niveaux. Au niveau de l'infrastructure technique, la compatibilité vise à ce que la plateforme intermédiaire composée d'espaces de stockage et de réseaux d'interconnexion, ne constitue pas un frein à la coopération. Au niveau du logiciel, la compatibilité s'intéresse à ce que les logiciels mis en jeu dans l'interaction soient assez ouverts et compatibles entre eux.

Ces trois types de compatibilité sont à prendre en considération à tous les niveaux possibles à savoir l'infrastructure, les données, les services et les processus.

2.2.3. Performance en utilisation

Le pilotage des activités constitue un enjeu pour les organisations dans une perspective de suivi et d'amélioration. Ce suivi concerne les processus nécessaires pour mettre en place et assurer un service efficace et fonctionnel. Dans ce contexte, le pilotage vise un double objectif : d'une part le suivi du fonctionnement interne grâce à la mise à disposition d'informations fiables et, d'autre part l'amélioration à travers l'optimisation des ressources et des modes opératoires.

Les performances opérationnelles comprennent deux composantes essentielles qui sont l'efficacité et l'efficience (Bouquin, 2014). L'efficacité s'attache aux résultats obtenus par rapport aux objectifs, l'efficience quant à elle s'intéresse au degré d'atteinte des résultats par rapport aux moyens employés. Notre travail se focalise sur la première composante d'efficacité lors de l'évaluation.

En effet, l'application des techniques et outils de contrôle interne, de monitoring de performance et d'excellence opérationnelle à la fonction d'exploitation informatique permettent de caractériser l'efficacité du fonctionnement du système inter-organisationnel.

Le pilotage de l'activité informatique est réalisé à l'aide de tableaux de bord pertinents. Ces derniers présentent une série d'indicateurs mesurant un ensemble de critères permettant de porter un jugement, de distinguer ce que l'on cherche à évaluer. La mesure des indicateurs utilise des métriques adéquates dans le but de caractériser un critère spécifique. De ce fait, Les entités de support suivent la qualité de services grâce à des indicateurs clés de performances (Key Performance Indicator) (Spremic *et al.*, 2008).

Les principaux indicateurs de performance informatique dans un contexte de collaboration sont reliés à la capacité d'interfonctionnement (Pesqueux, 1996). Il s'agit d'assurer une capacité de traitement appropriée des serveurs d'applications ainsi qu'un niveau adéquat de qualité de service du réseau d'interconnexion. Il s'agit aussi d'assurer un niveau acceptable de disponibilité. Un autre indicateur à prendre en charge concerne l'adéquation des scénarii d'échange mis en place avec les attentes des utilisateurs clés du système inter-organisationnel.

2.3. Synthèse

Assurer l'interfonctionnement entre systèmes nécessite de se doter de moyens adéquats permettant de qualifier l'interconnexion des systèmes en prenant en considération simultanément les trois caractéristiques précitées qui sont

- i) le potentiel interne,
- ii) la compatibilité externe et
- iii) les performances en utilisation.

L'agrégation des différents indicateurs relatifs à l'interaction est requise en vue de la synthétiser sous forme d'un seul indicateur. La construction d'un tel indicateur agrégé est l'objectif principal de notre modèle RatQual pour l'évaluation de la qualité.

3. Modèle RatQual pour l'évaluation de la qualité

RatQual est un modèle hiérarchique orienté évaluation s'inspirant du modèle "Facteurs, Critères et Métriques" de (McCall, 1979). Les caractéristiques sont organisées en plusieurs classes. L'approche d'évaluation utilise un mécanisme de quantification prenant en considération l'ensemble des aspects de mesure. La quantification compose et agrège des métriques élémentaires en vue d'avoir une image assez complète des caractéristiques étudiées.

3.1. Structure générale du modèle RatQual

Le modèle RatQual est conçu pour caractériser la qualité d'un réseau de collaboration. Il s'agit d'un modèle identifiant un ensemble de facteurs qualité dépendant pour leur gestion de l'environnement de collaboration. RatQual est un modèle orienté évaluation. Il prend en considération plusieurs aspects d'évaluation dans le but d'apprécier correctement chaque facteur caractérisant la collaboration au sein du RdC. Le modèle RatQual se propose d'offrir plusieurs grilles de lecture différentes de la qualité dans l'optique de s'adresser aux différents profils (responsables SI, architectes d'intégration, ingénieurs d'études et développement, opérateurs d'exploitation). La structure générale du modèle RatQual est composée de deux niveaux: l'un pour la caractérisation des grands principes conceptuels du modèle et illustrant les couches descriptive de la qualité; l'autre décrivant les étapes de l'approche d'évaluation et les mécanismes utilisés pour la métrique quantifiant les facteurs qualité.

En effet, la structure générale de RatQual s'intéresse ainsi à :

1. L'identification des facteurs qualité qui dépendent dans leur amélioration d'une combinaison des efforts fournis au sein d'une entité propre et des efforts fournis par les partenaires du réseau de collaboration.
2. La catégorisation en classes. Le nombre important des facteurs qualité pris en charge par RatQual impose une catégorisation de groupes hiérarchiques.
3. La différenciation des aspects d'évaluation. L'appréciation correcte d'un indicateur qualité doit prendre en considération l'ensemble des points de vue des parties prenantes impliquées dans sa mise en œuvre et sa maintenance lors de l'exploitation.
4. La quantification qui utilise les métriques adéquates. L'évaluation nécessite un ensemble de mécanismes de composition de caractéristiques et d'agrégation de métriques en vue de quantifier les facteurs qualité étudiés et de conclure avec les indicateurs adéquats de suivi.

Le modèle RatQual est doté d'une approche structurée d'évaluation prenant en considération les particularités et les exigences des réseau de collaboration, et utilisant un mécanisme d'agrégation des métriques permettant l'exploitation des données brutes. RatQual dispose d'une structure d'organisation des métriques sous forme de classes hiérarchisées (fig. 2).

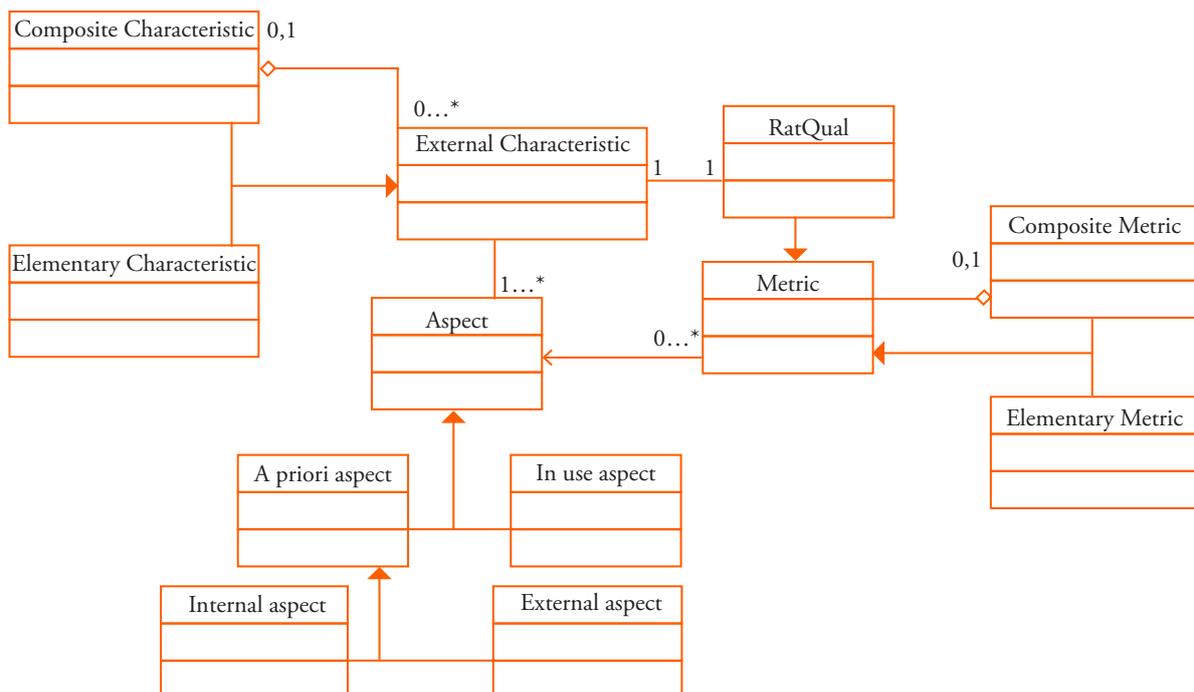


Figure 2. Modèle RatQual (ElmirA et al., 2013)

Ce modèle permet de fournir une vue détaillée des qualités externes dépendant de l'environnement au sein des réseaux de collaboration. RatQual fournit aussi une vue globale utilisable par les gestionnaires pour déterminer les capacités de la collaboration.

La définition de la qualité selon deux axes principaux oriente le modèle de qualité selon deux perspectives successives complémentaires : la caractérisation puis l'évaluation.

L'architecture générale de RatQual fait apparaître quatre parties :

- les classes des caractéristiques externes ;
- les caractéristiques et aspects de la qualité ;
- les aspects de mesures (*a priori* et *a posteriori*) ;
- une métrique pour l'évaluation de chacune des caractéristiques identifiées.

Le modèle est réparti en deux niveaux : niveau qualitatif et niveau quantitatif.

La partie qualitative de RatQual est composée de caractéristiques organisées en classes. Ce niveau classe des principes qualitatifs applicables et définis au contexte des réseaux de collaboration. Il s'agit de facteurs de qualité dépendant de l'environnement (*External Characteristics*) :

- les classes (*Composite Characteristics*) permettant une catégorisation des facteurs. Le modèle utilise l'ingénierie des exigences pour la catégorisation des facteurs ;
- les caractéristiques (*Elementary Characteristics*) représentant le niveau le plus fin du modèle. Elles représentent un élément constitutif de la qualité dans son ensemble. L'ensemble des caractéristiques fournit une vue globale de la collaboration.

La partie quantitative inclut les aspects d'évaluation et une métrique générique. Cette partie en revanche définit des manières de mesurer les différents détails décrivant chaque caractéristique. Il s'agit d'un niveau quantitatif, qui repose sur les exigences de la collaboration. Ce niveau utilise à la fois l'évaluation *a priori* et *a posteriori* :

- chaque aspect d'évaluation représente un point de vue d'évaluation. Ces aspects permettent de faire la différence entre l'évaluation *a priori* (*Internal and External Aspect*) et *a posteriori* (*In Use Aspect*) ;
- une métrique utilisée en vue de mesurer les différents aspects particuliers de mesure.

3.2. Catégorisation des facteurs qualité selon RatQual

Le deuxième niveau du modèle RatQual s'intéresse à la catégorisation des facteurs qualité traités. A ce niveau, la perspective d'ingénierie des exigences est utilisée. En effet, cette dernière est une discipline formelle s'intéressant à la définition des exigences de qualité et de la gestion de leur changement. Deux classes essentielles de facteurs de qualité se distinguent :

- les facteurs fonctionnels ;
- les facteurs non fonctionnels. Cette dernière catégorie est organisée à son tour en deux classes d'une part les facteurs de qualité liés à l'évolution temporelle au sein des RdC et d'autre part les facteurs de qualité liés à l'adaptation spatiale au contexte de la collaboration.

La figure 3 illustre les classes catégorisant les facteurs selon RatQual.

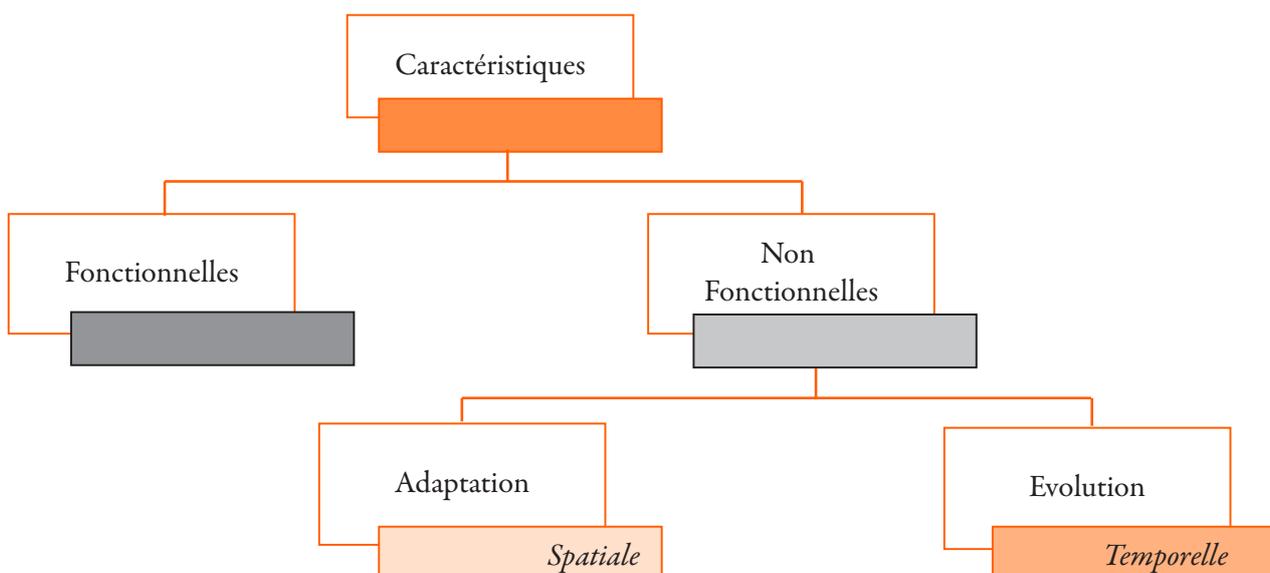


Figure 3. Classes de caractéristiques prises en charge par le modèle RatQual

3.3. Identification des facteurs qualité du modèle RatQual

Les facteurs de qualité pris en charge sont ceux qui caractérisent la collaboration. Chaque facteur donne une vue particulière de la qualité pour un secteur précis.

Les facteurs qualité pris en charge par RatQual ont la particularité d'être maîtrisés par l'apport mutuel des partenaires du réseau de collaboration. La phase d'identification des facteurs de qualité énumère dix-sept caractéristiques (tableau 3).

Dans le cadre du modèle RatQual, les facteurs de qualité sont ainsi répartis selon les trois classes Fonctionnalité, Adaptabilité et Evolutivité (tableau 5).

Facteurs qualité de RatQual	Fonctionnalité	Interopérabilité
		Sécurité
		Conformité
		inter-Alignement
	Adaptabilité	Portabilité
		Coexistence
		Remplaçabilité
		Flexibilité
		Variabilité
	Evolutivité	Changeabilité
		Maintenabilité
		Stabilité
		Testabilité
Extensibilité		

Tableau 5. Facteurs qualité du modèle RatQual (ElmirA et al., 2013)

3.4. Différentiation des aspects d'évaluation de RatQual

RatQual est un modèle orienté évaluation. L'évaluation a priori s'intéresse à deux volets. D'abord, le potentiel interne ne dépend que des capacités internes des composants/systèmes étudiés, et ce, sans prendre en considération l'environnement. Ensuite, la compatibilité de cette caractéristique prend en compte le contexte de la collaboration : il s'agit de la partie externe de cet aspect d'évaluation. L'évaluation a posteriori concerne le suivi des performances lors de l'exploitation du travail en réseau. Dans ce sens, la figure 4 illustre les différents aspects d'évaluation pris en charges par RatQual.

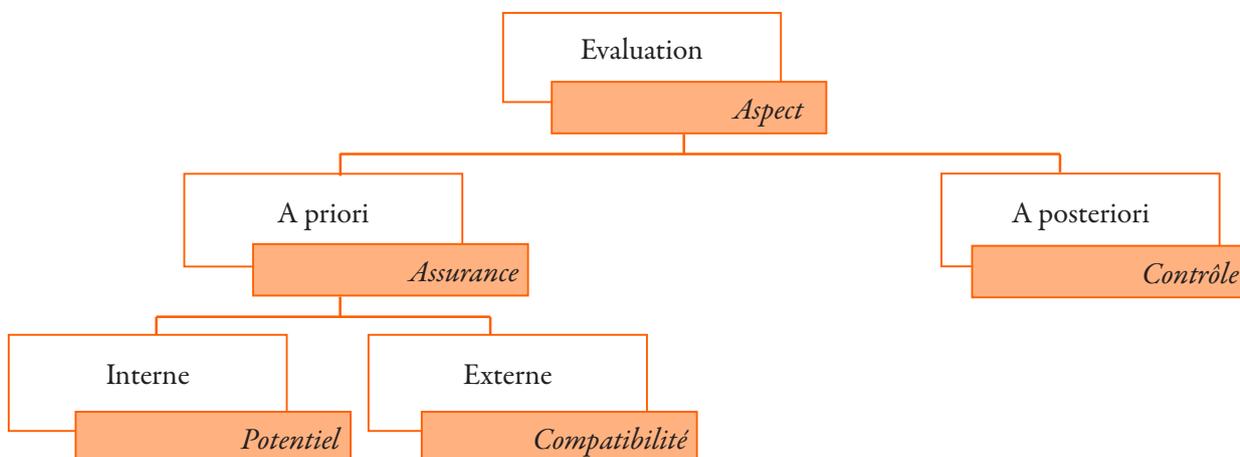


Figure 4. Aspects d'évaluation du modèle RatQual

3.5. Métrique RatQual d'évaluation

RatQual vise à collecter des informations intermédiaires de mesures pour les transformer en information facilement interprétable et exploitable pour des besoins d'optimisation. Dans le but d'assurer l'interprétation d'un degré recensé et de faciliter l'analyse, RatQual utilise des notes comprises dans l'intervalle continu (0, 1) : 0 référant un degré chaotique et 1 faisant référence à un état parfait. RatQual garde les valeurs intermédiaires utilisées avant de procéder à la composition des aspects d'évaluation et l'agrégation des caractéristiques élémentaires à chaque niveau de mesure.

En effet, pour parvenir à évaluer le degré de chacun des dix-sept facteurs de qualité, il y a recours à la combinaison des différents aspects d'évaluation. Pour évaluer la qualité de manière adéquate, il convient de prendre en compte l'organisation, les spécificités et les exigences du RdC. L'ensemble des métriques sont combinées et transposées dans un intervalle unique (0,1). Les trois aspects d'évaluation sont combinés en vue d'avoir une idée assez complète sur la qualité de la coopération au sein des RdC. Cette étape permet d'obtenir une note pour un composant donné.

Les différents résultats obtenus sont à agréger et à normaliser dans le but d'estimer la qualité dans son ensemble. L'opération d'agrégation constitue, pour sa part, une étape statistique en vue de donner une valeur globale à un ensemble de mesures. La normalisation de tous les résultats (métriques, combinaison, agrégation) permet d'avoir une interprétation unifiée à tous les niveaux.

Etre capable de combiner plusieurs métriques en un résultat unifié passe par une normalisation des valeurs dans un intervalle donné. Normaliser des valeurs quelconques dans un intervalle donné consiste le plus souvent à appliquer des transformations discrètes à ce jeu de valeurs. Un tel système présente l'avantage d'être simple à implémenter et facile à lire mais il n'est pas obligatoirement adapté à toutes les mesures. Il constitue le moyen le plus simple de traduire une expertise humaine telles que celles qui constituent les mesures manuelles du modèle RatQual mais il pose des problèmes lorsqu'il traduit des métriques en valeur de qualité : les modifications sont alors masquées.

RatQual garde, pour chaque degré agrégé, les valeurs intermédiaires de chaque étape d'évaluation. En effet, il est utile de pouvoir décomposer les valeurs agrégées dans le but de déterminer dans quelle mesure la valeur agrégée au niveau du système peut être expliquée par un partitionnement particulier du système en sous-systèmes. Sans cette action, les opérations d'agrégation et de combinaison classiques pourraient conduire à une perte d'information : les valeurs individuelles de chaque métrique sont perdues dans l'étape de combinaison, et l'évaluation individuelle des composants ne se retrouve pas nécessairement transcrite dans l'opération d'agrégation. La figure 5 hiérarchise les mécanismes d'agrégation de RatQual et précise les moyennes statistiques utilisées arithmétiques (WAM) ou géométriques (WGM).

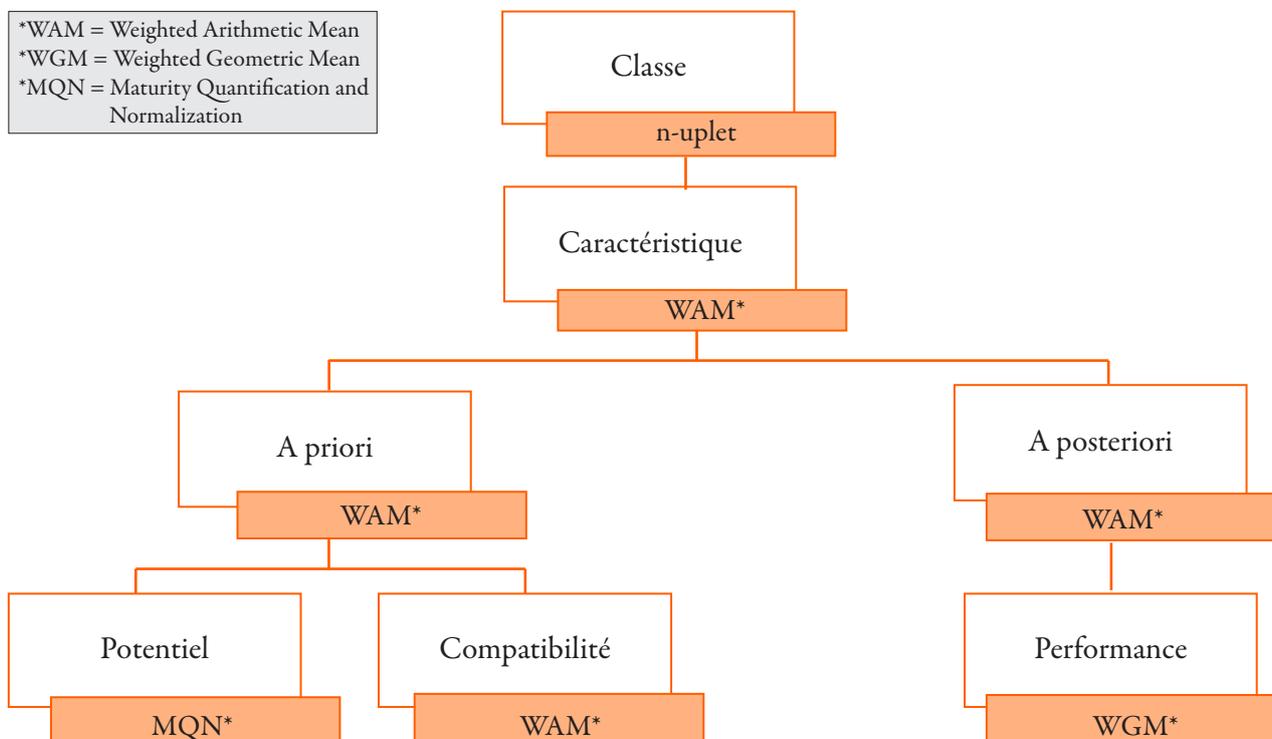


Figure 5. Hiérarchie d'agrégation du modèle RatQual

Les mécanismes d'agrégation sont détaillés dans la section suivante dédiée à l'approche d'évaluation RatQual.

4. Approche RatQual pour l'évaluation de la qualité

L'approche RatQual sert à caractériser les facteurs qualité de l'ensemble du système inter-organisationnel ou une partie bien délimitée de ce système. A cet effet, l'approche a pour point de départ une phase de délimitation de l'étendue de la collaboration à étudier. Ensuite, trois processus sont à initier en parallèle. Ces processus s'intéressent à la quantification des caractéristiques relatives aux aspects opérationnels du facteur qualité qui sont le potentiel, la compatibilité et la performance.

La quantification des aspects opérationnels étudiés dans la section précédente est faite en utilisant les principes d'Architecture d'Entreprise. La plupart des organisations désirant augmenter l'efficacité du système de support de la collaboration utilise l'une des formes de la discipline d'Architecture d'Entreprise (frameworks d'architecture, cadre d'interopérabilité, orientation service).

Pour assurer les compatibilités nécessaires à la collaboration, RatQual commence par identifier des barrières (conceptuelles, organisationnelles et technologiques) sur les couches architecturales qui sont les couches techniques supportant l'interfonctionnement, les données manipulées lors de l'interaction, les services à orchestrer, et les processus métier.

La dernière phase de l'évaluation selon RatQual reste la combinaison, l'agrégation et la normalisation des trois aspects précités en un seul indicateur quantitatif. Le résultat obtenu dans cette phase d'agrégation sert à définir l'indicateur RatQual de l'un des dix-sept facteurs qualité pris en charge par le modèle.

La démarche RatQual est constituée de cinq étapes dont le séquençement est illustré par la figure 6.

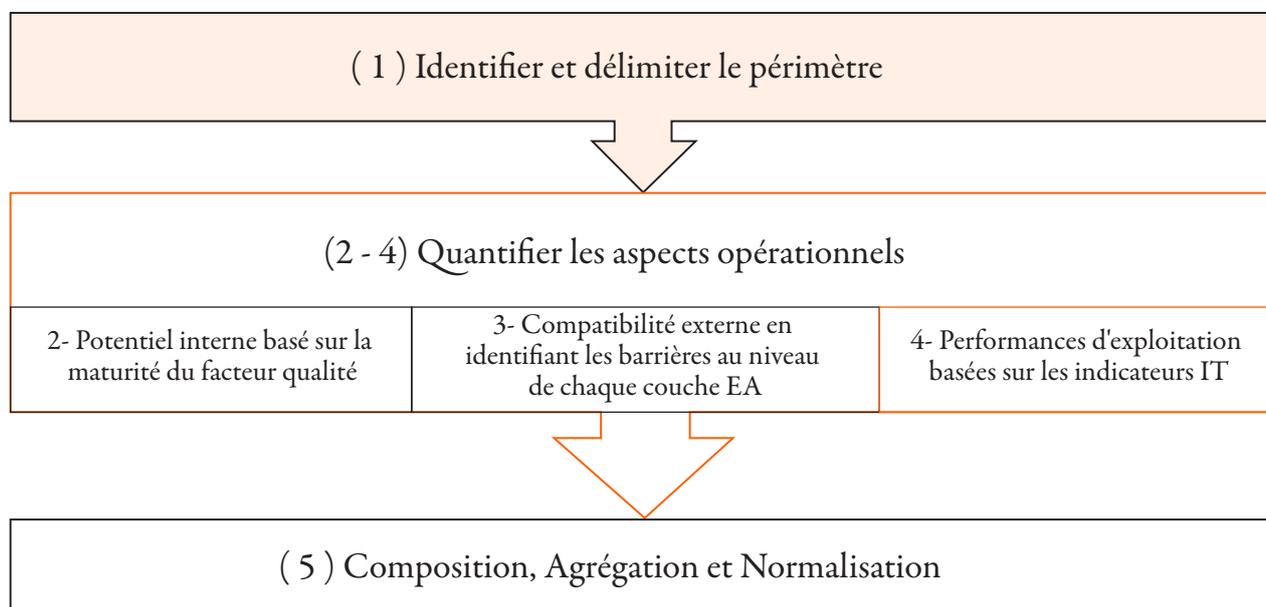


Figure 6. Démarche RatQual pour la mesure de la qualité (ElmirA et al., 2013)

4.1. Etape d'identification et délimitation du périmètre

Dans une situation de collaboration impliquant des composants SI de plusieurs partenaires, l'évaluation du degré des facteurs qualité nécessite tout d'abord la connaissance de l'environnement et la délimitation du périmètre des interactions.

Le degré des caractéristiques de qualité à déterminer peut concerner un système quant à son interaction à un ensemble de systèmes qui l'entourent (approche centrée système) ou seulement un ensemble de liens existants entre des systèmes mis en jeu.

Sur le plan pratique, le système ou le lien étudié permet le support d'un processus métier à l'intérieur d'une seule organisation ou à travers une série d'organisations formant un réseau de collaboration. Par la suite, nous appelons "entités" les "unités organisationnelles" du système évalué. Dans un réseau de collaboration comportant "n" entités énumérées E_k avec $k \in \{1, 2, \dots, n\}$, le processus étudié (qu'il soit intra ou inter-organisationnel) se compose d'un ensemble de sous-processus automatisés chacun au sein d'une entité indépendante du réseau de collaboration. Ces sous-processus sont automatisés en utilisant une multitude de services techniques et sont interconnectés entre eux par plusieurs interfaces identifiées à l'avance.

L'approche RatQual part d'un travail d'inventaire des différents composants architecturaux au niveau de toutes les couches d'Architecture d'Entreprise régissant la collaboration.

Une phase préliminaire s'impose concernant l'identification du contexte de la collaboration avant d'énumérer l'ensemble des composants architecturaux du système inter-organisationnel impliqués à savoir les processus automatisés sous-jacents, les ressources techniques utilisées, les services techniques mis en jeu ainsi que les données manipulées et échangées.

A cet effet, la première étape comprend l'identification :

- des entités impliquées dans la collaboration au sein du réseau de collaboration ;
- des-sous-processus de chaque entité dans le but d'étudier leur compatibilité à interagir ;
- des ressources techniques, des services techniques utilisés et des données à échanger pour soutenir les processus automatisés au sein de chaque entité.

Cet inventaire servira dans les processus fixant les caractéristiques des aspects opérationnels de la collaboration. Il implique essentiellement les architectes d'intégration ayant une visibilité sur la cartographie organisationnelle et technique des interconnexions mises en place ou à mettre en œuvre.

4.2. Etape de quantification du potentiel interne

L'appréciation du potentiel de la qualité passe par deux étapes essentielles. La première étape consiste à calculer ce potentiel au niveau de chacune des "n" entités avant de synthétiser le potentiel global du facteur qualité étudié à l'échelle du RdC.

Le calcul du potentiel interne au sein de la k^{ème} entité E_k dénoté " PQ_k " (pour potentiel de la qualité) nécessite l'adoption de l'un des modèles de maturité de la qualité à cinq niveaux (cf. tableau 4). L'entité étudiée est classée dans l'un de ces niveaux noté QMML (*Quality Maturity Model Level*): établi, modelé, intégré, interopérable ou optimisé.

Pour identifier le degré du potentiel de la qualité, l'approche RatQual propose alors d'affecter un poids de 20% à chaque niveau de maturité acquis par l'organisation. Ceci permet de quantifier le degré selon un ratio allant de 0 à 100% (cf. tableau 6).

Niveau de maturité (QMML)	quantification du potentiel
1	0.2
2	0.4
3	0.6
4	0.8
5	1

Tableau 6: Quantification des niveaux de maturité de la qualité (ElmirA et al., 2013)

Au sein de chaque entité dans le RdC, le potentiel se calcule selon l'équation suivante :

$$PQ_k = 0.2 * QMML_k \text{ avec } k \in \{1, 2, \dots, n\}. \quad (1)$$

Dans une situation de collaboration, les performances de l'ensemble des partenaires sont affectées par le partenaire ayant la capacité la plus faible relativement au facteur qualité étudié. Le potentiel du réseau de collaboration relativement à ce facteur est ainsi à aligner avec le partenaire le moins mature par rapport à ce facteur. Le potentiel final à travers le réseau de collaboration est donné par l'équation :

$$PQ = \min(PQ_k) \quad (2)$$

L'équation (2) permet ainsi de quantifier le potentiel de la qualité à la base de facteurs qualitatifs qui sont les niveaux de maturité. La quantification ainsi formulée est normalisée à une échelle de 0 à 100%.

Cette opération nécessite l'évaluation des responsables d'assurance qualité SI qui sont les mieux à même d'apprécier les niveaux de maturité organisationnelle ainsi que les capacités des domaines de processus selon les modèles spécifiques à chaque facteur qualité.

4.3. Etape d'appréciation du degré de compatibilité externe

Cette phase requiert des compétences en intégration d'entreprise (architectes d'entreprise). Elle nécessite aussi la présence des ingénieurs études et développement ainsi que des responsables du paramétrage fonctionnel. L'expertise technique et métier est indispensable pour apprécier correctement les degrés de compatibilité entre les processus automatisés à intégrer à l'échelle du réseau de collaboration.

En effet et en vue d'assurer l'automatisation d'un processus métier à l'échelle du système inter-organisationnel, il est nécessaire d'étudier les interfaces externes des systèmes de support. Dans cette phase, le degré de compatibilité "DC" est calculé sur la base d'une cartographie illustrant les correspondances entre les composantes sous-jacentes et les processus adjacents.

Plusieurs études s'intéressent à la caractérisation de la compatibilité de collaboration. Les auteurs de (Kasunic *et al.*, 2004) et (Chen *et al.*, 2013) identifient plusieurs indicateurs pour décrire cette compatibilité.

Pour évaluer le degré de compatibilité, notre travail utilise une matrice de compatibilité construite sur la base de combinaisons des niveaux architecturaux et des barrières de collaboration. Sur le plan pratique, il s'agit d'énumérer les barrières conceptuelles, techniques et organisationnelles sur tous les niveaux de préoccupation : processus, service, donnée et infrastructure.

En notant les degrés de compatibilité élémentaire " dc_{ij} " (i prend des valeurs de 1 à 4, et j de 1 à 6), le tableau 7 peut alors être construit.

Par conséquent, si les critères dans une zone donnent satisfaction, la valeur 0 est assignée à dc_{ij} , sinon dans le cas où beaucoup d'incompatibilités sont rencontrées, la valeur 1 est assignée.

Niveau \ Compatibilité	Conceptuelle		Organisationnelle		Technique	
	syntactique	sémantique	responsabilité	organisation	plateforme	communication
Processus	dc11	dc12	dc13	dc14	dc15	dc16
Service	dc21	dc22	dc23	dc24	dc25	dc26
Données	dc31	dc32	dc33	dc34	dc35	dc36
Infrastructure	dc41	dc42	dc43	dc44	dc45	dc46

Tableau 7. Matrice de compatibilité à la collaboration adoptée par RatQual (ElmirA *et al.*, 2013)

Le degré de compatibilité "DC" est calculé par l'équation :

$$DC = 1 - \sum (dc_{ij} / 24) \quad (3)$$

L'équation (3) permet de quantifier le degré de compatibilité de la partie étudiée du SI. La quantification utilisée a été dictée par la nécessité d'avoir une métrique normalisée dont les résultats de mesure appartiennent à (0, 1).

4.4. Etape d'évaluation des performances opérationnelles de la collaboration

Cette phase est du ressort de l'équipe chargée du support des services (exploitation et production informatique, administration du réseau). L'évaluation de l'efficacité opérationnelle "PO" est faite sur la base de tableaux de bord des SI des entités du réseau de collaboration. Ces indicateurs caractérisent les processus SI nécessaires pour assurer un service efficace et fonctionnel. Les indicateurs pris en charge comprennent :

- le taux de disponibilité des serveurs d'applications (capacité de traitement),
- la qualité de service de communication (capacité de communication),
- le degré de satisfaction des utilisateurs finaux.

En effet, la collaboration ne peut réussir qu'en présence d'une plateforme d'interfonctionnement dans laquelle la connectivité aux systèmes externes doit être exempte de tout dysfonctionnement et dont l'infrastructure logicielle doit être ouverte et fiable.

Notons :

- "DS" le taux global de disponibilité des serveurs d'application utilisés pour la concrétisation de la collaboration ;
- "QoS" la qualité de service des différents réseaux de communication utilisés pour permettre l'interaction des composants. Cette qualité est représentée principalement par la disponibilité globale des réseaux et la bande passante effective utilisée ;
- "TS" le niveau de satisfaction des utilisateurs finaux. Le calcul de ce niveau de satisfaction est réalisé par des enquêtes de satisfaction de l'utilisation du SI.

Compte tenu de la nature cumulative des trois taux, DS, QoS et TS, l'évaluation de la performance opérationnelle est donnée par la moyenne géométrique (DeFusco *et al.*, 2011) selon l'équation suivante :

$$PO = \sqrt[3]{(DS * QoS * TS)} \quad (5)$$

La quantification de l'efficacité opérationnelle selon l'équation (5) permet d'avoir l'efficacité opérationnelle synthétisée selon une valeur normalisée appartenant à (0, 1).

4.5. Etape de combinaison, d'agrégation et de normalisation des indicateurs qualité

Après la délimitation de l'étendue de la coopération et la quantification sous forme d'indicateurs des divers aspects opérationnels, la dernière phase de l'approche *RatQual* concerne la synthétisation de l'indicateur global de l'interconnexion.

Le calcul final est obtenu en combinant et en agrégeant les trois indicateurs précédents en utilisant une fonction f définie dans $(0,1)^3 \rightarrow (0,1)$ (équation 6) :

$$RatQual = f(PQ, DC, PO) \quad (6)$$

Étant donnée la nature indépendante de ces trois indicateurs, *RatQual* opte pour la moyenne arithmétique (DeFusco *et al.*, 2011) (équation 7) :

$$RatQual = (PQ, DC, PO)/3 \quad (7)$$

Dans le cas où le réseau métier dispose d'éléments clés pour pondérer les trois composants par des poids (w_1, w_2, w_3), la moyenne arithmétique pondérée est utilisée à cette étape (équation 8) :

$$RatQual = (w_1 * PQ + w_2 * DC + w_3 * PO) / (w_1 + w_2 + w_3) \quad (8)$$

5. Automatisation de l'approche : Quality Monitoring Tool

L'outil QMT (pour Quality Monitoring Tool) est développé pour automatiser l'approche d'évaluation *RatQual*. L'outil permet la planification des scénarii pour atteindre les niveaux de qualité souhaités de *RatQual*. Ses principales fonctionnalités aident à mieux suivre les niveaux de fonctionnement des systèmes inter-organisationnels. QMT permet aussi d'historiser les différentes opérations de mesure, donnant la possibilité aux analystes d'observer les évolutions et de choisir des scénarii d'évolution des valeurs antérieures.

Enfin, QMT facilite la planification des efforts d'évolution puisque :

- à chaque itération, QMT permet la proposition de plusieurs scénarii et ;
- pour chaque scénario, il propose les variantes des indicateurs de base.

Afin de décrire l'emploi de l'approche *RatQual* d'évaluation et l'utilisation de l'outil QMT, nous utilisons un cas d'utilisation de l'interfaçage du système de la comptabilité avec trois autres systèmes.

5.1. Modules du Quality Monitoring Tool

L'outil Quality Monitoring Tool (QMT) comprend trois sous modules (fig. 7). Le premier est consacré à l'automatisation de l'approche *RatQual* pendant une période spécifique. Le deuxième module permet de proposer un scénario d'évolution d'un niveau de la qualité vers un niveau amélioré. Le troisième permet de faire le suivi périodique des indicateurs recensés sous forme de graphiques.



Figure 7. Trois sous modules de l'outil QMT

En effet, le premier sous-module est consacré à l'automatisation de l'approche *RatQual* pendant une période spécifique. La figure 8 décrit l'évaluation de la qualité d'un macro-processus automatisé orienté service, au sein du réseau de collaboration, en utilisant le modèle de maturité EIMM (tableau 3). Dans ce cas précis, l'entreprise est classée au niveau 2 de maturité (niveau intégré d'EIMM).

Il est à souligner aussi l'occurrence d'un nombre important d'incompatibilités d'ordre conceptuel et organisationnel au niveau de la couche métier. Les taux de disponibilité des ressources de support (serveurs d'application et réseau fédérateur) sont excellents, il est noté aussi un bon taux de satisfaction utilisateurs quant aux services fournis à travers l'interconnexion existante.

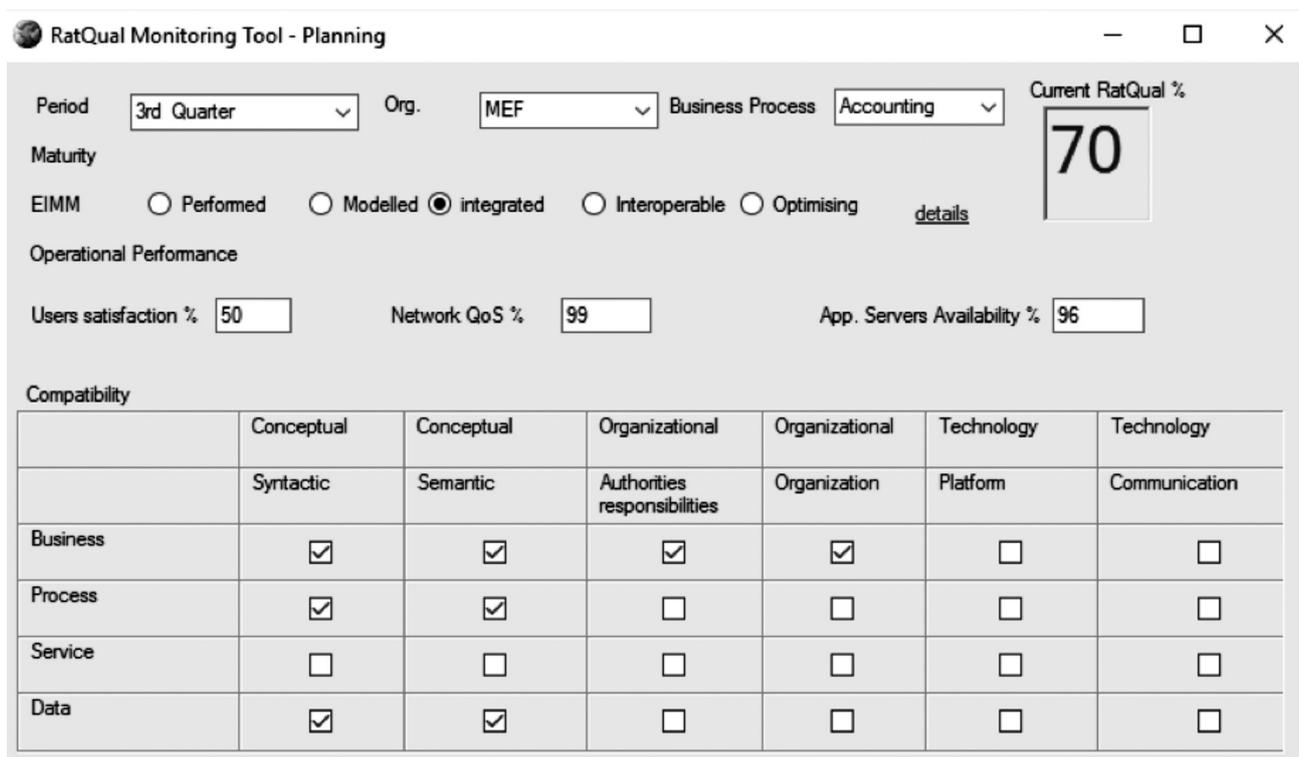


Figure 8. Exemple d'interface de suivi de l'évolution du facteur d'interopérabilité

5.2. Illustration de l'évaluation et suivi d'évolution de l'interopérabilité

Pour la mise en place des échanges avec le Système comptable, il y a lieu de recueillir l'ensemble des événements de gestion générés dans tous les systèmes métier ayant un impact sur la comptabilité.

Ainsi, la gestion de la comptabilité se trouve en amont de plusieurs autres processus métier. La capacité de gestion de ce processus dépend fortement de la qualité de l'interfaçage du système comptable avec les autres systèmes de l'organisation et les systèmes de ses partenaires institutionnels.

A titre illustratif, il s'agit d'étudier l'interaction entre quatre systèmes métier : Comptabilité publique (S1), Dépenses budgétaires (S2), Recettes budgétaires (S3), Immobilisations (S4) (fig. 9).

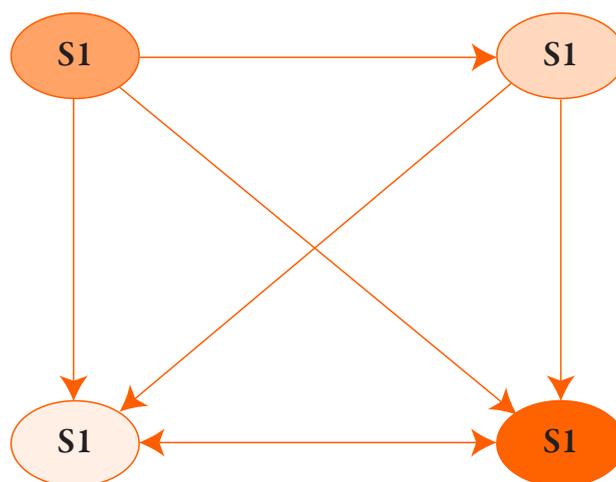


Figure 9. Modèle d'interaction de quatre systèmes métier

Les acteurs système d'information, en concertation avec les gestionnaires métier, ont pour objectif immédiat d'améliorer, avec RatQual, de 70% les niveaux d'interopérabilité et planifient d'atteindre 85% d'amélioration dans un semestre (tableau 8). 70% étant obtenu suite à l'application de l'approche RatQual (fig. 10).

Réseau de collaboration	Degré de Potentiel interne (PQ : équation 2)	Degré de Compatibilité (DC : équation 3)	Performance (PO : équation 5)			RatQual Actuel (équation 7)	RatQual Planifié
			QoS	DS	TS		
Système comptable	60%	67%	99%	96%	50%	70%	85%

Tableau 8. Evaluation et planification de "l'interopérabilité" à base de RatQual

Avec le deuxième sous-module, QMT donne la possibilité de proposer un scénario pour atteindre un degré planifié. Dans l'exemple illustré par la figure 10, il s'agit d'envisager d'augmenter le degré de la qualité d'un "état actuel" à un "état à atteindre" de RatQual.

QMT suggère d'améliorer la maturité pour atteindre le troisième niveau (tableau 3), d'optimiser la disponibilité des serveurs d'applications concernés, de mieux répondre aux attentes des utilisateurs finaux et de résoudre au moins les incompatibilités conceptuelles.

RatQual Monitoring Tool - Planning

Period: 4th Quarter | Org.: MEF | Business Process: Accounting

Current RatQual %: 70 | To-be RatQual %: 85

Maturity: Performed Modelled integrated Interoperable Optimising

Operational Performance: Users satisfaction %: 80 | Network QoS %: 99 | App. Servers Availability %: 96

	Conceptual		Organizational		Technology	
	Syntactic	Semantic	Authorities responsibilities	Organization	Platform	Communication
Business	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Process	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Data	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figure 10. Planification de l'optimisation de la qualité en RdC

6. Conclusion

L'article présente le modèle RatQual proposé pour définir et évaluer les facteurs qualité des systèmes inter-organisationnels. Il s'agit d'un modèle hiérarchique orienté évaluation incluant dix-sept facteurs qualité organisés en trois principales classes d'exigences qualitatives: "fonctionnelles", "d'adaptation" et "d'évolution" des exigences qualitatives des processus orientés services.

RatQual prend en considération tous les aspects opérationnels d'évaluation dans le but d'apprécier correctement chaque facteur caractérisant la collaboration au sein du réseau de collaboration. Il définit une métrique combinant les aspects essentiels de qualité:

- qualité interne représentée par le potentiel,
- qualité externe illustrant la compatibilité,
- qualité à l'utilisation relative aux performances opérationnelles accompagnant l'interconnexion.

RatQual est un outil d'évaluation quantitatif normalisé agrégeant les différents aspects opérationnels précités. RatQual prend aussi en considération l'architecture d'entreprise régissant la coopération dans un processus en cinq étapes pour l'évaluation (fig. 6).

Le modèle RatQual offre différentes grilles de lecture de la qualité s'adressant à plusieurs profils (responsables SI, architectes d'intégration, ingénieurs d'études et développement, opérateurs d'exploitation). La structure générale de RatQual est composée de deux niveaux: le premier définit les principes conceptuels du modèle permettant

d'énumérer et de classer les facteurs qualité, et le deuxième décrit l'approche et les mécanismes utilisés pour quantifier ces facteurs.

L'outil QMT (pour Quality Monitoring Tool) est utilisé pour automatiser l'approche RatQual lors de l'évaluation tout en aidant à la planification pour l'amélioration des niveaux de la qualité.

L'une des perspectives ouvertes du présent travail est de pouvoir utiliser RatQual dans l'optimisation des scénarii d'amélioration de deux ou plusieurs facteurs qualité. Il s'agit de penser à une approche pour aborder le renforcement mutuel de deux ou plusieurs facteurs qualité à travers une perspective multi projets. Dans ce cas, il s'agit de planifier la répartition des efforts pour réussir la collaboration en prenant RatQual comme indicateur d'optimisation d'effort.

7. Références

- ATHENA, ATHENA A2, D.A2.3: *Architecture for Enactment and Integration of Cross-Organisational Business Processes, Version 1.0*, ATHENA IP, Deliverable D.A2.3, (2005).
- Al Qutaish, R., *SPQMM: Software Product Quality Maturity Model using ISO/IEEE standards, metrology, and sigma concepts*, Ecole De Technologie Supérieure (doctoral dissertation, UNIV.DU QUEBEC). (2007).
- Bouquin H. (2014). *Le contrôle de gestion en milieu ou en situation spécifique*, Presses Universitaires de France, collection Gestion, Paris (2014).
- Burnstein, I., AH, T. S., Saxena, G., Grom, R., *A testing maturity model for software test process assessment and improvement*, Software Quality Professional, 1(4). (1999).
- Chen, D. (2013). *Framework for enterprise interoperability and maturity model (CEN/ISO 11354)*. Interoperability for enterprise software and applications, 15-22.
- De Haes, S., & Van Grembergen, W., *Enterprise governance of information technology*. Featuring COBIT, 2015, vol. 5. Springer, 2015.
- DeFusco R., McLeavey D.W. et Pinto J.E., *Quantitative investment analysis*. Vol. 2 of CFA Institute investment series, pp. 127, John Wiley and Sons, Hoboken, NJ, USA, (2011).
- Elmir, A., Elmir, B., et Bounabat, B. *Towards an Assessment-oriented Model for External Information System Quality Characterization*. IJCSI, Vol. 10, Issue 4, No 2, July 2013, p.105-112
- Elmir, A., Elmir, B., Bounabat B., *Inter-organizational System Management for integrated service delivery: an Enterprise Architecture Perspective*, IJCSI, Volume 12, Issue 2, March 2015
- Fenton, N., & Bieman, J. (2014). *Software metrics: a rigorous and practical approach*. CRC Press, 2014.
- Gheorghe, G., Massacci, F., Neuhaus, S., Pretschner, A., *GoCoMM: a governance and compliance maturity model*. the first ACM workshop on Information security governance (pp. 33-38). ACM. (2009).
- Guédria, W., Naudet, Y., & Chen, D. (2008, November). *Interoperability maturity models—survey and comparison—*. In *OTM Confederated International Conferences* (pp. 273-282). Springer Berlin Heidelberg.
- Hohpe G. et Woolf B., "Enterprise integration patterns: Designing", building, and deploying messaging solutions». Addison-Wesley, 2004.
- Kasunic M. et Anderson W., *Measuring Systems Interoperability: Challenges and Opportunities*, CMU/SEI-2004-TN-003. Pittsburgh, PA: Carnegie-Mellon University Software Engineering Institute, 2004.
- McCall J. A., *An Introduction to Software Quality Metrics*, Software Quality Management, J. D. Cooper and M. J. Fisher, (eds.) Petrocelli Books, New York, NY, 1979, pp. 127-142.
- Mecca, G., Santomauro, M., Santoro, D., & Veltri, E., *Middleware-Oriented Government Interoperability Frameworks: A Comparison*. Journal of Universal Computer Science, 20(11), 1543-1563, 2014.
- Mykkanen J.A., Tuomainen M.P., *An evaluation and selection framework for interoperability standards*, Information and Software Technology 50 (3), 2008, pp.176-197.
- Pessoa R. M., Goncalves da Silva E., van Sinderen M. J., Quartel D. A. C., Ferreira Pires L., *Enterprise Interoperability with SOA: a Survey of Service Composition Approaches*, In International Workshop on Enterprise Interoperability, 2008, pp. 32-45.
- Pesqueux Y. *La notion de performance globale*, proceeding du 27ème congrès de l'Association Francophone de Comptabilité, Tunis pp. 1-13, (2004).
- Rathfelder, C., Groenda, H., *Towards an Architecture Maintainability Maturity Model (AM3)*. Softwaretechnik-Trends, 28(4), 3-7. (2008).
- Saleh, M. F. *Information Security Maturity Model*. International Journal of Computer Science and Security (IJCSS), 5(3), 21. (2011).
- Santana Tapia, R. G., Daneva, M., van Eck, P., *Developing an inter-enterprise alignment maturity model: Research challenges and solutions*. In C. Rolland, O. Pastor, and J.-L. Cavarero, editors, Proc. of the 1st Int. Conf. on Research Challenges on Information Science (RCIS'07), pages 51-59, Ouarzazate, Morocco, (2007)
- Spremic M., Zmirak Z., Kraljevic K., *IT and Business Process Performance Management: Case Study of ITIL Implementation in Finance Service Industry*, 30th International Conference on Information Technology Interfaces, June 2008, pp. 243-250.