

Mesure du coût de la qualité logicielle d'un projet d'envergure de la société Bombardier Transport

NABIL BERRHOUMA, CLAUDE Y. LAPORTE, MIKEL DOUCET
ET ALAIN APRIL

Résumé : Dans un monde des plus compétitifs, les performances des processus logiciels sont un facteur important à mesurer. Il est impératif d'identifier et d'éliminer les efforts consacrés aux reprises (rework) qui auraient pu être évitées. Le coût de la qualité est une des mesures de la performance des processus logiciels. Le coût de la qualité est l'ensemble des coûts imputés aux activités de prévention, d'évaluation et de correction des anomalies d'un projet. La mesure du coût de la qualité permet, entre autres, l'identification des éléments les plus coûteux d'un processus tels que le coût de correction des anomalies.

Un projet de mesure du coût de la qualité logicielle a été effectué au sein du groupe de développement logiciel de la société Bombardier Transport situé au Québec. Une équipe, composée de 15 ingénieurs spécialistes du logiciel de ce groupe, a développé un logiciel de contrôle pour le métro d'une grande ville américaine. Le projet de mesure a été mené en quatre étapes : établissement d'une liste des activités typiques relatives aux coûts de la qualité logicielle, catégorisation de ces activités (prévention, évaluation et correction des anomalies), développement et application de règles de pondération et, enfin, mesure du coût de la qualité logicielle. Au total, 27 règles de pondération ont été élaborées et une règle de pondération a été assignée à chaque tâche du projet. Plus de 1 121 activités logicielles ont été analysées sur un projet de 88 000 heures de travail.

Les résultats obtenus montrent que le coût de la qualité logicielle représente 33% du coût global du projet. Le coût des reprises, ou coût des anomalies, s'élève à 10%, celui de la prévention à 2% et celui de l'évaluation à 21% du coût global de développement. Le coût de la qualité logicielle est comparable aux taux présentés par des études de sociétés, d'un niveau de maturité semblable avec cependant, un coût d'évaluation plus élevé. Ceci peut être expliqué par le fait que les logiciels développés par Bombardier Transport sont des logiciels temps réel embarqués. Des recommandations sont aussi proposées afin d'améliorer la mesure du coût de la qualité.

Mots clés : Coût de la qualité logicielle, mesure du coût de la qualité logicielle, amélioration de processus, coût de prévention, coût d'évaluation, coût des anomalies, coût des reprises.

1. INTRODUCTION

Un grand nombre d'entreprises mesure les coûts requis pour effectuer leurs diverses fonctions : tel le coût de développement d'un produit, le coût de sa maintenance, le coût de support, etc. La mesure du coût de la qualité est très utile pour améliorer les performances des processus. En effet, il faut rechercher les activités coûteuses et

surtout, identifier et éliminer les gaspillages. Les activités de développement des logiciels ne devraient pas échapper à cette mesure. Des études ont montré que 40% à 50% du temps des spécialistes logiciels est attribué à la correction d'erreurs qui auraient pu être évitées [1]. Le coût de la qualité est la somme des coûts imputés aux activités de prévention, d'évaluation et de correction

► des anomalies. Le coût de la qualité (CQ) - ou *Cost of Quality* (CoQ) - est une technique de comptabilité introduite par Juran [2] pour fournir des justifications aux gestionnaires afin de mieux investir dans les améliorations de processus.

L'article est scindé en plusieurs sections où sont décrits :

- La société dans laquelle la mesure du coût de la qualité a été effectuée (section 2)
- Les concepts du coût de la qualité (section 3)
- La démarche de collecte des coûts de la qualité (section 4)
- Les résultats obtenus (section 5)
- La discussion des résultats (section 6)
- Les recommandations pour des travaux futurs (section 7).

2. LA SOCIÉTÉ BOMBARDIER TRANSPORT

La société Bombardier, dont le siège social est situé à Montréal (Canada), compte un effectif de quelques 60 000 personnes dans plus de 35 pays en Amérique, en Europe et en Asie Pacifique. Bombardier Aéronautique, employant plus de 28 000 personnes, est un leader mondial dans la fabrication d'avions d'affaires et de transport régional. Bombardier Transport est un chef de file dans la fabrication de matériel de transport sur rails. La société Bombardier Transport, employant 31 500 personnes, fabrique des locomotives, des wagons de marchandises et des systèmes de propulsion et de contrôle, et fournit en outre des systèmes et des équipements de signalisation.

Les trains et métros modernes sont de plus en plus complexes et comportent aussi de plus en plus de sous-systèmes assistés par ordinateur allant du contrôle de la propulsion et du freinage jusqu'au système de surveillance de toutes les fonctionnalités d'un train ou d'un métro. On compte 32 centres de développement de logiciels au sein de Bombardier Transport pour un total d'environ 950 personnes liées à l'ingénierie du logiciel. Un de ces centres de développement est situé au Québec.

2.1 LE GROUPE DE DÉVELOPPEMENT LOGICIEL DU QUÉBEC

Le groupe de développement logiciel, ou SDG pour Software Development Group, situé à St-Bruno tout près de Montréal, compte une trentaine de personnes ayant pour rôle de concevoir, développer et maintenir des logiciels embarqués pour les trains et les métros, principalement des logiciels de surveillance (monitoring) utilisés pour la collecte d'informations de maintenance et des logiciels de contrôle d'inclinaison des wagons.

2.2 OBJECTIFS DU PROJET DE MESURE

La société Bombardier Transport a développé deux sortes d'objectifs d'un programme de mesure des

coûts de la qualité : les uns s'adressant à la direction et les autres destinés aux responsables du SDG. Les premiers se résument comme suit :

- Quantification des composantes du coût de la qualité dans un langage ayant un impact sur le haut niveau managérial.
- Identification d'opportunités majeures pour la réduction des coûts.
- Recensement des activités responsables du coût de la mauvaise qualité.
- Fourniture d'une base pour budgétiser les opérations relatives à la qualité.
- Stimulation des efforts d'amélioration à travers la publication des résultats des coûts au sein de l'entreprise.
- Élaboration d'un tableau de bord des coûts.
- Utilisation des résultats obtenus pour comparer les améliorations des processus afin d'identifier les plus efficaces.

Les seconds objectifs sont résumés comme suit :

- Identification d'un projet pour la mesure du coût de la qualité logicielle,
- Recueil des données concernant les coûts,
- Catégorisation des coûts liés à la qualité logicielle pour bien cibler les activités impliquées,
- Mise en place d'un modèle de données pour la mesure des coûts de la qualité,
- Analyse et traitement des données recueillies sur le site à l'aide du modèle de données,
- Présentation à la direction du rapport de l'analyse des coûts de la qualité.
- Élargir l'étude faite sur le projet pilote à l'ensemble des projets.

2.3 LE PROCESSUS DE DÉVELOPPEMENT LOGICIEL DE BOMBARDIER TRANSPORT

Le processus d'ingénierie logiciel de Bombardier Transport ou PILB (en anglais BSEP pour *Bombardier Software Engineering Process*) permet une approche disciplinée dans l'affectation des activités et des responsabilités d'une équipe de développement logiciel. Son but est d'assurer la production de logiciels de haute qualité qui satisfont aux besoins des utilisateurs dans les limites du budget et du temps alloués.

Le PILB a été développé à partir des connaissances maison (p.ex. processus de développement, cahier des pratiques approuvées), d'un modèle de maturité du Software Engineering Institute, des normes internationales (ISO/CEI 12207, ISO 9001), du corpus de connaissances en gestion de projet (PMBOK), du Project Management Institute et du référentiel commercial RUP de la société IBM.

Le processus PILB présente, tel qu'illustré à la figure 1, deux dimensions: la première, exprimée en termes de phases, d'itérations, de jalons et de bases de références représente l'aspect dyna-

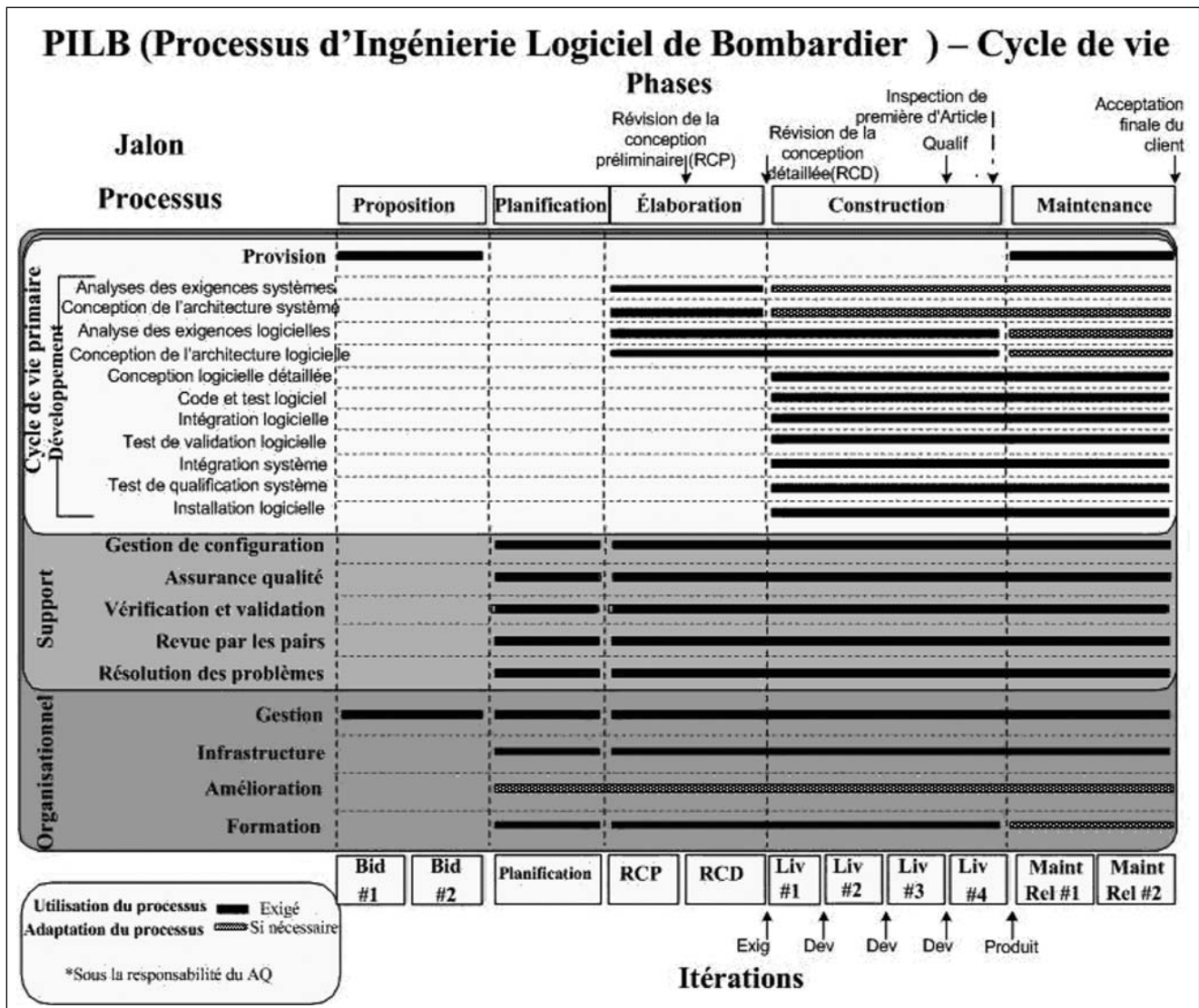


Figure 1 : Représentation du cycle de développement PILB

mique du processus. La deuxième, exprimée en termes de processus et d'activités stipulées dans la norme 12207, représente l'aspect statique du processus.

Les trois éléments de processus sont exprimés par les rôles, les activités et les artefacts :

- Les rôles¹ [3] : Un rôle définit le comportement et les responsabilités d'une personne ou d'un groupe de personnes travaillant en équipe, dans le contexte d'une organisation d'ingénierie logicielle. Le rôle et ses responsabilités associées définissent la manière dont les travaux seront exécutés ainsi que leur auteur. Comme métaphore du rôle, les membres individuels du projet peuvent jouer des rôles différents durant le projet ; c'est comme porter des chapeaux différents.
- Les activités : Les rôles ont des activités qui définissent le travail qu'ils effectuent. C'est une démarche accomplie ou une fonction réalisée, sur le plan intellectuel et physique, dans le but d'atteindre un objectif donné. Une activité est une unité de travail qu'une personne avec la res-

ponsabilité décrite par le rôle peut être invitée à exécuter. Par activité on entend également tout travail effectué par les gestionnaires et par le personnel technique pour accomplir les activités du projet. Une activité est utilisée comme un élément de planification et de suivi.

- Les artefacts : Les activités ont des artefacts comme entrée ou sortie. Un artefact est un produit de travail du processus : les rôles utilisent des artefacts pour exécuter des activités, et pour en produire au cours de l'exécution des activités. Les artefacts peuvent être internes ou externes au projet et prendre diverses formes :
 - Un modèle, tel que le modèle de cas d'utilisation, le modèle de conception,
 - Un document, tel que le plan de projet, le document des exigences ou SRS (*Software Requirements Specifications*),
 - Du code

3. MODÉLISATION DU COÛT DE LA QUALITÉ LOGICIELLE

Le coût de la qualité peut être décomposé en trois catégories : les coûts de prévention, les coûts

QUALITÉ

Catégorie majeure	Sous-catégorie	Définition	Coût élémentaire typique
Coûts de prévention	Établir les fondements de la qualité	Efforts pour définir la qualité, établissement d'objectifs de qualité, de normes et de seuil de qualité. Analyse de compromis liés à la qualité	Définition de critères de succès des tests d'acceptation et de normes reliées à la qualité
	Interventions orientées projet et processus	Efforts pour prévenir la mauvaise qualité ou améliorer le processus de qualité	Formation, améliorations de processus, collecte de mesures et analyse.
Coûts d'évaluation	Découvrir l'état du produit	Découvrir le niveau de la non-conformité	Test, assurance qualité logicielle. Inspections, revues
	S'assurer de l'atteinte de la qualité	Mécanismes de contrôle de la qualité	Audits de qualité du produit, décision de livraison de nouvelles versions
Coûts des anomalies	Anomalie interne	Problèmes de qualité détectés <u>avant</u> la livraison au client	La gestion des défauts avant la livraison, les reprises, les revues et les tests à effectuer à nouveau.
	Anomalie externe	Problèmes de qualité détectés <u>après</u> la livraison au client.	Support technique des versions livrées, enquête de plaintes, avis de défaut, mise à niveau et correction des erreurs.

Tableau 1. Modèle du coût de la qualité logicielle (adapté de [6])

d'évaluation et les coûts d'anomalies internes et externes² :

- Les coûts de prévention : Ils sont définis comme les coûts encourus par une organisation pour prévenir l'occurrence d'erreurs dans les diverses étapes durant le processus de livraison (ex. : conception, développement, production et expédition) d'un produit ou d'un service au client.
- Les coûts d'évaluation : Ce sont les coûts de vérification ou d'évaluation d'un produit ou d'un service pendant les différentes étapes du processus de développement.
- Les coûts des anomalies, aussi appelés coûts de non-conformité, se divisent en deux types :
 - Les coûts des anomalies internes : Tous les coûts résultant des anomalies avant que le produit ou le service ne soit livré au client.
 - Les coûts des anomalies externes : Tous les coûts encourus par la compagnie quand c'est le client qui découvre des défauts.

Le tableau 1 donne la définition des catégories des coûts de qualité logicielle.

4. DÉMARCHE DE COLLECTE DES COÛTS DE LA QUALITÉ

Dans cette section, on explique les étapes qui ont conduit à l'estimation des coûts de la qualité du projet de 88 000 heures de développement. Cependant, étant donné que la collecte des efforts du projet n'avait pas été prévue pour la mesure des coûts de la qualité, il a fallu élaborer un modèle de mesure avant de procéder à la classification de toutes les activités effectuées, c'est-à-dire plus de 1 121 activités. Le projet de mesure a été effec-

tué en cinq étapes :

- Identification des activités liées au coût de la qualité logicielle
- Établissement d'une liste des activités typiques reliées aux coûts de la qualité logicielle,
- Catégorisation de ces activités (prévention, évaluation et anomalies),
- Développement et application des règles de pondération,
- Mesure du coût de la qualité logicielle.

Les cinq étapes sont décrites ci-dessous.

4.1 IDENTIFICATION DES ACTIVITÉS LIÉES AU COÛT DE LA QUALITÉ LOGICIELLE

Le tableau 2 montre l'architecture du processus PILB: Cycle de vie, processus, sous-processus et activité.

Le tableau 3 présente les processus les sous-processus et les activités qui sont liés aux composants du coût d'un projet et du coût de la qualité logicielle (prévention, évaluation et reprise).

4.2 CATÉGORISATION DES ACTIVITÉS LIÉES AU COÛT DE LA QUALITÉ LOGICIELLE

À cette étape, on effectue le tri des activités du PILB selon la classification établie pour la mesure du CQL. Les activités sont classées comme suit : réalisation, évaluation (É), prévention (P) et reprise (R) (anomalies internes et anomalies externes). Le tableau 4 illustre un exemple de classification d'une tâche : traçabilité des exigences.

QUALITÉ

Identifiant	Élément de Processus		Type
1.1	Processus de cycle de vie primaire		Cycle de vie
1.2		Développement	Processus
1.2.7		Code et test logiciel	Sous-processus
1.2.4		Tests Unitaires	Activité

Tableau 2 : Représentation des éléments du processus PILB

Processus Primaire de Cycle de Vie	
	Développement
Processus de Support de Cycle de Vie	
	Gestion de configuration
	Assurance qualité
	Vérification et Validation
	Revue par les pairs
	Évaluation de la vérification
	Rapport des vérifications et des validations
	Revue de groupe
	Revue de la gestion du projet
	Revue technique
	Résolution de problèmes
	Rapport de problèmes
Processus organisationnel de Cycle de Vie	
	Gestion
	Gestion de risque
	Suivi de projet
	Infrastructure
	Maintenance de l'infrastructure
	Formation
	Plan des activités de formation
	Implémentation du plan de formation

Tableau 3 : Les activités liées au coût de la qualité logicielle du PILB

Identifiant de la tâche	Élément du WBS	Nom de la tâche	Réalisation	É	P	R
2410	Code	Traçabilité des exigences	-	-	x	-

Tableau 4 : Exemple de classification de l'activité de traçabilité des exigences

4.3 ÉLABORATION DES RÈGLES DE PONDÉRATION

Dans le processus PILB, il y a des activités qui chevauchent plus d'une catégorie. Par exemple, l'activité « tests et codage » chevauche la catégorie évaluation et réalisation. Pour s'assurer

d'obtenir une mesure correcte, des règles de pondération ont été définies et le tableau 5 en montre quelques exemples. Vingt-sept règles de pondération ont été définies, et ce, en étroite collaboration avec les ingénieurs du SDG.

Nom de la règle	Réalisation	Évaluation	Prévention	Reprise
Rédaction des exigences	100%	0%	0%	0%
Audit de processus	0%	100%	0%	0%
Prototypage	0%	0%	100%	0%
Revue	0%	100%	0%	0%
Activités de Tests	0%	100%	0%	0%
Tests et codage	60%	40%	0%	0%
Validation, Activités de vérification	0%	100%	0%	0%
Correction des problèmes et codage	30%	70%	0%	0%
Mise à jour des documents, du code	50%	0%	0%	50%
Formation	0%	0%	100%	0%
Activités de gestion de Configuration	0%	0%	100%	0%

Tableau 5 : Exemples de règles de pondération

Nom de la tâche	Effort mesuré (heures)	Réalisation	É	P	R
Correction de problèmes logiciels	883	132	0	0	751
Simulateur de train - Code & Test logiciel	195	117	78	0	0
Acceptation du référentiel (<i>Baseline</i>)	24	0	12	12	0

Tableau 6 : Exemples des données du coût de la qualité

4.4 DÉTERMINATION DE LA PRÉCISION DES RÈGLES DE PONDÉRATION

La grande diversité des actions entreprises lors de la réalisation d'une activité quelconque est telle qu'on a été amené à se poser la question suivante : avec quel niveau de confiance doit-on mesurer les coûts. Pour répondre à cette question, une autre composante relative au niveau de la précision des règles de pondération a été ajoutée au modèle de la qualité. Pour cela, la convention suivante a été adoptée lors de l'enregistrement des activités : « É » pour précision élevée, « M » pour moyenne et « F » pour faible. Chacune des règles a ainsi été pondérée. On verra plus loin le résultat en pourcentage des activités pour chacun des niveaux de confiance.

4.5 LE MODÈLE DE DONNÉES DE LA MESURE DU COÛT DE LA QUALITÉ

Le modèle de données présente une compilation de toutes les composantes présentées précédemment, à savoir : l'identification des activités, la catégorisation des activités, l'assignation des règles de pondération ainsi que la désignation d'un niveau de précision.

Ce modèle de données est concrétisé par un chiffrier dans lequel on trouve, entre autres, les onglets suivants :

- « Data – Task » : dans cet onglet, on consigne les données qui caractérisent une tâche : nom, effort, statut, numéro de la règle, précision, affichage de la règle et mesure de l'effort de la tâche (voir tableau 6).
- « Analyse – Task » : cet onglet présente l'analyse faite à l'aide du chiffrier. Des histogrammes donnent une première représentation de la mesure du CQL.
- « BSEP versus CQL » : cet onglet présente les activités liées au CQL par rapport au processus PILB.
- « Activités types (Task) » : cet onglet présente les activités types extraites de la table « Task » et le lien avec le PILB. Ces activités sont associées avec les catégories du CQL.

5. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

On présente, ci-dessous, les résultats du projet de mesure du coût de la qualité d'un projet de plus de 88 000 heures de travail.

5.1 QUALITÉ DES MESURES DU COÛT DE LA QUALITÉ LOGICIELLE

Le niveau de confiance assigné pour chaque règle a donné les résultats suivants : plus de 88% des activités se trouvent dans la catégorie « Élevée »,

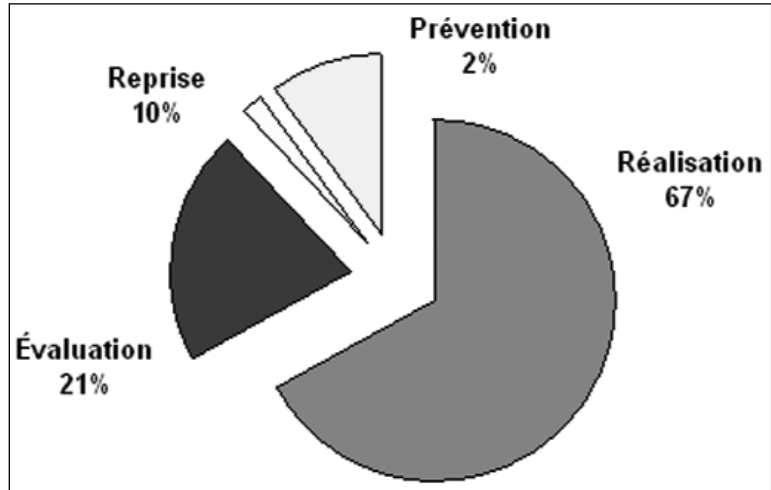


Figure 2 : Représentation de la répartition de l'effort

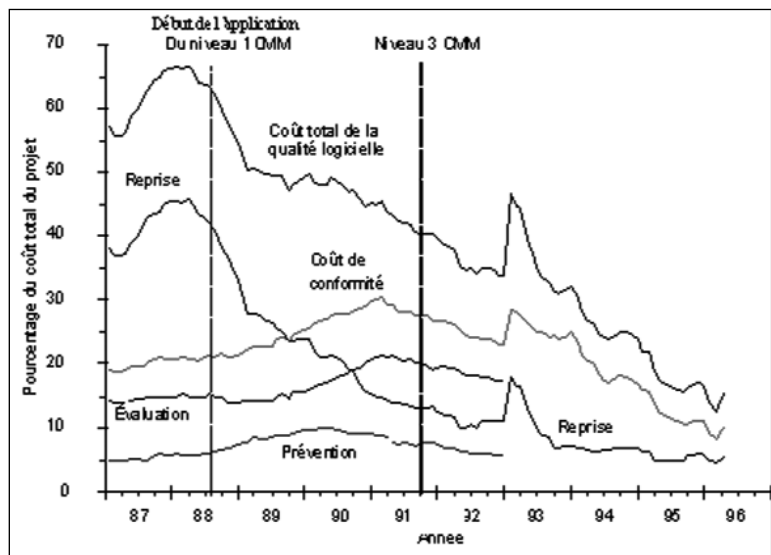


Figure 3 : Données de l'amélioration de la qualité logicielle (Dion 1993 ; Haley 1996)

11% dans la catégorie « Moyenne » et seulement 0,2% dans la catégorie « Faible ». On peut donc conclure que les résultats de la mesure du coût de la qualité logicielle ont été mesurés avec un bon niveau de précision.

5.2 COÛT DE LA QUALITÉ LOGICIELLE PAR CATÉGORIE

La figure 2 montre la répartition des coûts de développement au niveau des différentes catégories du coût de la qualité logicielle ainsi que les coûts de réalisation. On constate que le coût des reprises s'élève à 10%, celui de la prévention à 2% et celui de l'évaluation à 21% du coût global de développement.

L'étude réalisée pour la société américaine Raytheon [4, 5] montre (figure 3) que le coût de reprise en 1987, était à environ 41% du coût total des projets au niveau 1 du modèle CMM, à 18% au

QUALITÉ

Niveau de maturité du processus (CMM)	Pourcentage de reprise
1	≥ 50 %
2	25 % à 50 %
3	15 % à 25 %
4	5 % à 15 %
5	≤ 5 %

Tableau 7 : Relation entre le niveau de maturité du processus et les reprises selon Krasner [6]

Effort total du projet : 88 598 heures				
	Réalisation	Évaluation	Prévention	Reprises
Nombre d'heures	56282	20070	3142	9103
Pourcentage	68%	17%	4%	11%

Tableau 8 : Répartition des efforts du projet

niveau 2, à 11% au niveau 3 et à 6% au niveau 4. Une étude faite par Krasner [6] montre que ce taux varie entre 15% et 25% du coût de développement pour une organisation de niveau de maturité 3 (voir le tableau 7).

En ce qui concerne les catégories d'évaluation et de prévention, l'étude de « Price Waterhouse » [7] montre l'effort du contrôle de la qualité : la somme du coût d'évaluation et de prévention, se situe entre 23% et 34% du coût global de développement. La présente étude montre que pour le groupe SDG, le coût du contrôle de la qualité est de 23% du coût global de développement, en concordance avec les études précédentes.

6. DISCUSSION DES RÉSULTATS

Le tableau 8 montre que le coût de la qualité logicielle représente 33% du coût global du projet. L'étude réalisée par « Price Waterhouse » [7] montre que le coût de la qualité logicielle varie entre 38% et 49% du coût global de développement.

Cependant, cette étude exclut les coûts des tests unitaires et ceux des anomalies, ce qui ramène le coût de la qualité logicielle estimé entre 40% et 55% du coût du projet. Une autre étude, réalisée par Dion [5] pour le compte de la société Raytheon, montre que le coût de la qualité logicielle fluctue entre 55% et 67% lorsque la société était au niveau de maturité 1, alors que ce pourcentage diminue à 40% lorsqu'elle atteint le niveau de maturité 3. Ces données issues de l'industrie du logiciel permettent de valider les résultats obtenus durant cette étude au sein du groupe SDG. Il est à remarquer que le coût de la qualité logicielle du groupe SDG est inférieur à celui présenté dans les deux études précédentes. Ceci est expliqué par le fait que ses processus ont été évalués comme étant conformes au niveau 3 du modèle d'évolution des capacités logiciel (SW-CMM) du Software Engineering Institute. Plusieurs logiciels développés par ce groupe sont des logiciels critiques, c'est-à-dire des logiciels qui, s'ils sont

défaillants, peuvent causer des blessures, des décès ou de fortes pertes financières. Le développement de logiciels critiques exige l'addition de plusieurs activités de prévention comme les tests par exemple.

6.1 CALCUL DU RATIO CONFORMITÉ / NON-CONFORMITÉ

Le ratio de la conformité et de la non-conformité donne le rapport entre le coût de la qualité logicielle et celui imputé aux reprises. L'étude « Price Waterhouse » [7] présente un ratio (Conformité ? non-conformité) = 1.2 à 2.0. Pour ce projet, on obtient un ratio de 2,1.

La différence, entre les deux études, peut être expliquée par le fait que le coût d'évaluation du groupe SDG étant assez élevé, on est amené à recommander de baisser ce taux et en même temps d'augmenter celui de la prévention. Le taux élevé de la prévention peut être expliqué par le fait que les logiciels développés par la société Bombardier Transport sont parfois des logiciels critiques et demandent plus d'activités de prévention.

Répartition des coûts de la qualité logicielle par rapport aux règles

Pour mesurer le CQL, on a appliqué les règles de pondération à chaque tâche logicielle du projet. L'analyse de la distribution du coût par rapport aux règles de pondération permet d'examiner les activités qui ont le plus d'impact sur le CQL.

La figure 4 montre que les coûts les plus significatifs sont associés aux règles 8, 9, 11, 13 et 14 et, à un degré moindre, aux règles 2, 6 et 25. La règle 1 représente les coûts de réalisation.

Les règles 8 et 9 sont associées aux activités de test et de codage. Alors que la règle 8 donne 100% du coût de la catégorie évaluation, la règle 9 donne 60% du coût au niveau de la catégorie réalisation et 40% au niveau de la catégorie évaluation. La règle 11 représente des activités de validation et de vérification (donc des activités d'évaluations) qui sont représentées à 100% dans

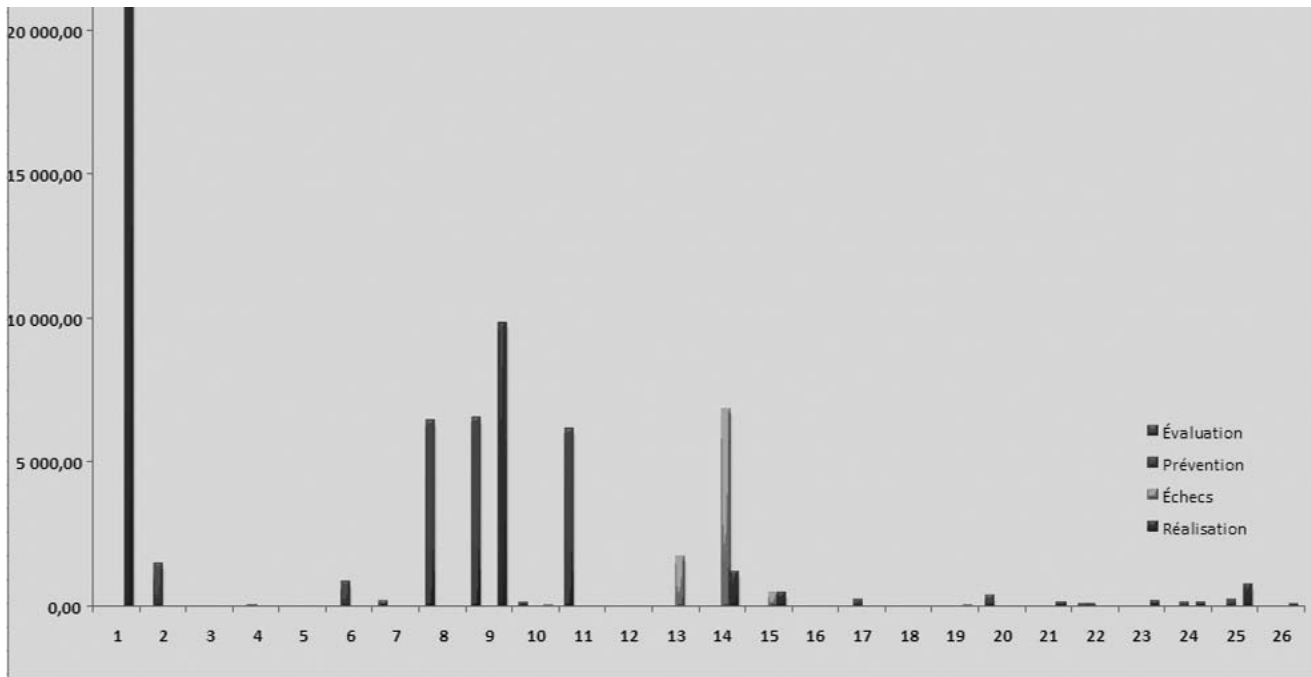


Figure 4 : Répartition de l'effort (heures) selon les règles appliquées

la catégorie évaluation. Ceci explique le fait que le coût présenté par cette dernière catégorie est élevé par rapport aux autres catégories.

Les règles 13 et 14, associées à des activités de reprise et de correction de problèmes logiciels, forment essentiellement la catégorie reprise. Pour les règles 2 et 6, représentant respectivement une activité d'amélioration de processus et une activité de prototype, elles appartiennent à la catégorie prévention. La règle 25, qui est une activité de suivi, est pondérée à 75% de réalisation et 25% de prévention.

Cette analyse démontre, que si on veut agir sur le coût associé à chaque catégorie du coût de la qualité, on devrait nécessairement le faire par le biais d'actions sur les activités mentionnées plus haut dans le but d'augmenter ou de diminuer un coût par rapport à un autre.

6.2 COÛT DES REPRISES PAR RAPPORT

AU COÛT DE CORRECTION DES PROBLÈMES

Dans l'optique d'analyser les activités reliées aux catégories et le coût de la qualité logicielle, nous avons étudié le rapport entre le type d'activité et la cause d'un problème tel qu'enregistré sur le formulaire Problem Report par les ingénieurs du SDG. Les trois causes d'un problème sont les suivantes : un défaut, une amélioration ou une nouvelle caractéristique (new feature). La figure 5 montre la répartition des coûts en fonction de la nature du problème et de son origine (p.ex. code, conception).

Cette répartition des coûts montre que l'origine des problèmes survenus lors du cycle de développement touche principalement trois composantes : le code, la conception et les spécifications logicielles, tandis que l'origine principale des problèmes est située à la phase de codage. Bien qu'ils ne soient pas assez élevés, les problèmes de nature « nouvelle caractéristique » sont à observer. Ils proviennent surtout des requêtes clients, exigences logicielles et exigences systèmes. Pour les problèmes de type amélioration, leurs contributions au coût de correction demeurent faibles, mais il est important qu'ils restent en observation.

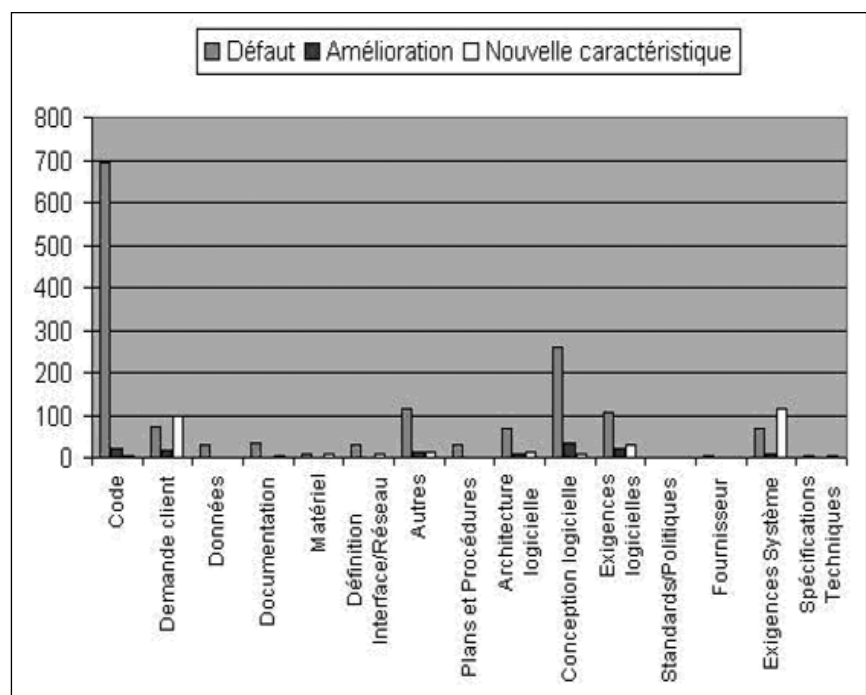


Figure 5 : Répartition de l'effort (heure) selon le type de défaut et l'activité associée

QUALITÉ

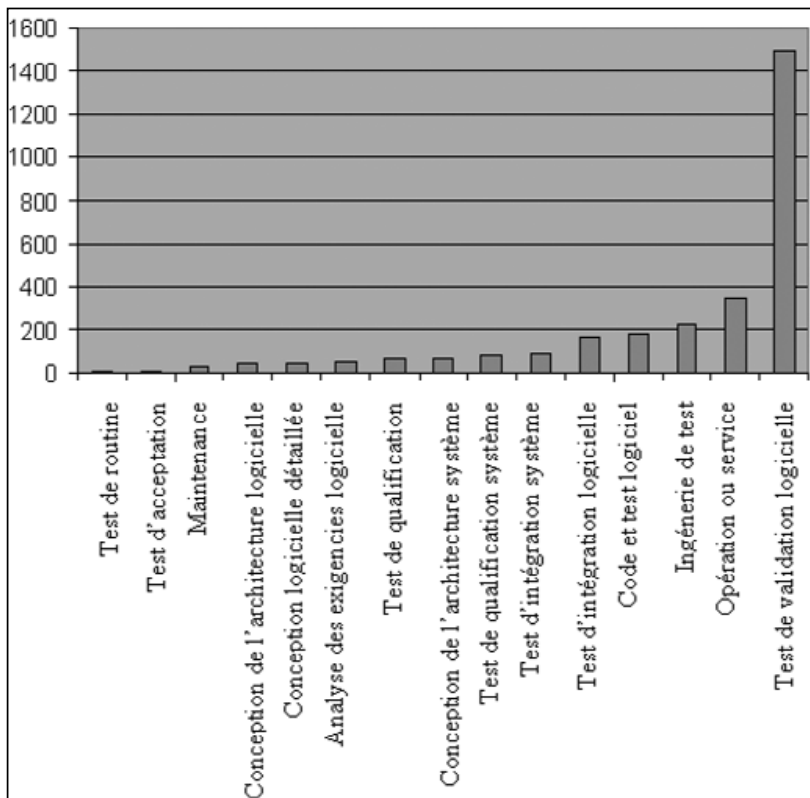


Figure 6 : Répartition du type d'activité selon son occurrence

Ainsi et dans le but de mieux contrôler ces coûts, il est nécessaire de cerner les activités qui seront les plus impliquées dans le calcul du coût relatif à la correction des problèmes et d'agir directement sur leurs sources.

Par ailleurs, à titre de remarque et pour en faire sans doute une donnée importante lors de la prise de décision, le nombre d'occurrence d'une activité par rapport à une autre, Ce qui donne une idée sur le coût global d'une activité, par exemple, l'investissement au niveau des activités d'évaluation. Ceci peut être une piste pour de futures recherches. La figure 6 montre le nombre d'occurrence des différentes activités.

Ce graphique permet d'identifier quelle attention devrait être apportée à une activité. Parmi toutes les activités du processus de développement, l'activité de test de validation logicielle devrait requérir plus d'attention du groupe SDG puisque plus de 1 500 heures ont été dépensées en test. Par exemple, y a-t-il un moyen, en ajoutant des activités de prévention, de réduire les activités de test tout en maintenant le même niveau de qualité ?

7. RECOMMANDATIONS

Cette section présente des recommandations suite à l'analyse des données sur le coût de la qualité logicielle. Ces recommandations pourront permettre de mieux contrôler les dépenses relatives au coût de la qualité logicielle ainsi qu'au coût de développement ou de maintenance d'un logiciel.

7.1 MAINTENIR LA COLLECTE DES DONNÉES

La première recommandation concerne le maintien de la procédure et des méthodes de travail (utilisation des outils de collecte des données, structures des bases de données) de la collecte des données au sein du groupe SDG.

7.2 POURSUIVRE LA MESURE DU COÛT DE LA QUALITÉ LOGICIELLE

Le taux de 33% représentant le coût de la qualité logicielle du groupe SDG est comparable aux taux de l'industrie logicielle. Les études réalisées par Price Waterhouse ainsi que celles de Dion ou de Krasner le confirment et valident par la même occasion le modèle de données qui a été présenté au cours de cette étude. Il est important aussi de contrôler le coût global de la qualité sans pour autant opérer des coupures de budget sur le compte d'activités liées au coût de la qualité logicielle. Le mieux serait de bien le répartir.

7.3 CONTRÔLER LE COÛT DE LA QUALITÉ LOGICIELLE PAR CATÉGORIE

En ce qui concerne les catégories, comme le coût de prévention, les taux respectifs devront être mieux contrôlés. Pour ce qui est de l'effort de contrôle de la qualité (taux d'évaluation et de prévention ensemble) qui est de 23%, les études citées plus haut le valident.

Puisque le ratio du coût de la qualité en fonction de la conformité à la qualité est en dehors de l'intervalle 1,2 à 2,0, on recommande de diminuer le taux de contrôle de la qualité à 20%. Ceci est possible en augmentant le budget alloué aux activités de prévention. Cette démarche aura comme impact une augmentation des activités de prévention, une diminution de l'effort d'évaluation et, par conséquent, une meilleure qualité de produits livrés.

L'analyse faite plus haut donne un taux des reprises de 10% du coût global de développement. On recommande de réduire ce taux et d'accentuer l'effort pour changer les taux respectifs de l'évaluation et de la prévention, ce qui aura comme effet la diminution des efforts de reprise.

7.4 HARMONISER ET NORMALISER LES NOMS DONNÉS AUX DIFFÉRENTES ACTIVITÉS

Une autre remarque ayant trait à la définition des activités lors de leur enregistrement, qui induit quelques fois des erreurs lors de l'application des règles pour la mesure du CQL, donnerait lieu à une recommandation visant à harmoniser et à normaliser les noms donnés aux différentes activités.

7.5 CONTRÔLER LES ACTIVITÉS LIÉES À LA CORRECTION DES PROBLÈMES

Puisque les défauts se manifestent surtout au niveau des activités de conception logicielle, des

► exigences logicielles et de codage, il serait judicieux de favoriser les actions qui permettront de diminuer efficacement les défauts. Ces actions seront axées essentiellement sur des actes de prévention, renforçant ainsi la recommandation déjà citée en faveur d'investissements accrus au niveau de cette catégorie. En ce qui concerne les deux catégories de reprise : reprise interne et reprise externe, il serait bénéfique d'entreprendre des actions correctives pertinentes telles que l'amélioration de l'efficacité de détection d'anomalies en appliquant des revues par les pairs.

7.6 PRÉSENTER LES RÉSULTATS DE LA MESURE DU COÛT DE LA QUALITÉ LOGICIELLE

Il est recommandé de présenter les résultats des travaux entrepris durant cette étude à l'ensemble de l'équipe du projet pour motiver les développeurs à la collecte de mesures et orienter des recherches futures.

7.7 METTRE EN PLACE UN TABLEAU DE BORD

Il serait souhaitable de mettre en place un tableau de bord des coûts associés à la qualité logicielle ainsi qu'un programme d'amélioration montrant le lien entre les activités du programme et les coûts de la qualité. Ces résultats devraient aussi être présentés à la direction afin de mieux budgétiser les plans d'amélioration des processus, les plans de projet et l'allocation des ressources aux différentes activités d'un projet.

7.8 FAIRE APPROUVER ET DISTRIBUER LE PROCESSUS

DE MESURE DU COÛT DE LA QUALITÉ LOGICIELLE

Afin d'effectuer une collecte de la même manière d'un site à l'autre, il est recommandé d'effectuer quelques améliorations au processus utilisé pour la mesure du coût de la qualité logicielle de ce projet, de faire approuver ce processus par la direction et de former les centres de développement à la collecte et à l'analyse des résultats.

7.9 MESURER LE COÛT DE LA QUALITÉ LOGICIELLE

DANS D'AUTRES SITES DÉVELOPPEMENT DE LA SOCIÉTÉ

On recommande qu'une personne du groupe d'assurance qualité logicielle ou d'un groupe d'amélioration des processus puisse déployer un processus de mesure du COQ dans d'autres sites de la société Bombardier Transport. Les objectifs de l'implantation de ce processus sont les suivants :

- Développer un logiciel en suivant un processus de mesure du coût de la qualité logicielle,
- Quantifier les composantes du coût de la qualité,
- Identifier les possibilités de réduction des coûts,
- Fournir une base pour budgétiser les activités de développement et de qualité,
- Utiliser les résultats obtenus pour améliorer les processus.

Les principaux intrants, extrants et activités du processus de mesure du coût de la qualité sont décrits à la figure 7.

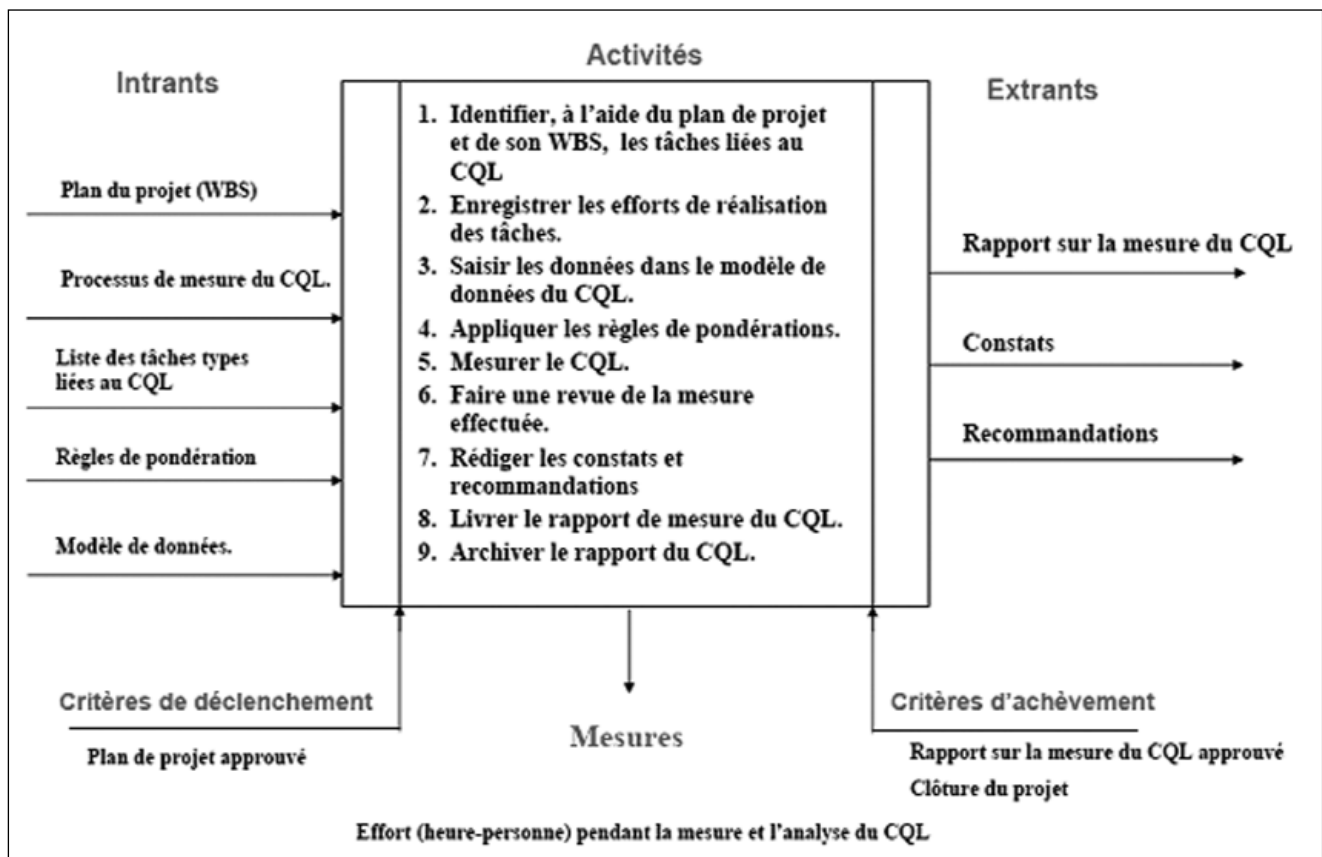


Figure 7 : Processus de mesure du coût de la qualité

8. TRAVAUX FUTURS

La mesure du CQL présentée dans cet article est basée sur des données d'un seul grand projet. Dans le but d'améliorer la mesure du CQL et de mieux atteindre les objectifs de la direction (présentés au début de cet article), il serait opportun de :

- Contrôler la définition des mots liés aux noms des activités élémentaires lors de la saisie des efforts au cours de la réalisation du projet. Ceci aura un impact considérable dans la diminution du nombre de règles de pondération, ce qui permettra de mieux contrôler les activités et le CQL.
- Améliorer la précision de certaines règles de pondération.
- Évaluer le niveau de satisfaction de la direction par l'introduction du CQL au SDG et analyser l'impact de cette mesure dans l'amélioration des processus.
- Mesurer le CQL pour d'autres projets du groupe SDG et les comparer aux résultats obtenus.
- Implémenter un processus léger de la mesure du CQL dans d'autres sites de la société afin de recueillir des données de sites différents et de réaliser une analyse comparative selon plusieurs critères, tels que le type de logiciel développé, la taille du groupe de développement, le niveau de maturité, etc.

9. CONCLUSION

Dans le domaine du génie logiciel, la mesure du coût de la qualité logicielle est une composante importante de la gestion des projets logiciels. Le coût de la qualité logicielle est aussi une bonne mesure de la performance d'une entreprise.

Plus de 1 121 activités logicielles ont été analysées sur un projet de 88 000 heures de travail. Le coût de la qualité logicielle représente 33 % du coût global du projet. Le coût des reprises, ou coût des anomalies, s'élève à 10 %, celui de la prévention à 2 % et celui de l'évaluation à 21 % du coût global de développement.

Nous avons proposé des recommandations afin de mieux mesurer et contrôler les dépenses relatives au coût de la qualité logicielle. Nous avons aussi proposé de mesurer le coût de la qualité logicielle dans d'autres sites de développement de la société. Les résultats de ces mesures

permettraient, sans doute, d'identifier des améliorations qui pourraient être utilisées dans les projets de développement et de maintenance de la société Bombardier.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient, MM. Yves Laperrière et Sylvain Hamel de la société Bombardier Transport de St-Bruno (Québec) pour leurs précieuses collaborations.

10. RÉFÉRENCES

- [1] R. N. Charrette : *Why software fails?* ; IEEE Spectrum, septembre 2005, pp. 42-49.
- [2] J. Juran : *Quality Cost. Quality Control Handbook*, (4^e éd.) ; McGraw-Hill, New York, 1988.
- [3] C. Y. Laporte, P. Bourque, Y. Belkebir et M. Doucet : *Amélioration de la définition des rôles du processus de génie logiciel de la société Bombardier Transport* ; Revue Génie Logiciel, numéro 72, mars 2005, pp. 43-52.
- [4] T. J. Haley : *Software process improvement at Raytheon* ; IEEE Software, vol. 13, n° 6, pp. 33-41. Figure tirée de la revue IEEE Software, 1996.
- [5] R. Dion : *Elements of a Process Improvement Program, Raytheon* ; IEEE Software, vol. 9, n° 4, pp. 83-85. juillet 1992.
- [6] H. Krasner : *Using the cost of quality approach for software* ; Crosstalk - The Journal of Defense Software Engineering, volume 11, numéro 11, novembre 1998.
- [7] Price Waterhouse Report, *Software Quality Standards: The Costs and Benefits* ; UK Department of Trade and Industry, 1988.

NOTES

- 1 Les lecteurs peuvent se référer à l'article suivant pour mieux comprendre les rôles du processus BSEP : C. Y. Laporte, P. Bourque, Y. Belkebir et M. Doucet : *Amélioration de la définition des rôles du processus de génie logiciel de la société Bombardier Transport* ; Revue Génie Logiciel, numéro 72, mars 2005, pp. 43-52.
- 2 Pour préserver la confidentialité de certaines données, les éléments de coût ne seront pas représentés en unités monétaires mais seront exprimé en heures.

Prix de thèse ASTI 2009

L'ASTI, Association Française des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication, décernera en 2009 deux prix de thèse récompensant d'excellents travaux dans le domaine des STIC. Ces prix illustrent la volonté de l'ASTI de soutenir la recherche dans ce domaine, dans toute sa diversité pluridisciplinaire et depuis les travaux fondamentaux jusqu'aux applications innovantes. L'objectif est de promouvoir les jeunes chercheurs et de faire connaître leurs travaux à l'ensemble de la communauté des STIC.

Date limite de dépôt des candidatures : 30 avril 2009

Instructions et dossier de candidature : http://www.asti.asso.fr/prix_these_2009