

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

THÈSE PRÉSENTÉE À
L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

COMME EXIGENCE PARTIELLE
À L'OBTENTION DU
DOCTORAT EN GÉNIE LOGICIEL
Ph.D. en Génie

PAR
ROMERO, Fernando

DESIGN D'UN SYSTÈME D'AIDE À LA DÉCISION À
L'ÉVALUATION DE LA SOUS-TRAITANCE INDUSTRIELLE

MONTRÉAL, LE 5 MAI 2009

© Fernando Romero, 2009

PRÉSENTATION DU JURY

**CETTE THÈSE A ÉTÉ ÉVALUÉE
PAR UN JURY COMPOSÉ DE**

Dr Alain Abran, directeur de thèse
Département de Génie Logiciel et des technologies de l'information à l'École de technologie
supérieure

Dr Sylvie Nadeau, présidente du jury
Département de Génie mécanique à l'École de technologie supérieure

Dr Pierre Bourque, membre du jury
Département de Génie Logiciel et des technologies de l'information à l'École de technologie
supérieure

Dr Kazimierz Zaras, examinateur externe
Université du Québec en Abitibi Témiscaminque (UQAT)

ELLE A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 22 AVRIL 2009

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

REMERCIEMENTS

Ma gratitude première est au professeur Alain Abran, mon directeur de thèse, d'abord pour sa patience, pour tous ses conseils très pertinents, et pour le support qu'il m'a donné tout au long de la préparation de mon doctorat et de cette thèse. Il était toujours là pour m'aider à clarifier mes idées et me remettre dans le bon chemin, je serai éternellement reconnaissant pour sa compréhension et tout le temps dédié à ma cause.

Je tiens aussi à remercier les membres du jury, qui ont été présents tout au long du cheminement pour obtenir mon doctorat. D'autre part, je tiens à remercier mes camarades du Laboratoire de recherche en génie logiciel de l'ETS qui m'ont encouragé toujours à bien faire ce travail avec leurs conseils et leurs préoccupations pour mon travail.

Serge Meyer et sa femme Michelle, des amis spéciaux qui ont été là pour nous supporter toutes ces années, et que je dois remercier pour l'immense tâche de corriger la qualité du français de ce texte-ci, une tâche pas facile étant donné la complexité du langage, merci infiniment.

Ma femme Nelhy et mes enfants Valery-Fernanda, Antonella et mon ange Jose-Miguel font aussi partie de cette réussite et je tiens à les remercier pour toute leur patience et leur compréhension pendant tout ce temps. Leur amour et support ont été une source d'énergie inépuisable pendant mes longues journées d'écriture de cette thèse.

J'ai pu également compter sur l'encouragement et support continu de ma mère et mes sœurs qui m'ont aidé à atteindre mes objectifs. Merci aussi à tous mes amis avec qui j'ai partagé ce rêve.

DESIGN D'UN SYSTÈME D'AIDE À LA DÉCISION À L'ÉVALUATION DE LA SOUS-TRAITANCE INDUSTRIELLE

ROMERO, Fernando

RÉSUMÉ

L'objectif principal du projet de recherche est de développer un outil d'évaluation de la performance des fournisseurs tant au point de vue technique, qu'administratif, économique et humain. Cet outil sera utilisé pour standardiser l'évaluation afin de bien classer la performance des fournisseurs pour augmenter la fiabilité des résultats, diminuer le temps du processus d'évaluation et de la préparation des rapports par les évaluateurs.

Le projet global est un projet de développement et d'intégration de nouvelles technologies dans les domaines du Génie Logiciel, du Génie Mécanique et Industriel et des Sciences de la Décision.

Dans ce projet il y a eu trois partenaires: Mouvement Desjardins, Sous Traitance Industrielle Québec (STIQ) et l'École de Technologie Supérieure (ETS).

Ce projet de recherche s'est concrétisé par le développement pour STIQ d'une deuxième génération du logiciel SEMS qui était antérieurement utilisé par STIQ pour supporter leur processus d'évaluation et d'audit des fournisseurs et autres clients.

Mots-clés: évaluation, performance, fournisseurs, processus, fiabilité, résultats

DESIGN D'UN SYSTÈME D'AIDE À LA DÉCISION À L'ÉVALUATION DE LA SOUS-TRAITANCE INDUSTRIELLE

ROMERO, Fernando

ABSTRACT

The goal of this research is to develop a tool for the evaluation of the performance of suppliers from multiple perspectives, such as technology, administrative, economics and human resources. This evaluation tool will be used to standardize the evaluation process itself, increase the reliability of the assessment results and decrease both the duration of the evaluation process and of the preparation time of the evaluation reports by the evaluators.

The global project is a development project and integration of new technologies in the fields of the Software engineering, Mechanical and Industrial Engineering and Decision Sciences.

In this project three partners were involved: Mouvement Desjardins, Sous Traitance Industries Quebec (STIQ) and École de Technologie Supérieure (ETS).

This research project delivered the second generation of the SEMS software which was in used at STIQ at the beginning of this research to support their processes for evaluating and auditing suppliers.

Keywords: evaluation, performance, suppliers, process, reliability, assessment

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 L'ÉVALUATION DES ENTREPRISES : CONTEXTE	2
1.1 Introduction.....	2
1.2 L'évaluation des fournisseurs	3
1.3 Problématique du processus d'évaluation chez STIQ	4
1.4 Contexte de la problématique à explorer dans cette recherche.....	8
1.5 Organisation de la thèse	9
CHAPITRE 2 MOTIVATION, PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	11
2.1 Motivation.....	11
2.2 Problématique	12
2.3 Objectifs de la recherche.....	12
CHAPITRE 3 REVUE DE LITTÉRATURE.....	15
3.1 Introduction.....	15
3.2 Le contexte STIQ.....	18
3.3 Volet 'affaires' de l'évaluation de performance des entreprises	19
3.3.1 Introduction.....	19
3.3.2 Systèmes d'évaluation de la performance.....	20
3.3.3 Mesures de performance	21
3.4 Volet 'logiciel' de l'évaluation de performance des entreprises	29
3.4.1 Inventaire des modèles et normes d'évaluation en logiciel	29
3.4.2 Modèle de processus pour la mesure de logiciel (Jacquet et Abran).....	31
3.4.3 Norme ISO 15939	32
3.4.4 Capability Maturity Model (CMMi).....	35
3.4.5 Démarche Design for Six Sigma (DFSS)	36
3.5 Développement de systèmes de mesure pour l'évaluation de la performance	39
3.6 Résumé.....	43
CHAPITRE 4 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE.....	45
4.1 Introduction.....	45
4.2 Les phases de la méthodologie de recherche	46
4.3 Méthodologie : démarche globale.....	51
4.4 Méthodologie détaillée: démarche à suivre	53
4.5 Intégration.....	55
4.5.1 Conception et développement des livrables technologiques	55
4.5.2 Conception et développement des alternatives de traitement de contenu en sciences de la gestion	56
4.5.3 Design des études de cas.....	56

4.6	Vérification et validation	57
CHAPITRE 5 ARCHITECTURE POUR LE SYSTÈME D'ÉVALUATION DES FOURNISSEURS		
59		
5.1	Introduction.....	59
5.2	Familiarisation	60
5.3	Cadres de référence utilisés pour la conception du système de mesure	61
5.4	Architecture initiale du système d'évaluation de la performance des entreprises	70
5.4.1	Objectifs primaires de l'architecture.....	72
5.5	Considérations pour la « maintenabilité » du logiciel à concevoir	73
5.6	Autres considérations pour la conception et développement du logiciel associé au modèle.....	73
CHAPITRE 6 DÉVELOPPEMENT DU LOGICIEL DE SOUTIEN DU PROCESSUS D'ÉVALUATION		
74		
6.1	Introduction.....	74
6.2	Démarches initiales.....	74
6.3	Processus de design des prototypes	76
6.4	Documentation en cours de projet	80
6.5	Planification des étapes suivantes.....	80
6.5.1	Types d'échelles.....	80
6.5.2	Visites sur le terrain	82
6.5.3	Définition des règles d'affaires pour le logiciel.....	83
6.5.4	Révision de documentation produite par l'équipe de génie mécanique	84
6.5.5	Traitement du questionnaire	84
6.5.6	Réunions de travail	85
6.6	Critères de comparaison des prototypes avec l'outil actuel.....	85
CHAPITRE 7 DÉVELOPPEMENT DU PROTOTYPE 1		
88		
7.1	Introduction.....	88
7.2	Présentation des fonctionnalités du prototype 1	92
7.3	Vérification et expérimentation du prototype 1	98
7.3.1	Vérification du prototype 1 par les étudiants chercheurs.....	99
7.3.2	Expérimentation auprès des évaluateurs avec le prototype 1	99
7.3.3	Observations sur la vérification avec l'étudiant chercheur de l'équipe de Génie mécanique de l'ETS et les expérimentations avec les évaluateurs débutants	100
7.4	Rapport de test en industrie par le chercheur de l'équipe de génie mécanique	100
7.4.1	Partie théorique ou contenu	101
7.4.2	Partie logiciel	101
7.5	Réalisations effectuées avec ce premier prototype	102
7.6	Rétroaction final.....	102
CHAPITRE 8 DÉVELOPPEMENT DU PROTOTYPE 2		
104		
8.1	Introduction.....	104
8.2	Présentation des fonctionnalités du prototype 2	105

8.3	Vérification et expérimentation du prototype 2	113
8.3.1	Vérification du prototype 2 par les étudiants chercheurs.....	114
8.3.2	Expérimentation auprès des évaluateurs avec le prototype 2	115
8.3.3	Observations sur la vérification par l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique de l'ETS et les expérimentations avec les évaluateurs débutants	115
8.4	Réalisations effectuées avec ce deuxième prototype	115
CHAPITRE 9 DÉVELOPPEMENT DU PROTOTYPE 3		117
9.1	Introduction.....	117
9.2	Les liens de cause à effet: d'où viennent-ils?	117
9.3	Présentation des fonctionnalités du prototype 3	123
9.4	Vérification et expérimentation du prototype 3	130
9.4.1	Vérification du prototype 3 par l'étudiant-chercheur	131
9.4.2	Expérimentation auprès des évaluateurs avec le prototype 3	132
9.4.3	Observations sur la vérification	132
9.5	Réalisations effectuées avec ce troisième prototype.....	133
CHAPITRE 10 DÉVELOPPEMENT D'UN LOGICIEL PLUS ROBUSTE À UTILISER LORS DE L'ÉVALUATION		134
10.1	Introduction.....	134
10.2	Objectifs du modèle plus robuste d'évaluation.....	135
10.3	Démarche détaillée du processus de développement du logiciel.....	136
10.3.1	Démarche Normes ISO	136
10.3.2	Utilisation des normes IEEE.....	138
10.4	Démarche de développement.....	140
10.4.1	Structure du logiciel.....	140
10.4.2	Échéancier du développement	141
10.4.3	Gestion de risque.....	143
10.4.4	Conception générale du logiciel.....	144
10.4.4.1	Contraintes et risques du design	145
10.4.5	Gestion de la qualité.....	146
10.4.5.1	Objectifs de qualité	147
10.4.5.2	Plan de revue et d'inspection	148
10.4.6	Gestion de la configuration.....	151
10.4.6.1	Configuration des éléments susceptibles d'être changés Erreur ! Signet non défini.	151
10.4.6.2	Méthode d'identification.....	151
10.4.6.3	Processus de configuration	152
10.4.6.4	Traitement et approbation des demandes de changement.....	153
10.4.6.5	Comptes-rendus et audits de configuration.....	156
10.4.7	Plan des tests.....	157
10.4.7.1	Objectifs.....	157
10.4.7.2	Types de tests.....	157
10.4.7.3	Les conditions d'acceptabilité.....	159

10.5	Sommaire	161
CHAPITRE 11 AUTRES EXEMPLES D'UTILISATION DU MODÈLE ET LOGICIEL D'ÉVALUATION		162
11.1	Introduction.....	162
11.2	Exploration de nouvelles voies d'utilisation.....	162
11.3	Flexibilité de contenu.....	163
11.4	Laboratoires de certification	163
11.5	Configurations réalisées dans le logiciel d'évaluation.....	164
11.6	Résumé.....	177
CONCLUSION		179
Objectif de recherche 1		181
Objectif de recherche 2		183
Recherches futures.....		185
Exploration des nouvelles voies d'utilisation		186
Utilisation de la Logique Floue (Fuzzy Logic).....		189
Limitations de la recherche.....		191
ANNEXE I	MAPPING DESIGN FOR SIX SIGMA (DFSS) ET RATIONAL UNIFIED PROCESS (RUP).....	194
ANNEXE II	FAMILIARISATION ET ÉVALUATION DU LOGICIEL CHEZ STIQ.....	197
ANNEXE III	STRATEGIE DE CONSTRUCTION DES PROTOTYPES EXPLORATOIRES	201
ANNEXE IV	CRITÈRES DE VÉRIFICATION DU LOGICIEL	208
ANNEXE V	DOCUMENT VISION.....	210
ANNEXE VI	BESOINS ET SPÉCIFICATIONS FONCTIONNELLES DU LOGICIEL	211
ANNEXE VII	LISTE DES DOCUMENTS PRODUITS DANS LA RECHERCHE....	212
ANNEXE VIII	OPTIONS DE TRAITEMENT ENVISAGÉ DU QUESTIONNAIRE .	213
ANNEXE IX	INTERFACE UTILISATEUR DU PROTOTYPE 1	217
ANNEXE X	CARACTÉRISTIQUES ADDITIONNELLES DU PROTOTYPE 2....	219
ANNEXE XI	CARACTÉRISTIQUES DU NOUVEAU QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION	224

ANNEXE XII	FONCTIONS ET ACTIVITÉS DU NOUVEAU QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION	227
ANNEXE XIII	DIAGRAMMES DE CAS D'UTILISATION	231
ANNEXE XIV	DESCRIPTION DES CAS D'UTILISATION	237
ANNEXE XV	DIAGRAMMES DE SÉQUENCE.....	241
ANNEXE XVI	DESIGN DE LA BASE DES DONNÉES	247
ANNEXE XVII	INTERFACE DE L'UTILISATEUR.....	249
ANNEXE XVIII	FORMULAIRE DE RAPPORT DES INCIDENTS	277
ANNEXE XIX	APPLICATION DE LA LOGIQUE FLOUE AU QUESTIONNAIRE.....	278
	LISTE DE RÉFÉRENCES	282

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 3.1	Principes pour un système de mesure de performance25
Tableau 3.2	Normes ISO et pratiques industrielles liées à la mesure de la performance30
Tableau 3.3	Niveaux de maturité du CMMi35
Tableau 5.1	Questions tirées du questionnaire STIQ63
Tableau 5.2	Exemples des réponses type dans chacune des fonctions64
Tableau 5.3	Structure des caractéristiques et sous-caractéristiques de la qualité dans ISO/IEC 912666
Tableau 7.1	Caractéristiques du prototype 189
Tableau 7.2	Recommandations pour l'amélioration du prototype suivant100
Tableau 7.3	Améliorations suggérées pour le prototype 1102
Tableau 8.1	Fonctionnalités du prototype 2.....105
Tableau 8.2	Description du questionnaire de « Santé et sécurité au travail »111
Tableau 8.3	Recommandation pour le prototype 3.....115
Tableau 9.1	Liens cause-conséquence entre fonctions et sous-fonctions.....123
Tableau 9.2	Fonctionnalités du prototype 3.....123
Tableau 9.3	Améliorations suggérées par les utilisateurs132
Tableau 10.1	Indicateurs d'efficacité137
Tableau 10.2	Indicateurs de productivité138
Tableau 10.3	Indicateurs de satisfaction138
Tableau 10.4	Échéancier du développement142
Tableau 10.5	Liste des risques potentiels143
Tableau 10.6	Fonctionnalités à développer145

Tableau 10.7	Explication des caractéristiques de qualité à utiliser	147
Tableau 10.8	Plan des revues et inspections concernant le projet	149
Tableau 10.9	Test fonctionnel	158
Tableau 11.1	Questionnaire S ^{3m}	167
Tableau 11.2	Questionnaire SWEBOK	170
Tableau 11.3	Questionnaire ISO 25051	174
Tableau 11.4	Échelles de validation du cadre MMPI-2.....	188174

LISTE DES FIGURES

		Page
Figure 1.1	Carte conceptuelle de l'évaluation des entreprises	9
Figure 3.1	Démarche de révision de la littérature.....	18
Figure 3.2	Matrice de Performance Tirée de Keegan et al. (1989)	26
Figure 3.3	Cadre de résultats et déterminants Tirée de Fitzgerald <i>et al.</i> (1991).....	27
Figure 3.4	Balanced Scorecard Tirée de Kaplan et Norton (1993)	28
Figure 3.5	Modèle de Processus pour la mesure de logiciel Jacquet et Abran (1997)	31
Figure 3.6	Modèle de processus détaillé pour la mesure de logiciel Jacquet et Abran, (1997)	32
Figure 3.7	Modèle d'information de la norme ISO 15939 Tirée de Sellami (2005)	33
Figure 3.8	Modèle d'un processus de mesure - ISO 15939 Tirée d'ISO (2002).....	34
Figure 3.9	Phases et <i>mapping</i> du <i>Design for Six Sigma</i> pour cette recherche inspirée de Yang et El-Haik (2003)	37
Figure 3.10	Cadre de référence à utiliser dans la recherche inspiré de Nelly <i>et al.</i> (1995).....	40
Figure 4.1	Méthodologie détaillée de recherche.....	51
Figure 5.1	Modèle de Processus pour la mesure de logiciel Jacquet et Abran (1997)	61
Figure 5.2	Structure du questionnaire STIQ 2003	63
Figure 5.3	Cadre de référence pour le design du système	69
Figure 5.4	Architecture du système	72
Figure 6.1	Composantes de l'application	79
Figure 7.1	Cheminement pour la construction du prototype 1	91
Figure 7.2	Méthodes de notation créées pour le prototype 1	93

Figure 7.3	Assignation des choix de notation aux questions pour le prototype 1	93
Figure 7.4	Cheminement des acteurs dans le premier prototype	95
Figure 7.5	Cheminement du chercheur	96
Figure 7.6	Cheminement de l'évaluateur	97
Figure 7.7	Cheminement de l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique	97
Figure 8.1	Cheminement suivi pour la construction du prototype 2	105
Figure 8.2	Questionnaire d'évaluation de STIQ pour le prototype 2	107
Figure 8.3	Écran d'évaluation pour le prototype 2	108
Figure 8.4	Cheminement des acteurs dans le prototype 2	109
Figure 8.5	Cheminement de chercheur dans le prototype 2	110
Figure 8.6	Cheminement de l'évaluateur dans le prototype 2	112
Figure 8.7	Cheminement de l'étudiant-chercheur de l'équipe de génie mécanique	112
Figure 9.1	Cheminement pour le prototype 3	117
Figure 9.2	Liens de conséquence des activités	119
Figure 9.3	Ajout des descriptions aux questions	124
Figure 9.4	Règles de gestion des liens entre questions	125
Figure 9.5	Ajout des liens entre questions	126
Figure 9.6	Visionnement graphique des liens entre questions	126
Figure 9.7	Cheminement des acteurs dans le prototype 3	127
Figure 9.8	Cheminement du chercheur dans le prototype 3	128
Figure 9.9	Cheminement de l'évaluateur dans le prototype 3	129
Figure 9.10	Cheminement de l'étudiant chercheur de l'équipe de génie mécanique dans le prototype 3	130
Figure 10.1	Structure organisationnelle de l'équipe de développement	141
Figure 10.2	Grille des risques	144

Figure 10.3	Activités dans le processus de configuration	153
Figure 10.4	Procédure de demande de changement	155
Figure 11.1	Description du questionnaire S ^{3m}	165
Figure 11.2	Exemples des questions du questionnaire S ^{3m}	166
Figure 11.3	Questionnaire S ^{3m} dans le logiciel d'évaluation	167
Figure 11.4	Échelles de réponse du Questionnaire S ^{3m} dans le logiciel d'évaluation	168
Figure 11.5	Assignation des échelles de réponses du Questionnaire S ^{3m} dans le logiciel d'évaluation.....	168
Figure 11.6	Évaluation en cours avec le questionnaire S ^{3m} dans le logiciel d'évaluation.....	169
Figure 11.7	Questionnaire SWEBOK dans le logiciel d'évaluation.....	171
Figure 11.8	Échelles de réponses du Questionnaire SWEBOK dans le logiciel d'évaluation.....	171
Figure 11.9	Assignation des échelles de réponses du Questionnaire SWEBOK dans le logiciel d'évaluation.....	172
Figure 11.10	Évaluation en cours avec le questionnaire SWEBOK dans le logiciel d'évaluation.....	172
Figure 11.11	Questionnaire ISO 25051 dans le logiciel d'évaluation	175
Figure 11.12	Échelles de réponses du Questionnaire ISO 25051 dans le logiciel d'évaluation.....	176
Figure 11.13	Assignation des échelles de réponses du Questionnaire ISO 25051 dans le logiciel d'évaluation.....	176
Figure 11.14	Évaluation en cours avec le questionnaire ISO 25051 dans le logiciel d'évaluation.....	177
Figure 11.15	Représentations graphiques d'ensembles classiques et flous.....	191

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

STIQ	Sous-Traitance Industrielle Québec
ETS	École de Technologie Supérieure
SEMS	Supplier Evaluation and Monitoring Software
AHP	Analytical Hierarchical Process
DFSS	Design For Six Sigma
ISO	International Standard Organisation
CMMi	Capability Maturity Model
PSM	Practical Software Measurement
RI	Retour sur l'investissement
PMS	Performance Measurement Systems
BSC	Balanced Scorecard
ABC	Activity-based costing
TQM	Total Quality Management
SPC	Statistical Process Control
RUP	Rational Unified Process
TCP/IP	Transport Control Protocol/ Internet Protocol
XML	Extensible Markup Language
SQL	Structured Query Language
SEPE	Système d'évaluation de la performance des entreprises
SRS	Software Requirements Specification (Document de besoins et spécifications du logiciel)
ASP	Active Server Pages

DFMEA	Design failure mode-effect analysis
FMEA	Failure mode-effect analysis
CAD/CAE	Computer aided design / engineering
CTS	Critical to Satisfaction
CTQ	Critical to Quality
CTD	Critical to delivery
CTC	Critical to cost
QFD	Quality function deployment
VOC	Voice-of-customer
MMPI-2	Minnesota Multiphasic Personality Inventory – 2
AS	Assurance qualité
R&D	Recherche et développement

INTRODUCTION

Dans le contexte économique d'aujourd'hui les entreprises doivent être concurrentielles. Elles doivent aussi poursuivre une croissance à long terme en accédant à de nouveaux marchés et en conservant leurs clients actuels. Pour rester compétitives, les entreprises ont besoin de construire un partenariat efficient avec leurs fournisseurs, et cela requiert l'évaluation de la qualité et de la performance de leurs fournisseurs.

Cette évaluation est nécessaire pour améliorer le processus de prise de décision pour la sélection des nouveaux fournisseurs et conséquemment pour évaluer la performance actuelle de ceux qui font partie déjà de l'entreprise. Et cet environnement amène une augmentation dans la fréquence d'évaluation des fournisseurs.

Cette thèse montre les enjeux de design dans la construction d'une deuxième génération du logiciel SEMS utilisé par STIQ notre partenaire de recherche pour supporter leur processus d'évaluation et d'audit des fournisseurs et autres clients. L'objectif de ce projet de recherche a été d'améliorer la pertinence du contenu de l'évaluation, augmenter la fiabilité des résultats de l'évaluation en termes de l'indépendance de l'évaluateur ainsi que de minimiser les ressources (personnel et temps) requises pour faire cette évaluation.

CHAPITRE 1

L'ÉVALUATION DES ENTREPRISES : CONTEXTE

1.1 Introduction

L'évaluation des entreprises, une responsabilité des gestionnaires, requiert de mesurer la performance de leurs entreprises. Les gestionnaires doivent évaluer leurs entreprises et le bilan de fin d'année est, par exemple, un exercice au cours duquel les gestionnaires font l'évaluation de la performance de toutes les fonctions, en plus de faire l'évaluation du personnel des dites fonctions.

Pendant longtemps les évaluations ont mis le focus sur le niveau financier, comme par exemple pour déterminer le rendement par rapport aux actifs de l'entreprise. Cependant une des critiques de cette approche est qu'elle mène à trop se préoccuper des résultats à court terme (Neely, Gregory et Platts, 1995; Wilcox et Bourne, 2003). L'évaluation des entreprises a évolué au fil des ans pour remédier à l'insatisfaction vis à vis les mesures uniquement financières et administratives et obtenir une meilleure compréhension de la performance des entreprises.

Au fil des ans, des cadres d'évaluation plus complexes sont apparus, incluant ceux qui prennent en compte des points de vue technique, administratif, économique et humain (Marr et Schiuma, 2003). Ces cadres ont été utilisés pour standardiser l'évaluation afin de mieux analyser la performance des entreprises avec l'ajout de nouveaux processus de mesure et l'évolution vers l'utilisation de nouvelles règles. Un exemple de ces nouveaux cadres est celui de Kaplan et Norton (Kaplan et Norton, 1993), le (« *Balanced Scorecard* »). Cependant, le (« *Balanced Scorecard* ») (Kaplan et Norton, 1993) ainsi que quelques autres cadres d'évaluation subséquents négligent encore certaines perspectives, comme celle des concurrents, laquelle perspective est fondamentale pour bien se comparer par rapport aux concurrents.

1.2 L'évaluation des fournisseurs

En plus d'évaluer leur entreprise, les gestionnaires doivent également faire l'évaluation de leurs fournisseurs existants ainsi que procéder, à l'occasion, à l'évaluation de fournisseurs potentiels. Pour les fournisseurs déjà sous contrat, l'évaluation vise entre autres à améliorer leur performance et à renforcer les liens d'affaire entre les deux parties (Bertrand, 2006). Pour la sélection de nouveaux fournisseurs, une évaluation (par exemple sous forme d'un audit chez le fournisseur) sert à diminuer les risques dans une nouvelle relation d'affaires.

La rapidité des changements technologiques et leur adoption à des vitesses différentes dans les entreprises nécessitent des évaluations plus fréquentes des fournisseurs afin de vérifier si les fournisseurs implantent rapidement, et avec succès, ces innovations tant technologiques qu'administratives. De plus, l'intégration croissante des systèmes technologiques et économiques complique le choix entre plusieurs fournisseurs; de plus, il est souhaitable de prendre en considération les interactions entre les environnements internes et externes des entreprises ainsi que les effets d'environnements humains de plus en plus interactifs (Nadeau et Abran, 2003).

Les organisations qui doivent choisir de nouveaux fournisseurs doivent choisir le fournisseur le plus approprié pour leurs besoins: l'évaluation « a-priori » des fournisseurs est très importante.

Comme pour les autres responsabilités en entreprise, un processus d'évaluation se fait souvent dans un contexte limité par la disponibilité des ressources en temps (par exemple, l'évaluation et le choix du fournisseur doit se faire dans un court laps de temps), avec l'information disponible sur les fournisseurs et leurs procédés de fabrication et à l'intérieur des ressources monétaires disponibles pour effectuer une ou plusieurs évaluations.

Il est important de bien faire le travail d'évaluation parce qu'une évaluation a des conséquences importantes et les entreprises n'ont ni le temps ni les ressources pour la

répéter. Finalement, tant le décideur que le fournisseur des services d'évaluation désirent limiter les occurrences de biais (erreurs de niveau, erreurs d'omission, erreurs de méthodes d'évaluation de certaines variables ou paramètres).

1.3 Problématique du processus d'évaluation chez STIQ

Au Québec, quelques entreprises ont mis en marché un service d'évaluation des fournisseurs, comme par exemple le partenaire industriel de cette recherche: 'Sous-Traitance Industrielle Québec - STIQ'. Au début des années 2000, STIQ a mis sur pied un processus d'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques en entreprise: leurs règles d'utilisation ont été développées entre 1998 et 2000.

Dès le début STIQ a voulu établir un processus d'audit normalisé à travers un processus d'évaluation de la performance aux entreprises; STIQ avait également identifié qu'un processus d'évaluation était utile pour une organisation désirant implémenter un système d'amélioration de la qualité.

C'est donc dans le cadre d'activités d'un programme d'améliorations continues que STIQ a développé et offert sur le marché un service d'évaluation des entreprises dont un des objectifs principaux est de fournir un diagnostic en termes de processus de qualité, d'ingénierie, de fabrication, de l'administration, d'achats, etc.

Dans ce cheminement STIQ avait identifié la nécessité de l'utilisation d'un outil logiciel pour supporter cette démarche. C'est ainsi que la première version du logiciel *Supplier Evaluation and Monitoring Software (SEMS)* a été développée en 1998, pour postérieurement en développer une deuxième version en collaboration avec CMC Électronique Inc. et Pratt & Whitney Canada.

Il est important de mentionner qu'au moment du développement du logiciel SEMS il y avait déjà de disponible dans le marché plusieurs cadres d'évaluation développés par d'autres

organisations, tel que le Qualimètre du Mouvement de la qualité au Québec, le *Malcom Baldrige National Quality Award* aux États-Unis ainsi que le questionnaire PDG développé par l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Cette offre de service d'évaluation de STIQ est née à la suite de demandes d'un donneur d'ordre (i.e., Bombardier qui voulait faire affaires avec un nouveau fournisseur), d'une association, d'un ministère et d'une entreprise qui avait besoin d'être évaluée.

La situation dans l'industrie aujourd'hui requiert que l'entreprise développe et maintienne un haut niveau de cohérence entre sa stratégie, ses programmes d'actions et sa performance. Pour cela il faut identifier les meilleures pratiques pour permettre aux entreprises d'atteindre un niveau supérieur de performance.

Plusieurs auteurs discutent des cadres de référence pour sélectionner, classifier et implémenter les meilleures pratiques appropriées pour chaque industrie. Dans le cas de STIQ, cette entreprise a développé son propre système d'évaluation en utilisant les meilleures pratiques du secteur manufacturier connues lors de la mise en marché de son offre de service d'évaluation dans les années 1998-2000.

Depuis 2001, STIQ utilise donc un processus d'évaluation qui inclut une longue série d'étapes à franchir pour aboutir à un résultat d'évaluation. Ce processus:

- permet une révision et une évaluation de l'ensemble des fonctions dites essentielles de l'entreprise.
- incorpore une liste de règles énonçant les principes à respecter lors de l'évaluation des fournisseurs.

Ces règles ont été développées entre 1998 et 2000 par des experts en approvisionnement et représentent les bonnes pratiques d'alors des entreprises manufacturières du secteur aéronautique principalement (STIQ, 2003); ces règles ont ensuite été actualisées en 2001. Le

processus d'évaluation de STIQ est supporté par le logiciel SEMS qui contient l'information (i.e. les règles) sur les bonnes pratiques des fonctions organisationnelles à évaluer.

Toutefois, la tâche des évaluateurs de STIQ lors d'une évaluation requière beaucoup d'efforts pour la collecte des informations en entrée au processus d'évaluation: à travers de techniques comme l'observation, le questionnaire, les entretiens et les vérifications, cette tâche s'avère longue et relativement coûteuse. Également, avec le logiciel initial SEMS, il est difficile pour STIQ d'ajouter rapidement de nouvelles règles d'évaluation pour tenir compte de nouveaux critères et des nouveaux contextes industriels et commerciaux.

En résumé, le processus d'évaluation de STIQ présentait au début de ce projet de recherche en 2003 les forces et faiblesses suivantes:

Forces:

- Une évaluation de toutes les fonctions essentielles de l'entreprise (selon les sources d'information utilisées lors de la création du logiciel SEMS). Ce logiciel SEMS a été développé dans sa première version en 1998; la deuxième version que cette recherche a évaluée a été développée avec la collaboration de Pratt & Whitney entre 2000 et 2001.
- Des mesures de ces meilleures pratiques des entreprises manufacturières en date du début des années 2000.

Faiblesses:

- L'évaluation est basée sur une liste de contrôle « *Check List* » dont le contenu en termes des meilleures pratiques date de plusieurs années.
- Le logiciel effectue uniquement un traitement hiérarchique (du type « *Analytical Hierarchical Process* » - AHP) des questions.
- Les réponses sont basées sur les jugements des spécialistes (des évaluateurs). Le processus d'évaluation peut être considéré comme subjectif parce qu'il dépend des jugements des évaluateurs: la notation est donc partiellement subjective parce que selon ce que l'évaluateur voit et comprend au moment de l'évaluation, il décide quelle notation

à assigner à la réponse reçue. Cela entraîne un manque de clarté et de transparence dans l'évaluation.

- Cette notation subjective fait que la reproductibilité des résultats d'une évaluation par un évaluateur (spécialiste STIQ) à l'autre peut être discutable (i.e. le résultat de l'évaluation pourrait varier d'un évaluateur à l'autre – par exemple si un autre évaluateur fait une autre évaluation chez la même entreprise).

Dans le processus utilisé par STIQ au début de ce projet de recherche, la méthode d'évaluation était relativement subjective parce que basée principalement sur l'expérience et l'opinion personnelle des évaluateurs: il était donc difficile de refléter de façon entièrement objective et précise la performance de l'entreprise évaluée.

Le processus d'évaluation à ce moment-là, présentait aussi les problèmes suivants:

- Réponses non standardisés aux questions,
- Besoin d'inclure des nouvelles règles d'évaluation (i.e., des nouvelles meilleures pratiques à suivre),
- Établir des liens entre les différentes questions pour obtenir un meilleur portrait d'évaluation de l'entreprise en général (et ne pas se limiter à un traitement hiérarchique des questions),
- Finalement, besoin d'utiliser des technologies de pointe pour étendre l'utilisation du logiciel dans d'autres contextes.

En résumé, les améliorations importantes qui avaient besoin d'être mises à jour et améliorées dans le processus d'évaluation utilisé étaient:

- A- le contenu ou ensemble des mesures de performance,
- B- le traitement de ces mesures,
- C- la technologie pour supporter ce nouveau traitement dans l'évaluation.

Pour toutes ces raisons, STIQ a décidé au début de cette recherche en 2003 d'améliorer son propre processus d'évaluation pour y incorporer les plus récentes bonnes pratiques et pour s'assurer d'une rigueur et d'une transparence dans le processus lui-même d'évaluation.

1.4 Contexte de la problématique à explorer dans cette recherche

L'évaluation des entreprises est un domaine complexe qui exige une acquisition des connaissances approfondies des pratiques à évaluer ainsi que le développement des processus et outils nécessaires pour accomplir cette tâche.

Dans cette recherche en particulier, l'intérêt porte tant sur l'utilisation des cadres et mesures dans différentes organisations pour aboutir à des résultats concrets sur la façon d'utiliser les informations produites des évaluations, que sur les méthodologies, outils et les mesures de performance utilisées. Cela va permettre d'explorer et de comprendre la philosophie derrière ces efforts d'évaluation de la performance et pour pouvoir structurer un modèle d'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques pour des entreprises manufacturières.

La carte conceptuelle des étapes pour accomplir au développement d'un nouveau modèle d'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques est représentée à la figure 1.1.

Les changements au niveau de la globalisation, de la technologie, de la concurrence et le besoin de mesurer la performance des entreprises ainsi que le besoin de suivre des meilleures pratiques pour se démarquer des concurrents, ont provoqué de grandes transformations dans la relation entreprise-fournisseur, ce qui a généré un besoin de faire des évaluations plus fréquentes chez les fournisseurs.

Tout cela a généré un apprentissage et un défi pour améliorer et optimiser l'évaluation des fournisseurs, avec l'objectif d'améliorer la performance et les compétences des partenaires d'affaires. En conséquence, cela a emmené à développer et à utiliser de nouveaux processus d'évaluation avec de nouvelles mesures.

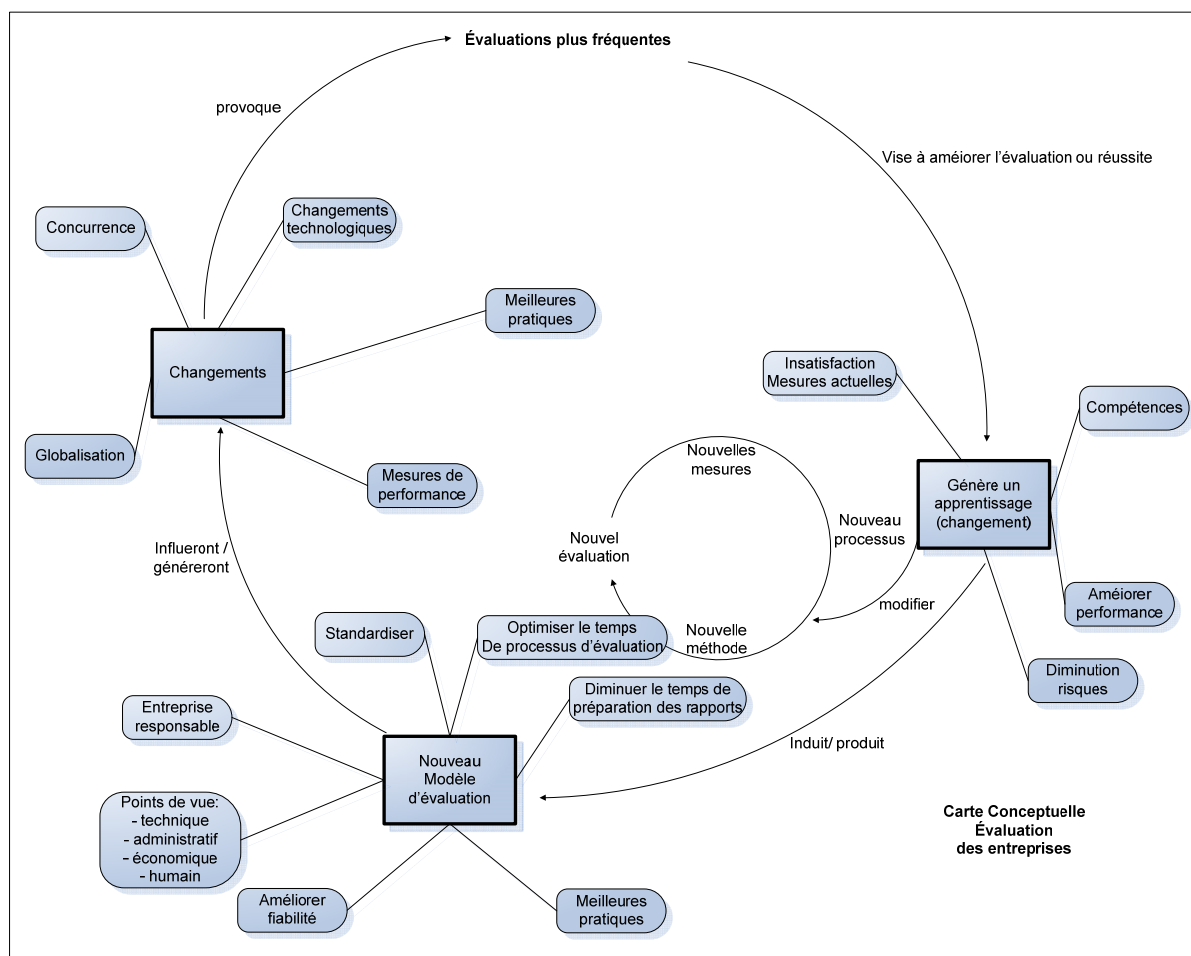


Figure 1.1 Carte conceptuelle de l'évaluation des entreprises.

1.5 Organisation de la thèse

Cette thèse est organisée comme suit. Le chapitre deux (2) introduit la problématique et les objectifs de cette recherche. Le chapitre trois (3) présente une revue détaillée de la littérature sur la mesure de la performance dans les domaines des affaires et du logiciel. Le chapitre quatre (4) présente la méthodologie de recherche. Pour sa part le chapitre cinq (5) présente le design de l'architecture du logiciel pour supporter le processus d'évaluation, ainsi que les étapes suivies pour développer l'outil logiciel. Le chapitre six (6) présente les enjeux rencontrés dans le développement de l'outil logiciel. Ensuite, les chapitres sept (7) à neuf (9)

décrivent en détails le parcours suivi pour le développement des trois prototypes fonctionnels exploratoires.

Le chapitre dix (10) présente ensuite le choix du partenaire industriel pour développer un logiciel plus robuste à utiliser lors de l'évaluation à partir des apprentissages obtenus des prototypes exploratoires. Le chapitre onze (11) introduit des exemples additionnels d'utilisation du modèle et logiciel d'évaluation dans d'autres domaines.

Finalement, le chapitre douze (12) présente le sommaire des résultats, les limitations de cette recherche, quelques exemples d'utilisation de cette recherche ainsi que des pistes additionnelles de recherche.

CHAPITRE 2

MOTIVATION, PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

2.1 Motivation

Les entreprises clientes, de plus en plus exigeantes, attendent de leurs fournisseurs une réponse d'affaires qui soit meilleure et plus rapide ainsi qu'une vision tant sur l'environnement interne qu'externe de leurs fournisseurs. De plus, étant donné la rapidité des changements technologiques chez les fournisseurs et dans le marché, des évaluations plus fréquentes des fournisseurs s'imposent.

Comment évaluer un fournisseur? La meilleure façon est de vérifier si, dans ses procédés de fabrication ou d'opération, celui-ci suit les pratiques des grandes entreprises qui sont une référence dans le milieu, ce qui s'appelle l'« évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques ».

Le but de cette recherche est de concevoir pour STIQ un nouveau modèle d'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques, accompagnée d'un nouveau logiciel de soutien d'aide à la décision, pour obtenir une évaluation plus fiable et plus adéquate des entreprises.

Ce nouveau modèle et ce nouveau logiciel doivent permettre à STIQ d'évaluer des performances passées et stimuler des actions futures, tout en prenant en compte les environnements internes et externes, ainsi que de nouvelles pratiques pour refléter les priorités récentes dans l'industrie.

Le nouveau modèle et le nouveau logiciel devront être flexibles pour conserver la pertinence des mesures dans un contexte dynamique dans lequel de nouvelles mesures peuvent être ajoutées progressivement.

2.2 Problématique

Afin de fournir aux grandes entreprises (donneurs d'ordres) un modèle d'évaluation innovateur pour agir le plus rationnellement possible dans une situation de choix entre plusieurs fournisseurs, ce projet de recherche & de développement doit d'abord identifier et analyser les forces et les faiblesses du processus d'évaluation en vigueur chez STIQ lors du démarrage de ce projet de recherche et développement en 2003. Puis à partir de la revue de la littérature, ce projet de recherche développera un nouveau modèle et un nouvel outil d'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques. Idéalement, le nouveau modèle et le nouvel outil devront être indépendants du secteur industriel où œuvrent les donneurs d'ordres.

Pour ce projet de recherche, STIQ souhaitait également ajouter des contrôles sur les entrées du processus d'évaluation pour améliorer «la coordination, la synchronisation et l'organisation» (Bertrand, 2006) et permettre d'éviter le phénomène des réponses biaisées pendant ce processus. De plus, STIQ souhaitait maximiser l'utilisation de la technologie de l'information pour réduire le temps de l'évaluation, tout en améliorant la qualité de ce processus.

2.3 Objectifs de la recherche

Le projet global de STIQ a été un projet de développement et d'intégration de nouvelles technologies d'évaluation de la performance dans les domaines du génie mécanique et industriel, des sciences de la décision et du génie logiciel.

Ce projet a visé à développer une deuxième génération du logiciel SEMS de STIQ pour supporter et améliorer leur processus d'évaluation et d'audit des fournisseurs et autres clients.

Les deux principaux objectifs de ce projet de recherche sont:

- La modélisation de l'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques en entreprise (principalement dans l'industrie manufacturière),
- La conception et la construction d'un logiciel d'aide à la décision pour appuyer cette modélisation.

Avec ces objectifs, ce projet vise à ajouter un meilleur contrôle des intrants du processus d'audit, à maximiser l'utilisation des technologies de l'information et à diminuer le temps requis pour effectuer un audit tout en augmentant la qualité de l'audit.

Ces objectifs visent à développer un modèle innovateur d'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques dans les entreprises.

Les objectifs secondaires définis pour ce projet de recherche sont les suivants:

- Standardisation des réponses aux questions par le développement des échelles standards et à l'aide des études de cas complétés,
- Développement de prototypes fonctionnels pour démontrer les améliorations suggérées dans la stratégie des prototypes exploratoires,
- Identification de pistes de recherche pour améliorer davantage le processus d'évaluation,
- Conception d'un cadre intégré amélioré pour l'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques dans l'industrie en général.

L'atteinte de ces objectifs doit permettre à STIQ d'ajouter de la valeur à son offre de service et à ses partenaires et clients par l'utilisation des nouvelles connaissances des sciences de la décision et des concepts et modèles pertinents qui seront développés par le partenaire universitaire de ce projet.

Pour le volet Génie logiciel de ce projet, le défi est dans la conception et le développement d'une solution technologique qui doivent permettre à STIQ de se libérer en particulier des contraintes d'un traitement hiérarchique des questions dans les processus d'évaluation et

d'audit tout en améliorant la transparence et la reproductibilité des processus actuels d'évaluation.

CHAPITRE 3

REVUE DE LITTÉRATURE

3.1 Introduction

Ce chapitre présente la revue de littérature sur l'évaluation de la performance des entreprises ainsi que sur des modèles d'évaluation et de mesure spécifiques au logiciel, incluant l'approche utilisée dans les cadres d'évaluation, leurs avantages, inconvénients ainsi que les développements récents.

Quel est le propos de la mesure de la performance?

D'abord il s'agit d'établir des lignes directrices de performance, c'est à dire identifier les standards ou meilleures pratiques. En deuxième lieu, les entreprises cherchent à s'évaluer elles mêmes par rapport à ces meilleures pratiques. Troisièmement les entreprises sont intéressées à s'améliorer et aimeraient accroître leur performance future. Atteindre des niveaux supérieurs de performance demandera bien entendu des actions d'amélioration aux processus et des programmes d'actions devront être mis en place pour obtenir ces améliorations à la performance.

Il est important d'observer l'incidence des meilleures pratiques dans le secteur manufacturier: en plus d'identifier les meilleures pratiques dans un secteur industriel et d'établir un étalonnage concurrentiel (« *benchmarking* ») avec différentes entreprises de la même industrie, l'objectif d'une évaluation vise à identifier, gérer et s'appropriier ces meilleures pratiques à l'intérieur de l'entreprise qui se fait évaluée.

Pourquoi mesurer ?

Les mesures permettent de comparer et d'encourager l'utilisation des meilleures pratiques: mesurer fournit aux entreprises un support pour l'établissement et le respect des politiques et standards qui sont nécessaires pour les systèmes de gestion de la performance.

L'utilisation des meilleures pratiques et leur évaluation à partir des mesures dérivées dans les systèmes d'évaluation de la performance a été encouragée principalement pour l'intérêt de faire l'étalonnage concurrentiel (« *benchmarking* ») par rapport aux entreprises de la même industrie.

STIQ encourage et propose l'étalonnage concurrentiel comme une valeur ajoutée à son service d'évaluation. Elle propose une comparaison avec les résultats des évaluations dans d'autres entreprises de la même industrie, et elle a ajouté en plus un prix pour l'entreprise qui a obtenu le meilleur rendement dans l'évaluation.

Récemment l'intérêt des entreprises s'est porté vers l'identification et le transfert des meilleures pratiques d'autres industries; par exemple, une pratique de marketing qui donne de succès à l'industrie automobile pourrait bien s'insérer dans une entreprise manufacturière. Donc, la recherche est allée au delà de la tendance d'utiliser uniquement des meilleures pratiques reliées à la même industrie.

Dans les entreprises manufacturières beaucoup de modèles sont apparus, incluant ceux de l'industrie japonaise (La pensée *Lean*) et de l'industrie nord-américaine (Six Sigma, Qualité Totale, entre autres). Cependant il y a encore certains doutes sur la relation de cause-effet de l'impact de ces pratiques : même si la littérature mentionne un impact sur la performance, il y a peu de recherche qui donne un poids à cette relation.

Cette recherche va utiliser des mesures pour évaluer l'utilisation des meilleures pratiques à l'intérieur de l'entreprise. En plus, il est possible d'identifier les fonctions de l'entreprise qui ont besoin d'être améliorées.

Cependant, comme peu d'études expliquent le lien entre l'utilisation des meilleures pratiques et la performance dans l'industrie manufacturière, dans le cas de cette recherche le résultat de l'évaluation devra se voir comme une valeur qui indique l'importance de l'utilisation des meilleures pratiques à l'intérieur de l'entreprise et non pas comme un résultat de performance liée à l'utilisation des meilleures pratiques.

Ce chapitre sur la revue de littérature de la mesure de la performance présente:

- les principaux cadres d'évaluation dans le domaine de l'évaluation des entreprises;
- deuxièmement une révision synthétisée des travaux théoriques et expérimentaux pertinents que les entreprises et la communauté de recherche ont utilisés et utilisent encore pour évaluer la performance des entreprises;
- la démarche *Six Sigma* en incluant les concepts du *Design For Six Sigma* (DFSS) avec son approche à cinq étapes pour donner un cadre plus global à cette recherche et pour améliorer la qualité de cette recherche.

La première partie de la revue de littérature présente une révision des cadres d'évaluation utilisés dans le volet affaires, plus particulièrement les enjeux et les développements au cours des dernières années. En deuxième lieu, le volet logiciel est exploré, avec l'identification des cadres génériques et spécifiques des normes ISO et des meilleures pratiques dans l'industrie.

La figure 3.1 schématise le parcours suivi dans cette revue de la littérature. Cette revue de littérature sur la performance des entreprises inclut les cadres d'évaluation au niveau d'affaires, les mesures de performance à utiliser, l'influence des meilleures pratiques dans l'évaluation ainsi que des modèles génériques de référentiels au niveau logiciel et des modèles spécifiques comme CMMi et PSM.

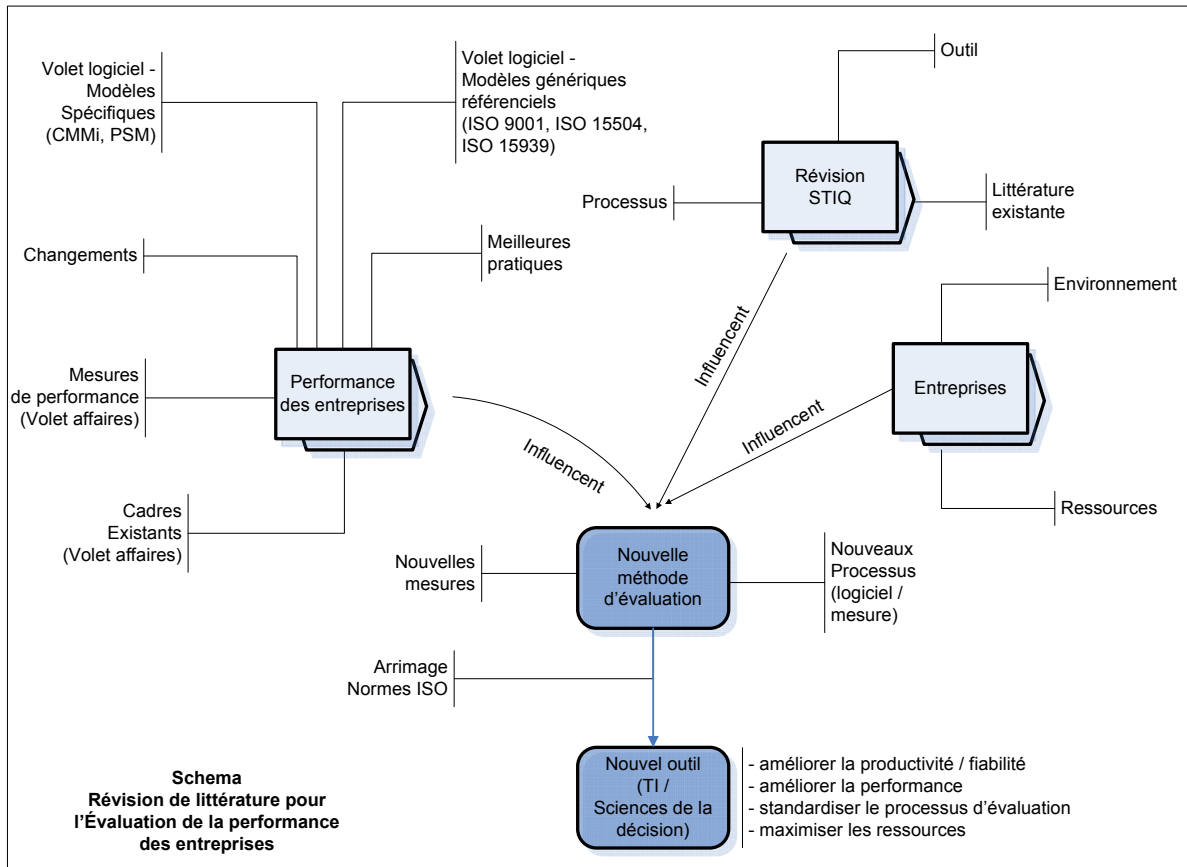


Figure 3.1 Démarche de révision de la littérature.

3.2 Le contexte STIQ

Parallèlement à la revue de littérature, une révision chez STIQ a été effectuée de leurs processus ainsi que de leur documentation et de leur outil supportant l'évaluation disponible au début de la recherche. Toutes ces étapes de la revue de la littérature vont, dans les phases subséquentes de cette recherche, influencer le design et l'implantation chez STIQ d'une nouvelle génération de leur méthode d'évaluation.

Il sera décrit ensuite les démarches faites pour Sous-Traitance Industrielle Québec pour développer le processus d'évaluation, ainsi que l'outil utilisé dans le cadre des évaluations aux entreprises au moment où cette recherche a été faite.

3.3 Volet ‘affaires’ de l’évaluation de performance des entreprises

Pour ce volet ‘affaires’ après une introduction deux (2) thèmes ont été abordés, celui des systèmes d’évaluation de la performance et les mesures de performance.

3.3.1 Introduction

Les entreprises sont soumises continuellement à des changements majeurs; de plus, aucune entreprise ne reste inchangée et chacune doit évoluer continuellement au fur et à mesure que les environnements internes et externes changent.

Une préoccupation des entreprises, aussi bien avant qu’après avoir mis en place n’importe quelle initiative d’amélioration, est d’avoir un modèle pour faire l’évaluation de leur performance. Plusieurs auteurs soulignent d’ailleurs l’importance croissante des systèmes de mesure de performance pour les entreprises (Chan et al., 2003; Ghalayini, Noble et Crowe, 1997; Kaplan et Norton, 1993; Kennerley et Neely, 2002; 2003; Marr et Schiuma, 2003; McAdam et Bailie, 2002; Neely, 1999; Neely, Gregory et Platts, 1995; Rangone, 1996; Santos, Belton et Howick, 2002; Verweire et Van den Berghe, 2003). Les domaines de la littérature qui étudient la mesure de la performance sont multiples: la comptabilité, l’économie, le marketing, la stratégie, la gestion des opérations, etc. (Marr et Schiuma, 2003).

Par exemple, en marketing il existe plusieurs mesures pour évaluer la performance de cette fonction, entre elles, *la part de marché*, et d’autres reliées aux clients comme la *satisfaction du consommateur* et la *loyauté des consommateurs* (Marr et Schiuma, 2003). En comptabilité, la mesure du *retour sur l’investissement* – RI - est la plus connue, ainsi que *le chiffre des ventes* et *le profit*.

Dans le domaine de la stratégie, White (White, 1996) suggère que les mesures de performance basées sur la stratégie doivent prendre en compte la capacité, la possibilité ou la

priorité concurrentielle, la conformité aux spécifications (dans le cas de la qualité), la vitesse de livraison, entre autres.

Cette revue de littérature a porté une attention particulière sur la composition du modèle de l'évaluation de performance des fournisseurs, incluant les mesures à considérer, les incertitudes dans la sélection des mesures et leurs relations, les méthodes d'évaluation ainsi que les modèles les plus conseillés pour développer un modèle d'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques dans l'industrie manufacturière.

3.3.2 Systèmes d'évaluation de la performance

D'abord, il faut explorer le concept d'évaluation de performance: quel est l'objectif d'évaluer la performance d'une entreprise, et quel en est le résultat?

Pour approfondir ce concept, Neely *et al.* (Neely, Gregory et Platts, 1995) proposent une définition du « mesurage » de la performance: « le processus de quantification de l'efficacité et l'efficacité d'une action ».

Pour sa part, Abran *et al.* (Abran, Laframboise et Bourque, 1999) proposent une définition d'un système de mesure logiciel qui se rapproche d'un système d'évaluation: « Un système de mesure logiciel comprend la définition, l'implantation et l'utilisation d'un ensemble de mesures structurées, qui sont reliées à certains objectifs quantifiables ».

Récapitulatif, un modèle d'évaluation de performance est un assemblage des différentes mesures qui permettent aux entreprises de fournir des informations sur les activités qui serviront à atteindre les objectifs stratégiques fixés par l'entreprise et les attentes des parties-prenantes ou acteurs sociaux « *stakeholders* »: clients, fournisseurs, employés, actionnaires.

Plusieurs entreprises ont investi dans le développement de systèmes informatiques (i.e. Système de mesure de performance ou (« *Performance Measurement Systems – PMS* ») en anglais) pour mesurer leur performance. Ces entreprises ont compris que le mesurage de la performance joue un rôle important dans l'amélioration continue des processus de production dans les entreprises, en leur permettant de s'assurer que leurs objectifs soient atteints.

Un des plus connus des cadres de référence de mesure de performance est le (« *Balanced Scorecard* ») de Kaplan et Norton (Kaplan et Norton, 1993) qui est basé sur quatre (4) perspectives:

- financière (comment mesurer l'interaction avec les partenaires de l'entreprise),
- interne (comment est le fonctionnement à l'intérieur de l'entreprise),
- clients (comment les clients voient l'entreprise),
- innovation et apprentissage (comment l'entreprise continue à améliorer et créer de la valeur).

Cependant, ces cadres de référence et leurs mesures associées ont de la difficulté à répondre à certaines questions sur la performance, et en particulier sur ce que font les concurrents.

3.3.3 Mesures de performance

Les entreprises ont besoin d'évaluations pour mesurer leur performance:

- initialement pour contrôler et surveiller leur gestion;
- ensuite, ces mesures initiales de performance doivent être améliorées pour:
 - permettre de faire des évaluations plus précises,
 - faire les rectifications en cours de processus.

Avec des évaluations de performance, les entreprises peuvent se comparer avec d'autres entreprises, incluant à l'interne au niveau des départements, des groupes de travail ou des employés à l'intérieur de l'entreprise (dans le cadre des évaluations périodiques).

Meyer (2002) indique que le nombre de mesures à utiliser pour mesurer la performance va varier avec la taille de l'entreprise. Dans des entreprises de petite taille les mesures permettent d'analyser le passé et d'explorer le futur et les résultats des mesures de performance peuvent motiver et récompenser les employés.

Dans les grandes entreprises, ces mesures doivent de plus permettre de faire circuler l'information dans la hiérarchie organisationnelle (aller d'en bas en haut et vice-versa), tout en facilitant la comparaison à l'intérieur de l'entreprise et avec d'autres entreprises.

Plusieurs auteurs coïncident que dans le développement de mesures de performance il y a eu trois (3) époques distinctes:

1. D'abord l'introduction de mesures de contrôle basées sur le coût et la comptabilité.

Une des premières étapes dans le développement de ces systèmes d'évaluation de la performance a commencé par l'incorporation des mesures reliées au coût: elles ont été les premières mesures à se développer (Globerson, 1985; Marr et Schiuma, 2003; Neely, 1999; Santos, Belton et Howick, 2002). Une des mesures les plus connues est le retour sur l'investissement (« *Return on Investment* ») (RI) qui a été développé pour les gestionnaires des entreprises DuPont au début du siècle dernier et qui exploraient une façon de contrôler leurs entreprises. DuPont est reconnu comme le fondateur des mesures de performance financières (Globerson, 1985).

Cependant, la principale critique de ces mesures est qu'elles amènent les gestionnaires à se préoccuper plus des résultats à court terme et à ne pas regarder assez le long terme (Santos, Belton et Howick, 2002; Wisner et Fawcett, 1991). D'autres auteurs suggèrent qu'une façon de minimiser la vue à court terme que donnent ces mesures est d'établir des mesures de performance qui reflètent tant le court que le long terme.

2. Postérieurement le développement des cadres de référence à mesures multiples basées sur le résultat des processus (Neely, Gregory et Platts, 1995).

Par la suite des mesures additionnelles reliées au coût ont été développées, comme la comptabilité par activités (« *Activity-based costing* ») (ABC) (Cooper 1987, 1988, et 1989 dans (Rangone, 1996; Santos, Belton et Howick, 2002)) pour pallier aux problèmes traditionnels des mesures. Malgré tout, certains auteurs (Santos, Belton et Howick, 2002) mentionnent que cette approche n'encourage pas le changement des processus de l'entreprise et ignore le coût d'opportunité.

Ensuite, les mouvements de qualité totale, *Six Sigma* et la reconfiguration des processus (« *Reengineering* »), entre autres, ont joué un rôle important dans l'amélioration des processus dans les entreprises manufacturières. Afin de pouvoir évaluer ces initiatives d'amélioration, quelques auteurs ont exploré cette problématique de la mesure de la performance.

Leong *et al.* dans (Neely, Gregory et Platts, 1995) définissent les dimensions de la performance manufacturière en termes de qualité, vitesse de livraison, fiabilité de livraison, prix (coût), et finalement flexibilité. Pour donner quelques exemples de ces mesures, celles reliées à la qualité sont définies en termes de la conformité aux spécifications (exemple: le nombre de défauts produits).

Neely *et al.* (Neely, Gregory et Platts, 1995) mentionnent que l'introduction de la qualité totale - *TQM* (« *Total Quality Management* ») a causé une révolution dans ces mesures parce que certaines de ces mesures prennent en compte la satisfaction du client et non plus seulement la conformité. Deux exemples de cette tendance sont le prix (« *Malcom Baldrige National Quality Award* ») aux Etats-Unis, et (« *l'European Quality Award* ») où l'opinion du client représente une pondération de 30% du total des questionnaires pour ces prix.

D'autres processus de mesure de qualité utilisent le contrôle statistique (« *Statistical Process Control* ») - *SPC* popularisé par Deming et le concept *Six Sigma* développé par Motorola. Il est à noter que ces dernières mesures de qualité portent sur le « mesurage » du processus et non la qualité du résultat (Neely, Gregory et Platts, 1995).

Il y a aussi des mesures reliées au temps, lesquelles ont été considérées par Drucker (1990) comme une source d'avantages concurrentiels et une mesure fondamentale de la performance manufacturière.

Il y a en plus d'autres mesures également importantes qui évaluent comment l'entreprise est capable de changer rapidement aux nouveaux contextes de production (Slack, 1987), ce qui est une donnée importante dans les entreprises manufacturières ces dernières années.

Pour déterminer quelles mesures de performance il faut adopter dans un processus de développement d'un système d'évaluation de performance, Neely *et al.* (Neely, Bourne et Kennerley, 2000) offrent certaines caractéristiques à considérer, lesquelles sont décrites dans le tableau 3.1.

Ces caractéristiques sont le résultat de contributions de plusieurs auteurs dont: Wisner et Fawcet (1991), Globerson (1985), Maskell (1989) ainsi que Kaplan et Norton (1993). Ceci a permis à Neely *et al.* de différencier les mesures à utiliser à l'intérieur d'un système d'évaluation de performance selon: le processus de design ou le résultat du processus.

En conséquence, ce tableau 3.1 sépare en deux (2) catégories les principes des auteurs mentionnés, ainsi que les caractéristiques que le contenu d'un système d'évaluation de performance doit avoir pour accomplir son objectif de mesurer la performance d'une entreprise.

En plus, ce tableau 3.1 peut être utilisé par des chercheurs comme un guide pour l'élaboration d'un système d'évaluation de la performance.

Tableau 3.1

Principes pour un système de mesure de performance
Tirée de Neely, Bourne et Kennerley (2000)

Caractéristiques désirables pour le processus de design d'un système d'évaluation de performance	Caractéristiques désirables pour le résultat du processus
<p>Les mesures de performance doivent être un résultat de la stratégie de l'entreprise.</p> <p>Le propos de chaque mesure doit être explicite.</p> <p>La cueillette des données et les méthodes de calcul du niveau de performance doivent être claires.</p> <p>Tous ceux qui composent une entreprise (clients, employés et gestionnaires) doivent être consultés au propos de la sélection des mesures.</p> <p>Les mesures de performance doivent prendre compte de toute l'entreprise.</p> <p>Le processus doit être facilement modifiable, les mesures doivent changer selon les circonstances.</p>	<p>Les mesures de performance doivent faciliter l'étalonnage concurrentiel « <i>benchmarking</i> ».</p> <p>Les mesures de performance basées sur des ratios sont préférables aux nombres absolus.</p> <p>Le critère de performance doit être sous le contrôle de la fonction évaluée.</p> <p>Le critère de performance objectif est préférable au subjectif.</p> <p>Des mesures non financières doivent être adoptées.</p> <p>Les mesures de performance doivent être simples et faciles à utiliser.</p> <p>Les mesures de performance doivent fournir de la rétroaction rapide.</p> <p>Les mesures de performance doivent stimuler l'amélioration continue et non seulement contrôler.</p>

3. Finalement, l'entrée de cadres de référence plus complexes qui incorporent la stratégie et considèrent les objectifs de l'entreprise dans l'établissement des mesures (Kaplan et Norton, 1993). Parmi les divers cadres de mesure de performance apparus ces derniers 20 ans, voici les plus connus:

A. La matrice de mesure de performance

Présentée en 1989 par Keegan *et al.*, une des forces de cette matrice est le fait d'intégrer différentes classes de mesures de performance : financières, non financières, internes ou externes. Cependant, les liens entre les différentes mesures ne sont pas précisés (voir figure 3.2).

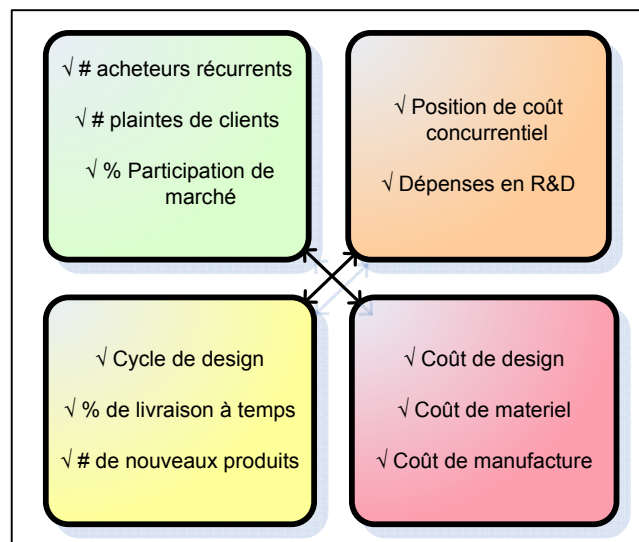


Figure 3.2 Matrice de Performance.

Tirée de Keegan et al. (1989)

B. Cadre de référence de résultats et déterminantes

Pour s'attaquer à la problématique des liens entre les mesures, le cadre des résultats et déterminantes incorpore un lien entre des variables qui sont appelées déterminantes avec les résultats, surtout la compétitivité et la performance financière de l'entreprise: développé par

Fitzgerald *et al.* en 1991 et basé sur un étude de performance dans le secteur de services, ce cadre utilise deux types de mesures: celles reliées aux résultats et les autres qui se centrent sur les déterminantes de ces résultats (voir figure 3.3).

Pour les mesures de résultats, il y a celles portant sur la compétitivité et la performance financière. Pour les mesures qui déterminent ces résultats, en plus de la qualité, flexibilité, l'utilisation des ressources, elles sont aussi obtenues de l'innovation, ce qui est une faiblesse du cadre, étant donné les résultats sont encore déterminés par le court terme (i.e. le profit et la part du marché qui a atteint l'entreprise).

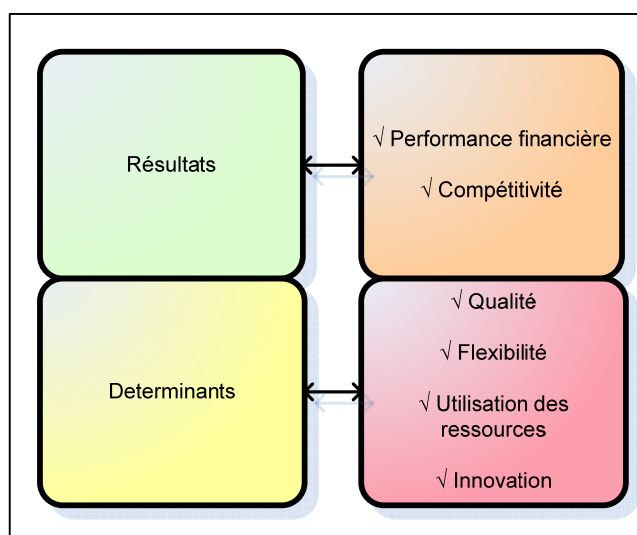


Figure 3.3 Cadre de résultats et déterminants.

Tirée de Fitzgerald *et al.* (1991)

C. Balanced Scorecard

Un des bénéfices principaux du « *Balanced Scorecard* » (BSC) (voir figure 3.4) introduit par Kaplan et Norton en 1992 initialement (et modifié en 1993) est qu'il intègre les mesures opérationnelles et de gestion dans un seul cadre de référence. Ces mesures sont présentées dans quatre (4) dimensions : financière, processus d'affaires internes, croissance et apprentissage, et client. Cependant, le BSC n'intègre pas la perspective de la concurrence dans aucune de ces dimensions.

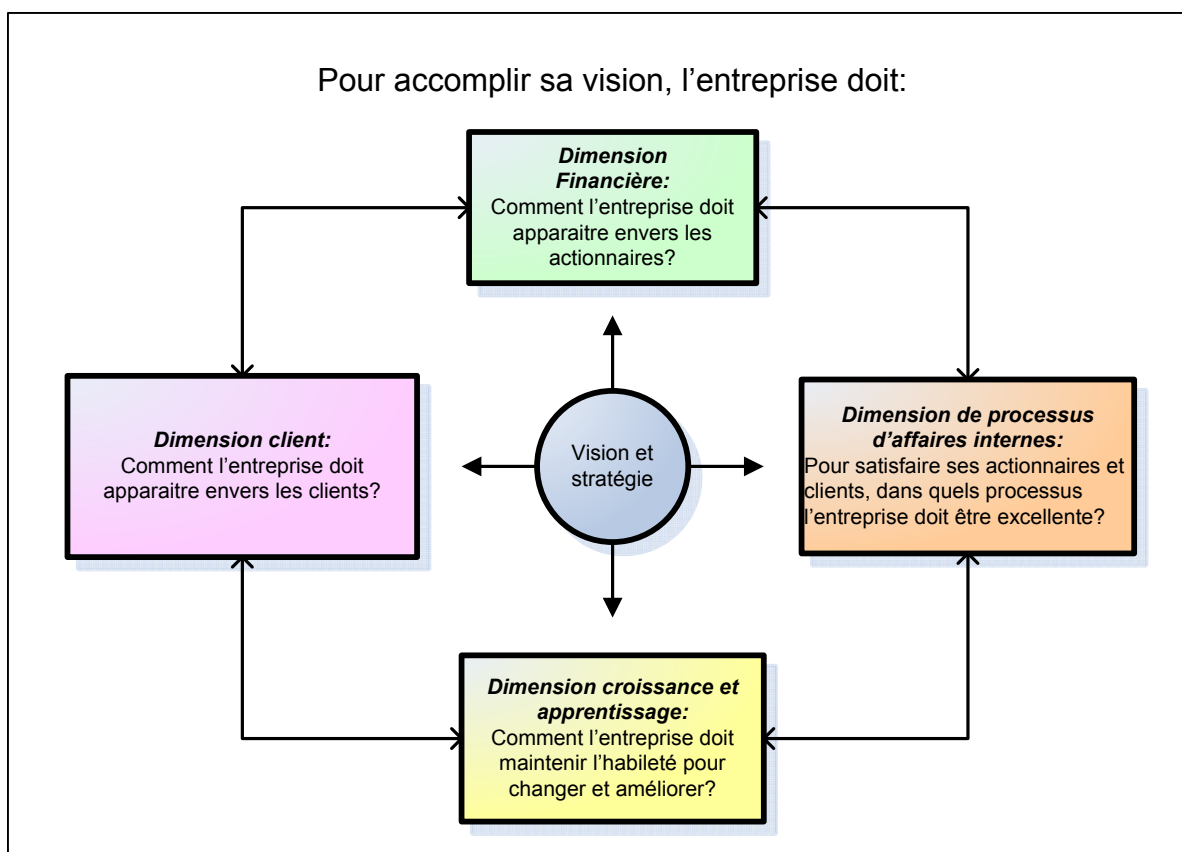


Figure 3.4 Balanced Scorecard.

Tirée de Kaplan et Norton (1993)

Bien que ces nouveaux cadres de mesure de performance aient leurs détracteurs et supporteurs, leur validité n'est pas remise en question. Le seul propos ici est de montrer que le développement des cadres de mesures de performance a été un travail continu: il y a une préoccupation de pouvoir calculer la performance d'une entreprise en se basant sur des mesures qui reflètent la situation réelle de celle-ci.

La littérature propose un nombre considérable de mesures de performance: la problématique n'est donc pas dans l'identification de mesures de performance. La question est lesquelles de ces mesures proposées devraient utiliser les entreprises? Comment les catégoriser ou les ordonner dans un cadre de référence adapté aux contextes de production des entreprises manufacturières fait partie de la problématique.

3.4 Volet ‘logiciel’ de l’évaluation de performance des entreprises

Dans ce volet, l’apport du génie logiciel dans cette recherche est exploré, pour ce faire un inventaire des modèles et normes d’évaluation en logiciel ainsi qu’une explication détaillée de chacun d’eux est présenté dans cette partie.

3.4.1 Inventaire des modèles et normes d’évaluation en logiciel

Un système de mesure de la performance bien conçu fournit à une entreprise de l’information utile pour gérer, contrôler, planifier et améliorer toutes ses activités. De plus, cette information doit être précise, disponible et fournie au moment précis, pour qu’elle soit facilement accessible aux personnes qui en ont besoin.

Il est donc nécessaire de bien concevoir le design d’un système de mesure et d’évaluation: pour cette raison cette recherche fera appel aux normes ISO, à des normes gouvernementales et aux meilleures pratiques industrielles pour être utilisées dans le développement du système.

Une autre partie importante est le processus du « mesurage » (i.e. la prise de la mesure): il doit être facile de mesurer et le résultat de mesure doit être libre de biais de la part du mesureur et de la personne qui fournit cette mesure.

Le tableau 3.2 résume, dans le domaine de génie logiciel, les principales normes ISO et pratiques industrielles pertinentes à cette recherche. Il indique aussi le propos par rapport au système de mesure à concevoir et à développer dans ce projet de recherche.

Tableau 3.2

Normes ISO et pratiques industrielles reliées à la mesure de la performance

Normes ou Pratiques	Thème	Propos
ISO 15504	Processus de développement de logiciels	Évaluer et améliorer le processus de prise des mesures, ainsi que pour établir une approche particulière pour l'évaluation.
ISO 9126	Qualité du produit logiciel	Permettre d'établir des mesures pour définir des spécifications et pour mesurer la qualité interne et externe du système à être construit. Ce qui va être utilisé pour identifier des critères d'acceptation pour le système d'évaluation de la performance une fois terminé. Un test de comparaison et évaluation a été fait en considérant certaines mesures proposées par cette norme (voir chapitre 5).
ISO 14598-5	Évaluation des produits logiciels - Processus pour les évaluateurs	Permettre d'incorporer des améliorations aux méthodes d'évaluation comme telles, ainsi qu'au rapport de l'évaluation et l'élaboration d'un nouvel outil d'évaluation, ce qui est le propos de cette recherche.
ISO 15939	Processus de mesure de logiciel (Software Measurement Process)	Permettre de standardiser un cadre de référence pour la mesure et définir une terminologie commune.
Jacquet et Abran 1997	Modèle du processus pour la mesure du logiciel	Permettre de suivre un schéma pour l'établissement des règles de notation et choix des réponses des questions associées au modèle d'évaluation.
PSM	Practical Software Measurement Framework	Similaire à la norme ISO 15939, cependant PSM ne prend pas en compte les activités d'évaluation et amélioration.
CMMi	Capability Maturity Model	Guide pour établir des niveaux de maturité au sujet de l'utilisation des meilleures pratiques
Six Sigma	Approche Design for Six Sigma (DFSS)	Six Sigma est une stratégie d'affaires qui permet de chercher à identifier et éliminer les causes d'erreur ou défauts dans les produits ou processus d'une entreprise. Une analogie avec RUP a été faite pour utiliser le cadre de DFSS avec la méthodologie <i>Rational Unified Process</i> .

Les sous-sections suivantes présentent quelques modèles comme le modèle de processus pour la mesure de logiciel de Jacquet et Abran (Jacquet et Abran, 1997), la norme ISO 15939 (ISO, 2002), le *CMMi Capability Maturity Model*, l'approche Design for Six Sigma avec ses cinq phases et sa concordance envers le *Rational Unified Process*.

3.4.2 Modèle de processus pour la mesure de logiciel (Jacquet et Abran)

La contribution du modèle de processus pour la mesure du logiciel de Jacquet et Abran (Jacquet et Abran, 1997) est l'établissement d'un cadre de référence avec les différentes étapes du processus de mesure. Ces étapes vont de la création de la méthode de mesure, en passant par l'application de la méthode ainsi que l'obtention des résultats, pour finaliser avec l'exploitation des résultats, qui est un des objectifs principaux de mettre en pratique un processus de mesure (Jacquet et Abran, 1997). La figure 3.5 montre ces quatre (4) étapes. Ces étapes sont présentées plus en détails à la figure 3.6, détail qui a servi pour définir de façon méthodique la modélisation de l'évaluation (par exemple, la définition et application des règles d'assignation numérique a bien servi pour la standardisation des réponses aux questions).

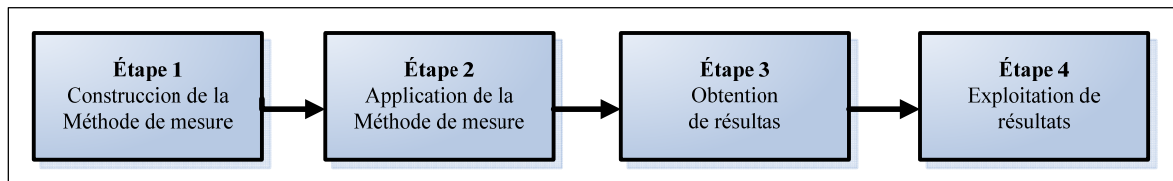


Figure 3.5 Modèle de Processus pour la mesure de logiciel.
Jacquet et Abran (1997)

Ce modèle est utile pour modéliser l'ensemble des règles, les attributs à mesurer, ainsi que la façon d'assigner numériquement les valeurs pour ces attributs, pour finalement obtenir de l'information valable pour les gestionnaires pour mesurer la performance ou le rendement de l'entreprise évaluée, ainsi que l'étalonnage concurrentiel (« *benchmarking* ») entre les entreprises de la même industrie.

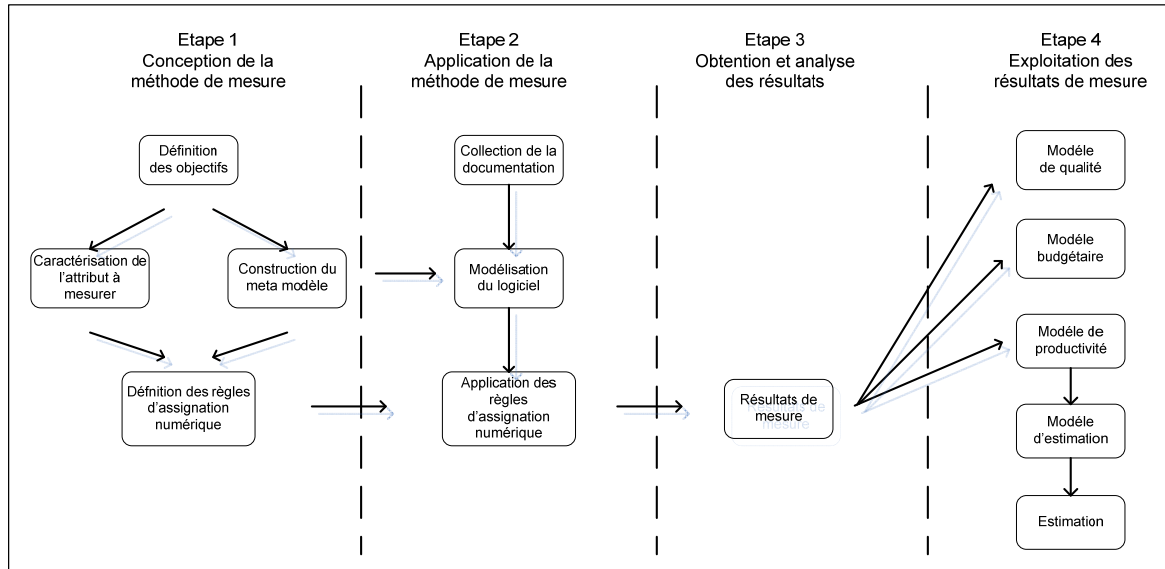


Figure 3.6 Modèle de processus détaillé pour la mesure de logiciel.
Jacquet et Abran (1997)

3.4.3 Norme ISO 15939

La norme ISO 15939 fournit un guide pour le processus générique de la mesure du logiciel; cette norme ISO peut être utilisée pour établir un cadre de référence pour le développement d'un système d'évaluation de la performance pour les entreprises. Cette norme aide à établir d'abord le modèle d'information des mesures, c'est-à-dire quels vont être les produits d'information que le processus de mesure produit, et les relations entre ces produits d'information.

La figure 3.7 montre le cheminement qu'une mesure peut suivre jusqu'à se convertir dans un produit d'information qui satisfait aux besoins d'information des gestionnaires de l'entreprise évaluée.

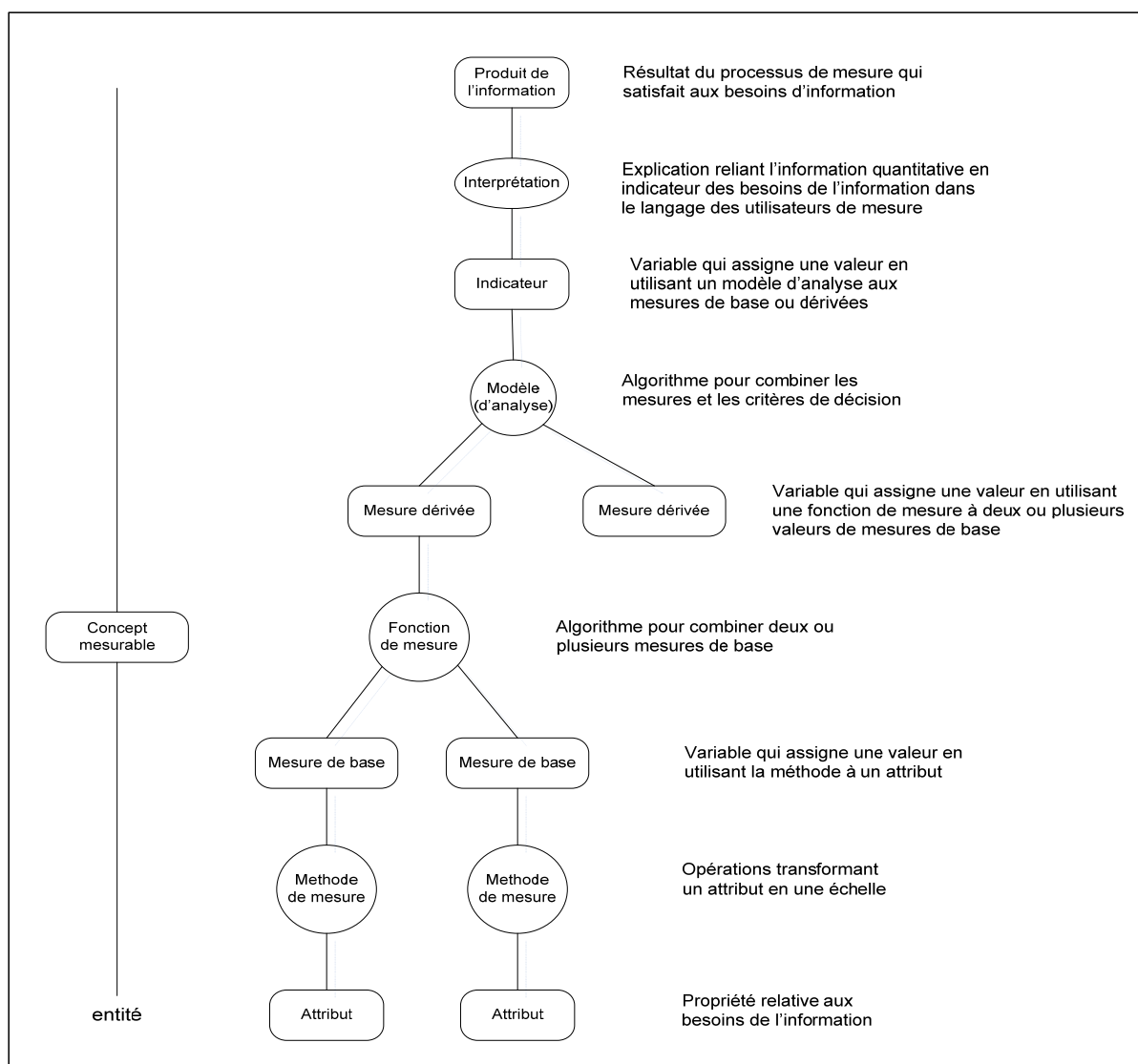


Figure 3.7 Modèle d'information de la norme ISO 15939.
Tirée de Sellami (2005)

Un autre modèle qui fait partie de cette norme est le processus lui-même de mesure, ce qui va permettre de décrire le processus à être conçu en termes de tâches, rôles et responsabilités des différents acteurs dans l'entreprise.

Il est à noter dans le cadre de référence à la figure 3.8 que les requis pour la mesure deviennent des besoins d'information des cadres de l'entreprise et qu'ils sont hors de la

frontière du processus de mesure. En conséquence, ces besoins fournis par les processus techniques d'administration sont des intrants pour notre processus de mesure, et deviennent les requis du processus de mesure. Ces besoins d'information doivent donc être traduits par des mesures spécifiques, et l'information résultante est fournie aux utilisateurs.

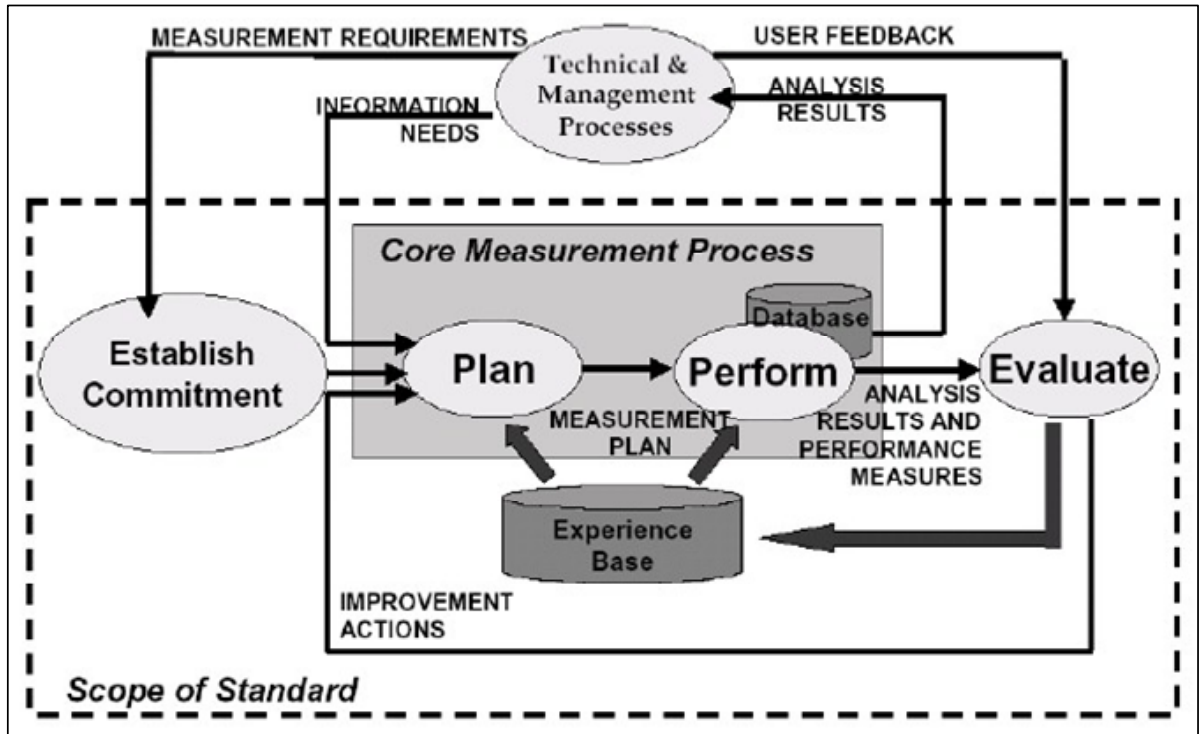


Figure 3.8 Modèle d'un processus de mesure - ISO 15939.

Tirée d'ISO (2002)

McGarry *et al.* (McGarry, 2002) dans leur livre '*Practical Software Measurement: Objective Information for Decision Makers (PSM)*' présentent une utilisation de la norme ISO 15939 pour implanter un programme de mesure dans le domaine du logiciel qui utilise aussi les besoins d'information comme point de départ. Cependant, ce livre PSM ne prend pas en compte de façon spécifique les activités d'évaluation et d'amélioration.

3.4.4 Capability Maturity Model (CMMi)

Ce modèle par contre va aider à améliorer le processus de la mesure de performance. Pour CMMi le processus d'amélioration continue est très important: conséquemment cette pratique va fournir les étapes pour améliorer l'entreprise comme telle et ses processus.

Le tableau 3.3 montre les niveaux de maturité auxquels les entreprises peuvent arriver en améliorant leurs processus. Ceci peut servir pour catégoriser les mesures utilisées et établir des niveaux de maturité dans l'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques dans l'entreprise.

Tableau 3.3

Niveaux de maturité du CMMi

Niveau	Focus	Domaines des Processus
Initial (niveau 1)	Les projets se font en dépassant le budget et le temps alloués. Il n'y a pas de façon de faire ou procédures standards.	Ce niveau est décrit comme héroïque.
Reproductible ou discipliné (niveau 2)	Les projets se font sur de procédures. Il y a de processus établis par de pratiques en gestion de projet.	Ce niveau fait appel aux disciplines suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • Gestion des spécifications, • Planification de Projet Logiciel, • Suivi de Projet Logiciel, • Gestion de sous-traitants, • Gestion de l'assurance qualité, • Gestion de la configuration logicielle.
Défini (niveau 3)	Ici l'organisation gère la discipline des projets en faisant appel aux processus d'ingénierie.	Les lignes directrices suivent les processus suivants : <ul style="list-style-type: none"> • Standardisation au niveau organisationnel des processus, • Programme d'entraînement, • Gestion intégrée et coordination entre les équipes de projet, • Ingénierie de produit logiciel en profitant aussi de l'expérience des intégrants des équipes.

Tableau 3.3 (suite)

Niveaux de maturité du CMMi

Niveau	Focus	Domaines des Processus
Géré ou maîtrisé (niveau 4)	Les projets sont basés sur des objectifs de qualité des processus et qualité du produit.	En plus des processus suivis, les suivants sont aussi ajoutés : <ul style="list-style-type: none"> • Gestion quantitative des processus, • Gestion de qualité du logiciel.
Optimisé (niveau 5)	Les projets et processus sont améliorés de manière constante et en prenant en compte des besoins des clients et innovations technologiques.	L'organisation est dans une boucle permanente d'optimisation dans les processus suivants : <ul style="list-style-type: none"> • Prévention des défauts, • Gestion de changement technologique, • Gestion de changement de processus.

Ces niveaux de maturité doivent être vus comme la mesure de l'amélioration de l'entreprise et non pas comme l'objectif de l'amélioration.

3.4.5 Démarche Design for Six Sigma (DFSS)

Six Sigma est fondamentalement une mesure de qualité. *Six Sigma* est aussi applicable au génie logiciel à travers des concepts comme la voix du client, des mesures critiques à la qualité. Les techniques *Six Sigma* peuvent assurer que les spécifications du client soient comprises, que l'impact de changements proposés puissent être mesurés et évalués et que le processus de développement soit plus fiable, ce qui est un bénéfice pour cette recherche.

L'objectif plus important pour DFSS est « *design it right the first time* », c'est-à-dire, faire un bon design dès la première fois. C'est justement ce que cette recherche veut accomplir: faire un bon design du système d'évaluation de la performance. Pour cela, le suivi des quatre (4) phases de DFSS a été fait; ces phases sont les suivantes:

- Identifier les requis des clients et établir les besoins les plus importants,
- Caractériser le design, c'est-à-dire, traduire les besoins du client en spécifications fonctionnelles de l'application,

- Optimiser le design, avec le développement et design des études de cas et protocoles de vérification,
- Valider le design, avec le test de prototypes fonctionnels du système en utilisant l'information préparée dans la phase antérieure, pour établir les améliorations à réaliser sur les prototypes.

La figure 3.9 montre les tâches spécifiques à faire au niveau logiciel pour chaque tâche du *Design for Six Sigma*.

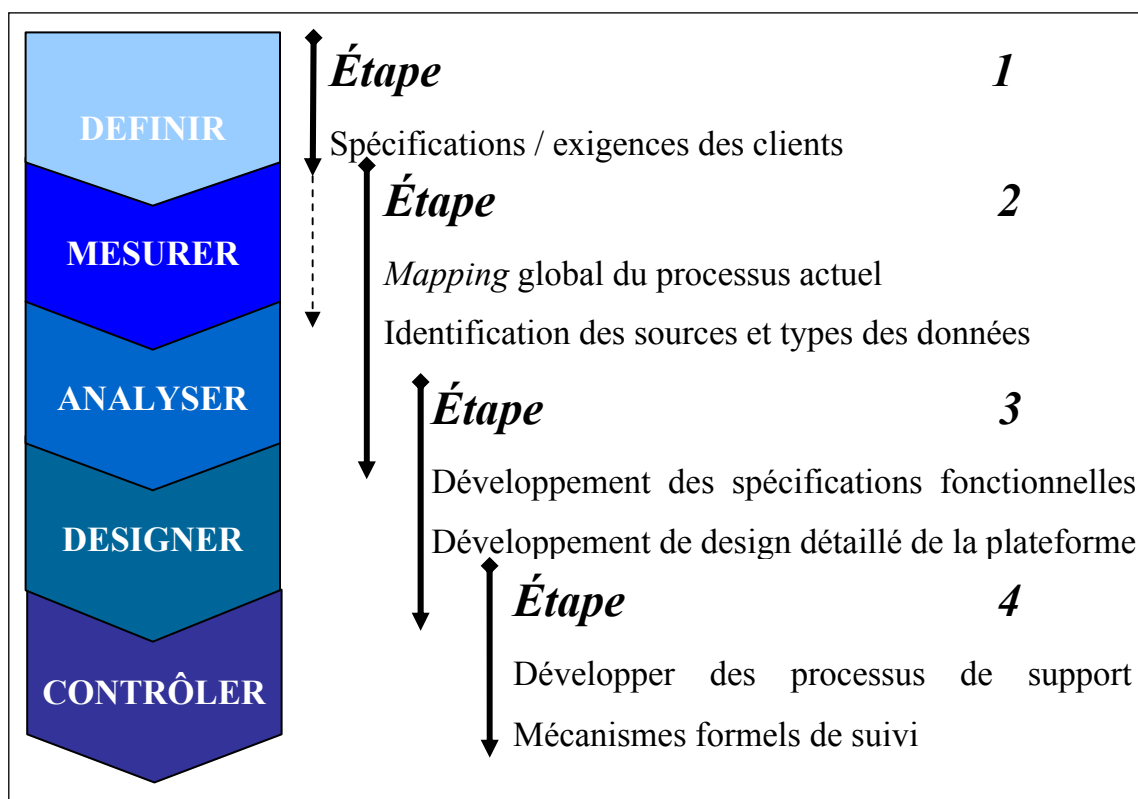


Figure 3.9 Phases et mapping du Design for Six Sigma pour cette recherche.
Inspirée de Yang et El-Haik (2003)

Étant donné que le Processus Rationnel Unifié (RUP) sera utilisé dans le développement du logiciel de soutien d'aide à la décision, au sujet de l'application du DFSS dans cette recherche il faudra relever les défis suivants:

- Effectuer la concordance entre les étapes de DFSS avec RUP.

- Revoir les parties prenantes et utilisateurs et trouver les façons de recueillir et aligner leur support pour cette recherche.
- Vérifier les ressources et la formation nécessaire pour bien comprendre les outils et techniques du DFSS.

Pour la concordance entre DFSS et RUP, cette recherche a préparée un tableau des phases, sous-étapes et outils de DFSS et une analogie avec RUP (voir annexe I, tableau 1.1).

Comme indiqué auparavant DFSS sera utilisé pour bien identifier les requis des clients, les spécifications fonctionnelles du logiciel ainsi que dans l'étape « contrôler » avec la validation du design à travers des tests et la mise en pratique des processus de support.

Phases du projet (basé sur méthodologie *Design For Six Sigma*)

1. DÉFINIR

- Spécifications / exigences des différents clients.
- Consensus sur la problématique actuelle (Document de la stratégie initiale de recherche).

2. MESURER

- Mapping global du processus actuel (processus, rapports, données disponibles, architecture TI).
- Identification du type et des sources de données.

3. ANALYSER

- Traduction de la voix du client (évaluateurs, entreprises manufacturières, administration de STIQ) en indicateurs de performance. Utilisation des meilleures pratiques dans le secteur manufacturier.
- Développement du document Vision selon l'approche du processus rationnel unifié – (IBM, 2003).

4. CONCEVOIR

- Développement des spécifications fonctionnelles du système d'évaluation de performance des entreprises manufacturières.
- Développement du design détaillé du système (incluant l'architecture TI).

5. CONTRÔLER

- Développer les processus de support pour assurer l'intégration adéquate du système et son utilisation pour l'évaluation de la performance des entreprises manufacturières.
- Mettre en place des mécanismes formels de suivi.

Six Sigma est une méthodologie utilisée par les entreprises pour améliorer la capacité de leurs processus d'affaires. Développée par Motorola dans les années 1980, cette méthodologie devient très connue après son utilisation par Jack Welch de *General Electric* (GE) qui l'a utilisé comme partie centrale de sa stratégie d'affaires en 1995.

La différence avec d'autres initiatives de qualité est que Six Sigma est applicable non seulement à la qualité de produit, mais aussi dans tous les aspects de l'opération d'une entreprise dans l'amélioration des processus clés (Yang et El-Haik, 2003).

3.5 Développement de systèmes de mesure pour l'évaluation de la performance

Pour Neely *et al.* (Neely, 1999) un système d'évaluation de la performance doit être évalué en considérant les niveaux suivants:

- Les mesures individuelles utilisées,
- Le groupe de mesures qui constituent tout le système,
- La relation entre le système de mesure de performance et son environnement.

Si l'on prend d'abord la définition de mesure de performance proposée par Neely *et al.* (Neely, Gregory et Platts, 1995), on trouve un composant interne qui évalue l'atteinte des objectifs et un composant externe qui mesure si les attentes des parties prenantes ou acteurs sociaux « *stakeholders* » sont satisfaites. Conséquemment, en faisant un cadre de référence

pour le design d'un système de mesure de performance, il faut considérer aussi les interactions avec les clients, les fournisseurs, groupes de pression, etc.

Le cadre de référence proposé pour le développement du système de mesure de performance est illustré à la figure 3.10.

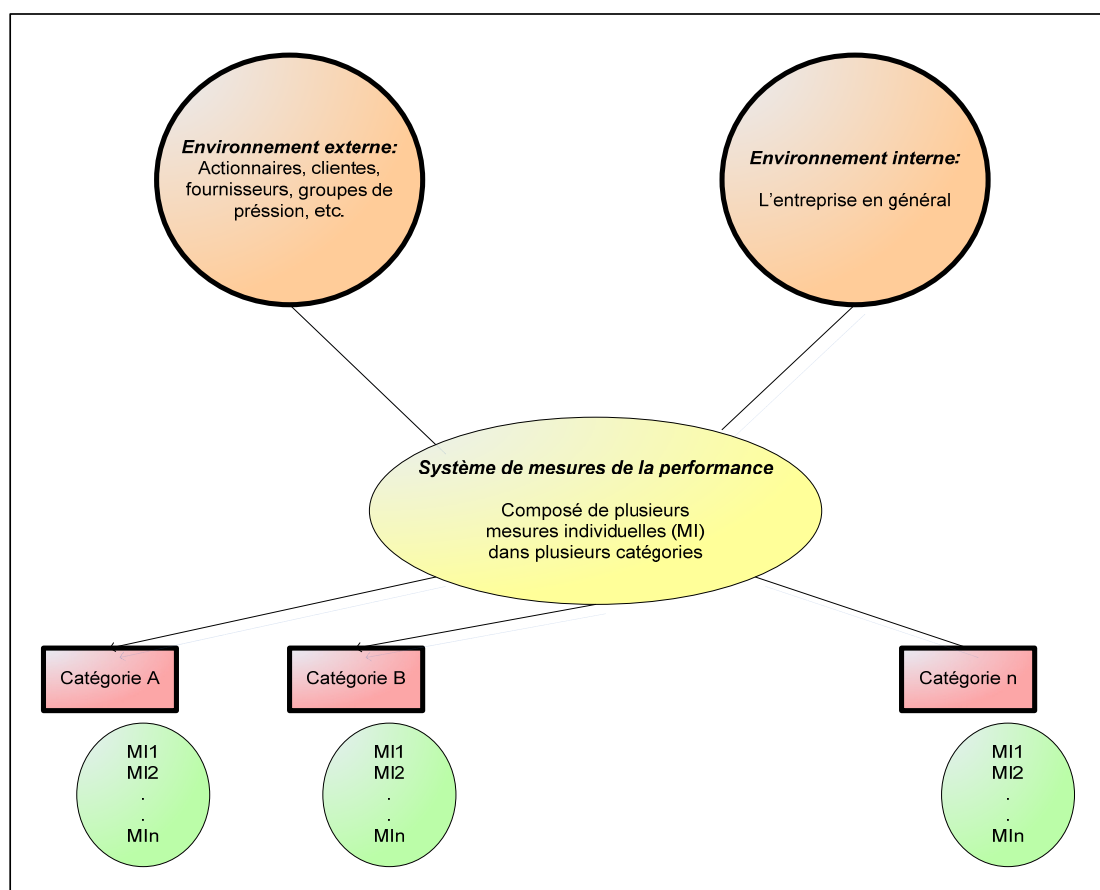


Figure 3.10 Cadre de référence à utiliser dans la recherche.
Inspiré de Nelly *et al.* (1995)

Pour les mesures il faut vérifier si toutes les mesures ont été couvertes (s'il y a des mesures internes, externes, mesures financières et non financières). Comme Ghalayini *et al.* (Ghalayini, Noble et Crowe, 1997) ont remarqué, il est fondamental de vérifier si les mesures peuvent estimer le taux d'amélioration dans les endroits où se trouvent des initiatives

d'amélioration, ainsi que de vérifier si les mesures sont reliées aux objectifs à court et long terme, et s'il n'y a pas de conflits entre elles.

Dixon *et al.* (dans (Neely, Gregory et Platts, 1995)) utilisent un questionnaire de mesure de performance (« *Performance measure questionnaire* » - PMQ) qui consiste en trois (3) étapes.

1. D'abord les données de l'entreprise et celles de répondants sont recueillies.
2. Ensuite, les répondants sont priés d'identifier les zones d'amélioration avec une grande importance à long terme pour l'entreprise, ainsi qu'indiquer si le système de mesure actuel supporte ou inhibe leurs activités.
3. Finalement, les répondants doivent indiquer la partie la plus importante pour l'entreprise et sur quelle partie le système de mesure de performance met l'emphase et encourage l'initiative mise en place.

De plus, ces mêmes auteurs Dixon *et al.* (dans (Neely, Gregory et Platts, 1995)) ont proposé une méthodologie pour vérifier si le système de mesure de performance encourage l'amélioration continue, ce qui est très important pour les entreprises qui ont mis sur place une telle initiative.

Des principes et guides ont été proposés par Globerson (Globerson, 1985) et Wisner (Wisner et Fawcett, 1991) pour bâtir un cadre de référence d'évaluation de la performance. Ces principes sont:

- Définir la mission de l'entreprise.
- Identifier les objectifs stratégiques de l'entreprise en utilisant la mission comme une guide.
- Développer une compréhension de chaque fonction en déterminant les différents objectifs stratégiques.
- Choisir les mesures d'accord aux objectifs de l'entreprise, lesquelles doivent être reliées à la stratégie de l'entreprise.
- Adopter des mesures non financières.

- Ces mesures doivent permettre de faire la comparaison avec d'autres entreprises, tout en étant conscient que ces mesures peuvent varier entre différentes localisations ou départements.
- Les mesures doivent être simples et faciles à utiliser, et les méthodes de collecte des données et de calcul de la performance doivent être clairement définies.
- Le propos d'utilisation de chaque mesure doit être clair; cependant il faut être conscient que ces mesures changent selon les circonstances.
- Chaque mesure de performance doit être sous le contrôle de l'unité organisationnelle à être évaluée, et ces mesures doivent fournir une rétroaction rapide.
- Ces mesures doivent faire consensus parmi le personnel affecté (clients, employés, gestionnaires). Les objectifs stratégiques et le but de performance doivent être communiqués aux niveaux les plus bas de l'entreprise. En plus, il faut établir des critères de performance plus spécifiques à chaque niveau.
- Finalement, les mesures doivent être conçues pour stimuler l'amélioration continue et pas seulement pour le contrôle et la surveillance; les mesures doivent aussi être conçues pour assurer la consistance avec les objectifs stratégiques et les critères de performance utilisés à chaque niveau.

Globerson (Globerson, 1985) et Wisner (Wisner et Fawcett, 1991) recommandent aussi d'utiliser les systèmes d'évaluation de performance pour identifier sa position concurrentielle, pour localiser les zones posant problème, assister dans l'actualisation des objectifs stratégiques et la prise de décisions tactiques pour accomplir ces objectifs, et de fournir de la rétroaction sur l'implémentation de ces décisions. Il faut aussi réévaluer périodiquement l'efficacité du système de mesure de performance face à l'actuel environnement concurrentiel.

Une fois que le système d'évaluation de la performance a été conçu, il doit être implémenté pour qu'il puisse interagir avec un environnement plus important. Comme mentionné plutôt, il y a deux (2) dimensions dans cet environnement: l'interne qui est l'entreprise en général et

l'externe qui est le marché dans lequel l'entreprise fait affaire, en impliquant tous les parties prenantes « *acteurs sociaux* » concernées.

Quant à la dimension interne, plusieurs auteurs ont étudié plusieurs approches au sujet des systèmes d'évaluation de la performance à l'interne: comme l'impact de la culture de l'entreprise (Vakkuri et Meklin, 2003), l'incidence de la stratégie de l'entreprise (O'Mara, Hyland et Chapman, 1998) (Kennerley et Neely, 2003), le développement du système sur une approche basée sur le processus (Neely, Bourne et Kennerley, 2000) et en intégrant une perspective des acteurs sociaux (Love et Holt, 2000). D'autres ont donné beaucoup d'importance à leur intégration avec des systèmes propres à la gestion des entreprises (Ghalayini, Noble et Crowe, 1997).

Dans la dimension externe il faut considérer tous les parties prenantes « *acteurs sociaux* » comme les clients et les concurrents: ceci constitue une faiblesse dans les cadres de référence actuels. D'autre part, l'opinion du client est par contre prise en compte dans les mouvements reliés à la qualité.

Comment arriver à améliorer cette dimension externe? À travers l'utilisation des meilleures pratiques.

3.6 Résumé

L'évaluation de la performance est encore un sujet difficile, surtout lorsqu'il faut considérer tous les changements technologiques et environnementaux auxquels une entreprise doit faire face chaque jour. Les entreprises ont compris l'importance d'avoir un système qui prend en compte plusieurs mesures pour évaluer leur performance dans toutes les fonctions à l'intérieur d'elles et s'en servir pour planifier leur futur.

Ce survol de la littérature a mis en relief que les systèmes de mesure de performance existent depuis longtemps mais qu'ils n'étaient pas totalement appropriés pour les entreprises à cause des caractéristiques de mesures utilisées et des contextes de production très changeants.

Dans le cas des mesures financières, la littérature indique qu'elles encourageaient le court terme et qu'elles ne prenaient pas en compte l'environnement externe à l'entreprise, principalement les clients, les concurrents ainsi que les nouveaux acteurs qui sont apparus (groupes de pression, syndicats, entre autres).

Wisner et Fawcet (1991), Globerson (1985) et Maskell (1989) ont proposé certaines caractéristiques pour le design d'un système d'évaluation de la performance; cependant peu d'informations sont proposées pour le déploiement d'un tel système d'évaluation.

La revue de la littérature en génie logiciel a fait ressortir l'existence des cadres spécifiques (normes ISO) et des meilleures pratiques pour soutenir la conception et le développement du logiciel associé au modèle d'évaluation de la performance des entreprises manufacturières qui sont les objectifs principaux de cette recherche.

Des recherches antérieures sur la construction des systèmes d'évaluation de la performance, principalement celles de Neely *et al.* (Neely, Bourne et Kennerley, 2000) dans le domaine affaires, et la norme ISO 15939 ont été utilisées comme une référence initiale.

CHAPITRE 4

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

4.1 Introduction

Ce chapitre présente la méthodologie de recherche conçue pour:

- effectuer la modélisation du traitement des meilleures pratiques dans l'industrie manufacturière,
- concevoir et construire le logiciel pour supporter ce modèle d'évaluation.

La méthodologie développée pour cette recherche découle des travaux préliminaires suivants:

- Révision de la stratégie initiale de recherche proposée par les équipes de recherche en génie logiciel et en génie mécanique de l'ETS, ainsi que par la problématique exposée par STIQ.
- Une revue de la littérature pour:
 - A. réviser les cadres de référence les plus importants tant en ce qui concerne les affaires (compréhension de la littérature reliée à la mesure de performance des entreprises) que le logiciel (meilleures pratiques pour construire un système de mesure et leurs caractéristiques), avec pour but le développement d'un modèle d'évaluation arrimé au nouveau contexte compétitif des entreprises.
 - B. développer un cadre de référence pour le développement du système d'évaluation à partir des forces et faiblesses des cadres de référence répertoriés dans les domaines des affaires et du logiciel, incluant:
 - l'analyse des normes ISO et des pratiques sur le développement de logiciel,
 - les cadres pratiques utilisés pour standardiser la démarche de la mesure de la performance des entreprises,
 - le processus d'évaluation conçu pour les évaluateurs.

L'approche *Design for Six Sigma* (DFSS) a fourni un cadre de référence global pour aller de l'identification des besoins du client (STIQ) jusqu'à la validation du modèle proposé avec le test des prototypes fonctionnels qui reflètent ces besoins.

Pour ce projet de recherche, deux (2) équipes de recherche de l'ETS ont été formées :

- une par le département de génie mécanique,
- l'autre par le département de génie logiciel.

La tâche principale de l'équipe de génie mécanique a été de travailler sur le contenu du système d'évaluation et son amélioration. D'autre part, l'équipe de génie logiciel a travaillé sur la modélisation du traitement du contenu et sur la construction du logiciel pour en automatiser le traitement.

4.2 Les phases de la méthodologie de recherche

La méthodologie de recherche comprend huit (8) phases:

1. Familiarisation et révision détaillée de l'outil utilisé par STIQ lors de la recherche pour aboutir à l'élaboration d'un nouveau processus d'évaluation.
2. Choix d'une plateforme technologique et début du design du nouveau processus d'évaluation.
3. Utilisation de la méthodologie '*Rational Unified Process*' – RUP pour la construction de l'outil logiciel associé au nouveau processus d'évaluation.
4. Construction du premier prototype exploratoire.
5. Construction du deuxième prototype exploratoire.

6. Construction du troisième prototype exploratoire, en plus de laisser les pistes pour faire un prototype sous l'angle « industriel ».
7. Utilisation d'autres disciplines pour améliorer le traitement des meilleures pratiques.
8. Utilisation du modèle dans d'autres situations pratiques, par exemple, dans le cadre d'un laboratoire de certification.

La phase 1 comprend:

- la révision très détaillée des fonctionnalités du modèle initial d'évaluation de STIQ,
- la familiarisation avec l'outil SEMS utilisé par STIQ à cette époque-là,
- l'observation sur le terrain de l'utilisation du logiciel au cours d'une évaluation, ce qui permettra de mieux identifier les forces et faiblesses de cet outil.

Cette étape produira comme extrant un document des fonctionnalités requises pour la nouvelle version du logiciel à développer.

Ensuite, l'intégration des leçons apprises de la revue de la littérature et de l'évaluation de l'outil va permettre l'élaboration d'un nouveau processus d'évaluation en ayant comme extrant un document de prototypes exploratoires ainsi qu'une stratégie de construction de ces prototypes.

En parallèle, l'équipe de génie mécanique pour sa part va livrer:

- une partie du contenu développé au fur à mesure que la recherche progresse,
- un aperçu des réponses,
- une façon de faire le calcul de la notation de l'évaluation à faire avec ce contenu.

L'équipe de STIQ d'autre part va fournir les règles de notation ainsi que le calcul de la notation.

Ces extraits serviront ensuite comme intrant pour construire une étude de cas pour tester chacun des prototypes de recherche.

Le résultat de cette phase 1 de la recherche comprendra:

- des échelles d'évaluation formelles qui font partie de la modélisation du traitement des meilleures pratiques,
- des études de cas pour la validation des prototypes.

La phase 2 déterminera:

- la plateforme technologique à choisir et à utiliser,
- le design de la base des données pour accueillir l'information faisant partie du modèle et celle provenant des évaluations de tests à réaliser pour la validation des fonctionnalités des prototypes exploratoires.

La phase de design (phase 3) débutera ensuite avec l'aide de la méthodologie 'Rational Unified Process' - RUP, ce qui va permettre d'adapter le processus de développement à ce type de recherche didactique, ainsi que la participation active de notre partenaire de recherche industriel, et la collaboration entre les équipes de recherche et l'équipe interne de STIQ. C'est à travers cette interactivité que la documentation sera produite en extrant à cette phase, soit les documents : « Vision » et « Spécifications fonctionnelles du logiciel ».

Les phases suivantes (4 à 6) comprendront le développement des prototypes ainsi que des tests de fonctionnement.

La phase 4 permettra de construire le premier prototype proposé dans le document des prototypes exploratoires. Une fois les tests du prototype 1 terminés, une première évaluation du modèle proposé ainsi que du prototype 1 sera effectuée par toutes les équipes qui participent à cette recherche: les problèmes rencontrés en matière de processus d'évaluation, de validité de contenu, ainsi que des fonctionnalités logicielles pourront ainsi être examinés et mis en évidence à la fin de chaque série de tests.

Les phases 5 et 6 permettront de développer les prototypes 2 et 3 respectivement. À la fin de la phase 6, le prototype 3 inclura une analyse des contraintes et des améliorations à faire au prototype sous l'angle « industriel », ainsi que des pistes de recherche permettant d'améliorer encore plus le prototype en ce qui touche le contenu, la modélisation du traitement des meilleures pratiques ainsi que le processus d'évaluation lui-même. C'est ce troisième prototype qui sera livré à STIQ, le partenaire industriel de ce projet de recherche.

La phase 7 identifiera, à partir de connaissances d'autres disciplines, des approches supplémentaires plus avancées pour améliorer le traitement des meilleures pratiques. Comme résultat, un dernier document prospectif d'architecture sera livré. Cela permettra de disposer d'un cadre intégré de mesure de la performance basé sur l'évaluation des meilleures pratiques.

La phase 8 indique l'utilisation du modèle dans d'autres situations pratiques, par exemple, dans le cadre d'un laboratoire de certification, avec des contenus de la norme ISO 25051, SWEBOK et S^{3m}.

La figure 4.1 est une représentation graphique de la méthodologie de recherche décrite dans les paragraphes précédents.

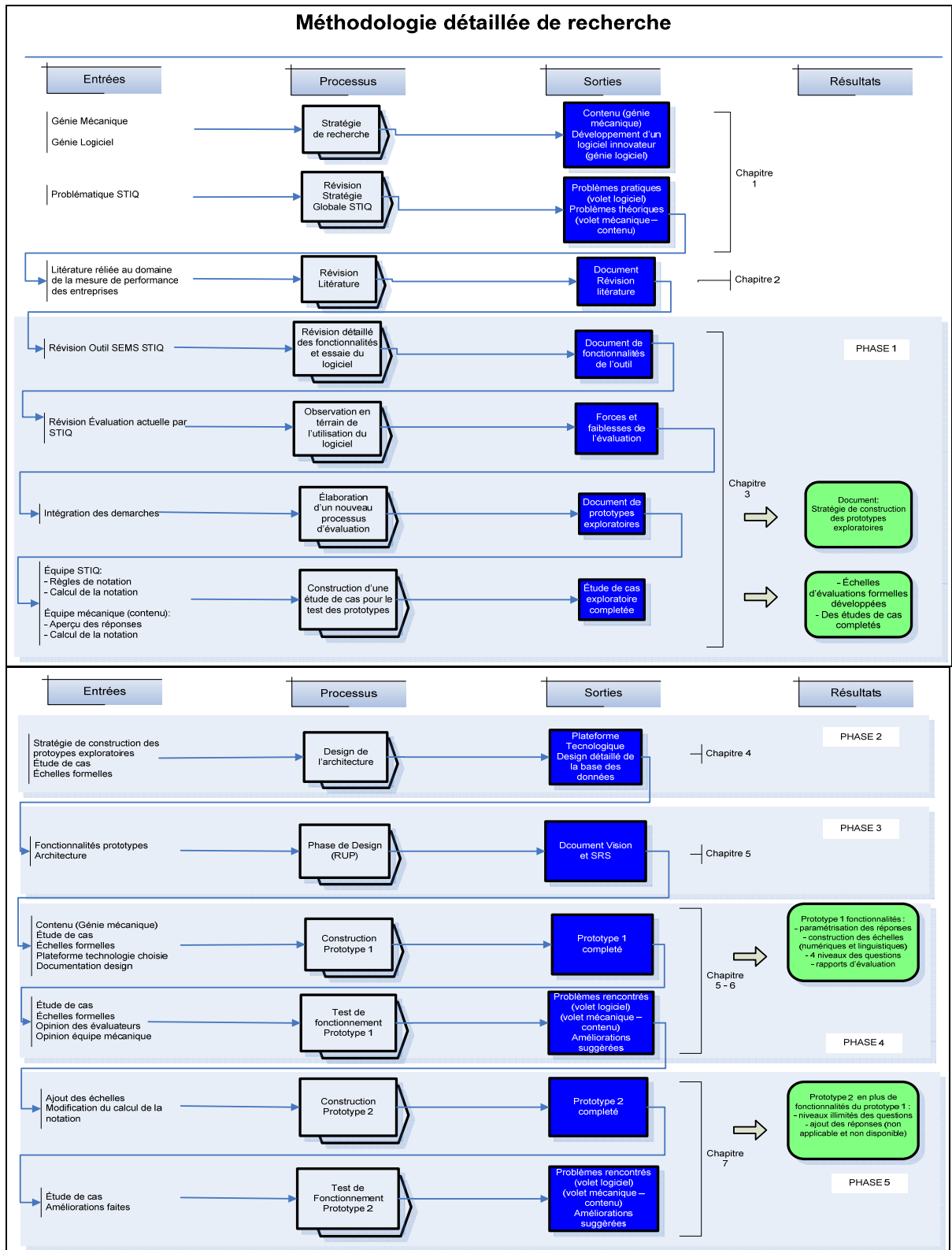


Figure 4.1 Méthodologie détaillée de recherche.

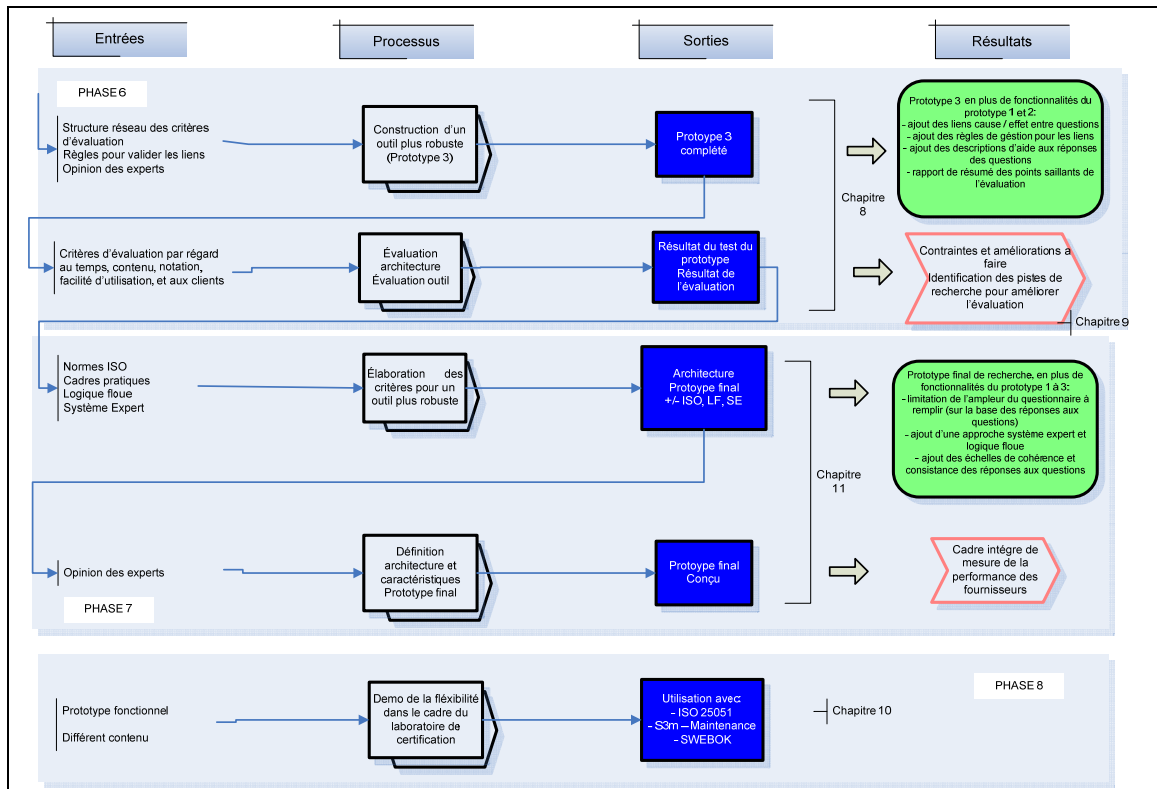


Figure 4.1 Méthodologie détaillée de recherche. (suite)

Tout ce travail est encadré par la démarche *Six Sigma* avec l'utilisation de DFSS pour améliorer la qualité des produits de cette recherche, en assurant la prise en compte des spécifications du client, et l'analyse de l'impact des changements proposés au modèle.

4.3 Méthodologie : démarche globale

Pour concevoir un cadre de mesure pour l'évaluation des meilleures pratiques, il est nécessaire d'étudier les cadres théoriques qui ont été utilisés ces dernières années; il faut ensuite observer les différentes utilisations pratiques en entreprises. En plus de réviser les cadres pratiques, l'analyse des normes Internationales ISO sera un atout dans cette recherche.

Domaine théorique

Les principales tâches dans le domaine théorique seront:

- L'identification des cadres de mesure proposés et utilisés en science de la gestion (exemple : la matrice de performance de Keegan *et al*, ou *Balanced Scorecard* de Kaplan et Norton (Kaplan et Norton, 1993)) ainsi que ceux du génie logiciel (exemple : modèle du processus de mesure de Abran et Jacquet (Jacquet et Abran, 1997)).
- La révision des normes ISO sur la mesure en logiciel, afin de faciliter leur utilisation dans la construction du cadre de mesure (incluant la norme ISO 15939).
- Le développement d'un cadre de mesure de l'utilisation des meilleures pratiques en groupant tous ces éléments.

Domaine pratique

Les principales tâches dans le domaine pratique seront :

- Vérifier les utilisations pratiques que les entreprises donnent aux cadres de mesure identifiés au cours de la démarche théorique autant dans les sciences de la gestion que dans le génie logiciel.
- Analyser la contribution des normes ISO dans la construction du cadre de mesure.
- Vérifier l'incidence de l'utilisation de l'approche MMPI-2 pour ajouter des échelles de validation des réponses de l'évaluation.
- Identifier l'application de la logique floue à l'intérieur du questionnaire avec les différents modèles proposés dans la revue de la littérature, et finalement,
- Proposer des améliorations au modèle initial de STIQ relativement au contenu et à l'identification de pistes pour améliorer le processus d'évaluation.

Intégration des approches

Cette démarche consistera à évaluer les contraintes et les améliorations que cette recherche devra proposer pour améliorer l'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques dans les entreprises manufacturières.

Les améliorations surtout du contenu (travail proposé par l'équipe de recherche de génie mécanique de l'ETS) et d'un logiciel d'évaluation pour la nouvelle modélisation de l'utilisation des meilleures pratiques, ainsi que pour le perfectionnement des fonctionnalités du logiciel présentement utilisé par STIQ, ont été notre point de départ des pistes additionnelles de recherche étudiées et qui seront présentées dans cette thèse.

4.4 Méthodologie détaillée: démarche à suivre

Pour établir un nouveau cadre de référence pour le développement d'un système d'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques, la recherche comprendra l'étude d'un volet théorique dans les domaines d'affaires et du logiciel, ainsi qu'un volet pratique qui présente une révision des travaux expérimentaux sur l'utilisation des cadres de référence de mesure selon les normes internationales ISO avec des modèles génériques comme ISO 15939 et des normes pratiques avec des modèles spécifiques comme PSM et CMMi (Chapitre 2).

Il a aussi été prévu un domaine intégrateur à partir de la démarche faite par STIQ à laquelle s'ajoutera la révision des cadres conceptuels en affaires et en génie logiciel pour réaliser un cadre intégrateur qui prendra en compte toutes les contraintes et améliorations trouvées dans la recherche, cela pour renouveler le processus d'évaluation des entreprises qu'utilise présentement STIQ (Chapitre 3).

En conséquence, après avoir recueilli les mesures à utiliser en prenant comme point de départ le logiciel et les mesures que STIQ possède déjà, l'étape suivante consistera à recueillir les facteurs qui affectent la pertinence des mesures et ceux qui facilitent ou freinent l'évolution

des systèmes de mesure de la performance dans le temps. On utilisera pour ce faire le cadre de référence mentionné par Neely et al. (Neely, Gregory et Platts, 1995)

Dans toute cette recherche, une stratégie de recherche conjointe a été établie avec l'équipe de génie mécanique chargé du contenu de l'évaluation, pendant que l'équipe de génie logiciel avait la tâche du développement d'un logiciel innovateur pour le traitement des meilleures pratiques. Pour ce faire, la recherche envisagera d'intégrer ultérieurement au processus de décision pour l'évaluation des fournisseurs d'autres processus de décision (Nadeau et Abran, 2003) comme celui proposé par Hogarth en y intégrant la démarche Six Sigma, c'est-à-dire :

- Révision de la caractérisation du processus d'évaluation (définition et révision du processus d'évaluation et du système d'information actuels)
 - Révision de la structuration de la problématique de l'évaluation des fournisseurs :
 - Quels attributs doivent être ajoutés aux attributs actuels pour l'évaluation des fournisseurs?
 - Quelles sont les principales incertitudes à considérer?
 - Quels attributs doivent être approfondis ou détaillés?
 - Quelles sont les contraintes à respecter?
 - Identification des informations nécessaires pour lever ou quantifier les incertitudes.
- Optimisation du processus d'évaluation
 - Révision de la pondération des attributs relativement aux pondérations des objectifs
 - Établir si une hiérarchie ou l'indépendance des attributs doit être envisagée.
- Conception et développement des prototypes d'essais exploratoires pour tester les nouveaux concepts proposés. Cette stratégie permettra d'examiner plus clairement ces concepts pour faciliter leur application dans le design et développement d'un nouveau processus d'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques et du logiciel associé au processus pour permettre son application pratique dans les entreprises.

4.5 Intégration

Dans cette partie de la méthodologie le parcours pour la conception et développement des livrables au niveau technologique est indiqué ainsi que pour les alternatives de traitement de contenu et l'importance du design des études de cas.

4.5.1 Conception et développement des livrables technologiques

A- Architecture intégrée

- a. Identification des technologies candidates à choisir pour la plateforme technologique à utiliser, incluant la base des données pour leur implantation dans un contexte d'accès web.
- b. Analyse de leur compatibilité à s'intégrer à la structure actuelle de la technologie informatique STIQ, et sélection.
- c. Intégration à l'architecture technologique STIQ et développement des ajustements aux bases de données, de même que des accès à distance.

B- Représentations graphiques des résultats

- a. Représentation des résultats consolidés au moyen des représentations graphiques classiques.
- b. Développements et essais en laboratoire.
- c. Intégration au contexte d'implantation d'un environnement web (STIQ).

C- Exploration et développement des traitements des évaluations non quantitatives.

- a. Analyse des caractéristiques spécifiques des variables non quantitatives des meilleures pratiques.
- b. Analyse des liens entre les meilleures pratiques.
- c. Développements et essais en laboratoire.
- d. Intégration au contexte d'implantation à l'environnement de STIQ.

Les premiers prototypes à développer seront de type ‘jetables’ et serviront principalement pour illustrer les divers traitements des fonctions, et non pour rencontrer des normes de durabilité, fiabilité et maintenabilité nécessaires pour des logiciels de type industriel.

4.5.2 Conception et développement des alternatives de traitement de contenu en sciences de la gestion

Ce volet important pour le bon fonctionnement du système à développer est aussi considéré dans cette recherche, surtout pour la mise au point des nouvelles façons d’évaluer l’utilisation des meilleures pratiques dans les entreprises manufacturières.

Cette étape débute avec l’exploration et développement de différents modèles pour l’évaluation, entre eux, l’analyse de différentes techniques de choix multicritères pour le traitement des grilles de risques, ainsi que pour la validation des concepts, et des contraintes dans l’environnement de STIQ

Certains auteurs suggèrent que pour mesurer l’interaction avec l’environnement externe il faut avoir des techniques comme l’étalonnage concurrentiel («*benchmarking*») pour mesurer la performance des concurrents; c’est cette démarche que nous allons ajouter à notre développement.

4.5.3 Design des études de cas

Pour tester les prototypes, certains préalables seront nécessaires pour chaque prototype. Pour cela, l’équipe de génie mécanique chargée du contenu du cadre de mesure ainsi que les évaluateurs de STIQ devront définir la partie du contenu à utiliser dans les tests, ainsi que les réponses ou les résultats attendus dans le cadre d’une évaluation.

Ces études de cas (« *Case Studies* ») seront des questionnaires remplis qui donnent des exemples de cas possibles d'entrée de données et des exemples de traitements avec ces questionnaires, en identifiant toujours quelles sont les meilleures notations attendues.

Ces études de cas seront influencées par la recherche de l'équipe de génie mécanique et par l'expérience ou meilleures pratiques qu'utilisent les entreprises évaluées. L'analyse des résultats des tests avec les études de cas ainsi que l'observation du cheminement de l'évaluateur avec le prototype expérimental pendant l'évaluation sur le terrain permettront de vérifier les contraintes et améliorations à suggérer pour les prochains prototypes à venir, ainsi que pour la démarche du processus de mesure.

En résumé, cette méthodologie vise à faciliter l'élaboration d'un cadre intégré de mesure de l'utilisation des meilleures pratiques dans les entreprises manufacturières, en ce qui touche tant le contenu (équipe de génie mécanique) que le logiciel (équipe de génie logiciel).

4.6 Vérification et validation

Pour bien examiner le cadre de mesure proposé et implanté à partir des prototypes exploratoires, il est nécessaire d'établir des étapes de vérification.

D'abord, une vérification du contenu s'avère nécessaire (tâche de l'équipe de génie mécanique), telle qu'une comparaison entre le contenu proposé et le contenu utilisé actuellement.

Une deuxième vérification sera expérimentale, et pour cela une programmation de vérification et de validation des prototypes sera faite et inclura:

- Un plan de tests usagers,
- Des données des tests préparées par les équipes de génie mécanique, logiciel et STIQ,
- Un plan d'exécution des tests, et finalement,
- Des rapports des tests

Pour effectuer ces vérifications, il faudra préparer des études de cas pour bien tester les prototypes exploratoires. Ces exemples des traitements de questionnaires seront faits par l'équipe de génie mécanique et par l'équipe d'évaluateurs de STIQ, et permettront de tester la fonctionnalité du prototype examiné, ainsi que de vérifier les résultats pour les comparer avec ceux du logiciel utilisé par STIQ dans le cadre des évaluations à ce moment-là.

Pour tester chaque prototype seulement une partie du contenu total sera prise en compte, c'est-à-dire, une fonction spécifique pourrait être choisie, par exemple, ressources humaines, ou ingénierie. L'utilisation d'une seule fonction est dans le but est de tester la fonctionnalité du prototype logiciel principalement. Ces cas devront permettre de tester tous les éléments potentiels de vérification dans les prototypes, et les résultats vont aider à améliorer le prototype et à en construire une nouvelle version plus pratique et complète.

Une deuxième partie de cette vérification et validation consistera à élaborer un document exploratoire pour le développement de prototypes ultérieurs, document qui inclura les recommandations recueillies dans la première partie pour améliorer les résultats des évaluations des fournisseurs.

CHAPITRE 5

ARCHITECTURE POUR LE SYSTÈME D'ÉVALUATION DES FOURNISSEURS

5.1 Introduction

Cette recherche doit faire face au fait que le développement des systèmes de mesure de performance est un domaine technologique pas encore mature, donc en évolution (Abran, Laframboise et Bourque, 1999) (Kennerley et Neely, 2002): un des principaux défis est le risque d'être abandonné pendant son implantation. Par exemple, Rubin (dans (Desharnais et Abran, 1995)) mentionne que dans le domaine du logiciel, 80 % des initiatives d'implantation des systèmes de mesure de performance sont des échecs.

Étant donné que notre recherche utilisera des mesures reconnues et basées sur les meilleures pratiques, lesquelles auront été vérifiées et améliorées par l'autre partenaire de cette recherche (l'équipe de génie mécanique à l'ETS), la tâche principale de l'équipe de génie logiciel sera le développement du système d'évaluation, en considérant d'abord des cadres de référence qui donnent de la cohérence et de la structure au travail à réaliser.

Pour rendre cette recherche plus rigoureuse, la construction du modèle d'évaluation de la performance se fera sur la base de normes en génie logiciel (ISO et IEEE), en plus des cadres pratiques utilisés présentement en industrie.

Les premiers pas du développement de la méthode d'évaluation de la performance des entreprises manufacturières seront:

- La familiarisation avec les technologies en place.
- La sélection du cadre de référence pour la vérification et la validation des mesures à utiliser et pour le design du système d'évaluation.
- L'identification des facteurs critiques du design et la détermination de leur rôle dans la construction du modèle.

- La documentation et l’approbation de toutes les spécifications nécessaires recueillies dans la recherche au cours des étapes initiales, incluant celles sur l’environnement à utiliser et la modélisation de ces spécifications en fonction des besoins de STIQ.
- La définition du processus à suivre pour éviter l’échec dans la construction de ce modèle d’évaluation, en utilisant dans cette partie de la recherche les quatre (4) processus mentionnés par Neely *et al.* (Neely, Bourne et Kennerley, 2000) pour le design et l’implémentation des systèmes d’évaluation de la performance et qui sont :
 - a. Le design du système,
 - b. L’implantation,
 - c. La gestion de la mesure,
 - d. L’actualisation du système.

5.2 Familiarisation

L’étape de familiarisation est une tâche initiale et consiste à évaluer l’environnement et les technologies présentes chez STIQ au début du projet de recherche. Cette étape devra considérer les problématiques technologiques en répondant aux questions suivantes :

1. Quelle est la technologie actuelle du logiciel d’évaluation?
2. Quels en sont les principaux éléments de performance (et leurs faiblesses)?
3. Quelle est la technologie de l’environnement dans lequel fonctionne ce logiciel?
4. Quelles sont les orientations technologiques prévisibles pour le futur qui pourraient affecter les choix technologiques du prochain logiciel d’évaluation à développer?
5. Quels sont les problèmes de maintenance du logiciel actuel?

Pour aborder ces problématiques et en tenir compte, des visites ont été planifiées chez STIQ où ont été recueillies les données nécessaires tant au plan technique qu’au plan du contenu.

La partie technique devait tenir compte de considérations pratiques et importantes pour le partenaire industriel – STIQ: l’exigence technologique était de tenir compte de la technologie

en place pour développer une nouvelle architecture et une technologie sur laquelle travailler pour le nouveau système d'évaluation de performance des entreprises.

Suite à une analyse technologique des technologies utilisées par STIQ et en tenant compte des avantages et des contraintes technologiques, la recherche a pu spécifier le chemin à suivre en choisissant des modèles et techniques qui puissent travailler avec le choix de l'entreprise. Un document (annexe II) a été produit avec toutes ces évaluations et le choix technologique, incluant une révision avec le partenaire industriel pour vérifier et valider la proposition de choix technologique. Après la révision, la technologie choisie pour développer le système d'évaluation de performance des entreprises a été acceptée par STIQ.

5.3 Cadres de référence utilisés pour la conception du système de mesure

La sélection des mesures à utiliser pour évaluer la performance d'une entreprise est un défi. Dans ce projet de recherche entrepris en collaboration avec le partenaire industriel, nous avons opté pour l'utilisation de mesures basées sur les meilleures pratiques: dans ce cas, les pratiques et mesures utilisées par des entreprises leaders dans le secteur manufacturier, spécialement dans le secteur de l'aéronautique, comme Pratt & Whitney, CMC dans l'électronique et autres. Pour vérifier le choix de mesures, cette recherche va réaliser une analyse de ces mesures en utilisant le cadre de référence de Jacquet et Abran (Jacquet et Abran, 1997), voir figure 5.1 :

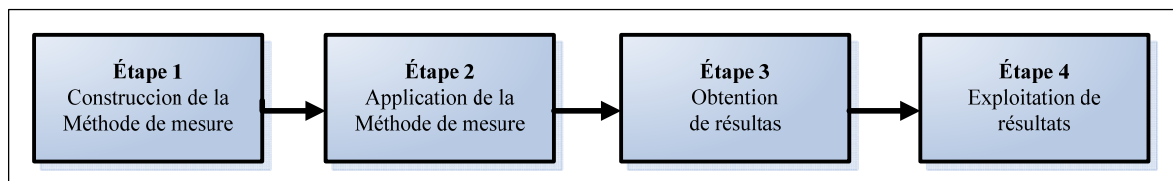


Figure 5.1 Modèle de Processus pour la mesure de logiciels.
Jacquet et Abran (1997)

Ces quatre (4) étapes décrivent le déroulement du processus de mesure; cette recherche va donc les suivre pour valider si l'utilisation de meilleures pratiques, appelées « mesures » dans cette thèse, est un choix valide.

- À l'étape 1, qui est la construction de la méthode de mesure, la recherche vérifiera si les règles de notation ou l'assignation numérique donnée aux mesures sont en accord avec l'objectif assigné à ces mesures.
- À l'étape 2, débute l'analyse de toute la documentation recueillie pour effectuer la modélisation du logiciel en appliquant les règles assignées à l'étape 1.
- Aux étapes 3 et 4 seront analysés les résultats qui serviront à établir la performance de l'entreprise évaluée.

L'ancien questionnaire STIQ des meilleures pratiques utilisé au début de cette recherche comprenait huit (8) fonctions principales avec 500 questions. Les fonctions à évaluer étaient :

- Organisation de l'entreprise (37 questions)
- Gestion et développement des ressources humaines (61 questions)
- Gestion des ressources financières (35 questions)
- Ventes et Marketing (56 questions)
- R&D ou Ingénierie (21 questions)
- Achats et Expédition (59 questions)
- Fabrication, (167 questions)
- Qualité (50 questions)
- Autres (14 questions)

La figure 5.2 montre la structure de l'ancien questionnaire de STIQ de 2003.

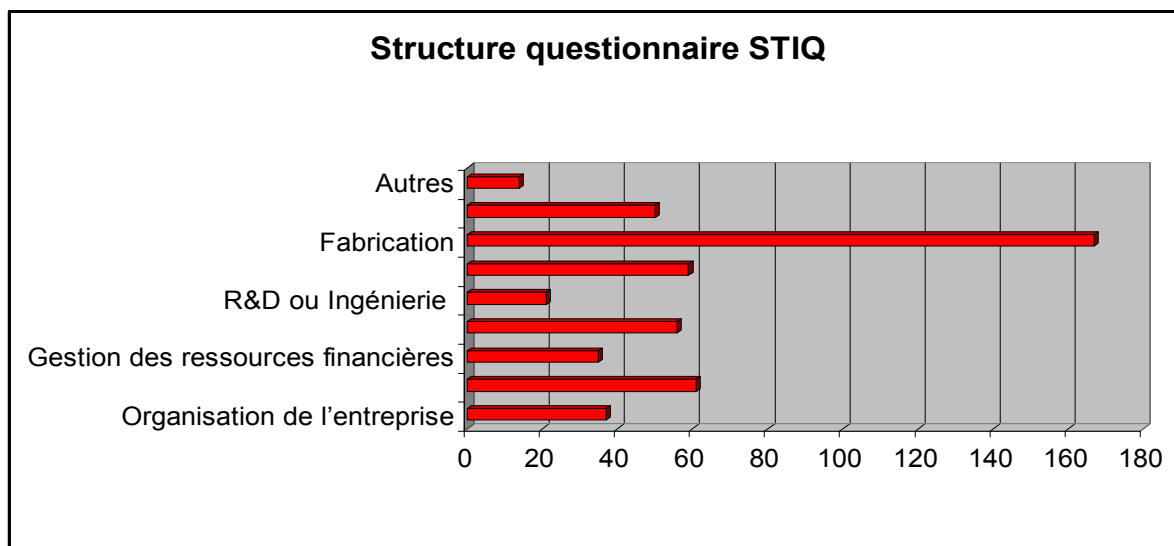


Figure 5.2 Structure du questionnaire STIQ 2003.

Quelques questions (mesures) utilisées figurent au tableau 5.1.

Tableau 5.1

Questions tirées du questionnaire
Tirée de STIQ (2003)

Fonction (niveau thème)	Question (niveau quatre – question de support)
Organisation de l'entreprise	Avez-vous défini une mission pour votre entreprise?
Gestion et développement des ressources humaines	Avez-vous développé des plans de formation pour chaque poste de travail?
Gestion des ressources financières	Quel est le taux de dettes? (taux de dettes = dettes à court terme et long terme / actifs) La norme est de 1:1 un ratio de 3:1 est très désirable, un ratio de 1:moins que 1 n'est pas bon.
Ventes et Marketing	Est-ce que l'entreprise a défini des objectifs marketing quantitatifs (% de part de marché, ventes \$/unités)?
R&D ou Ingénierie	Standardisez-vous les pièces, procédés et familles de designs?
Achats et Expédition	Avez-vous une procédure en cas de demande d'achat urgente?
Fabrication	Les opérateurs sont-ils formés et consentent-ils à travailler sur plusieurs postes (types) de travail dans la cellule ?
Qualité	Avez-vous développé une guide qualité?

L'objectif de l'évaluation est de déterminer dans quelle mesure les entreprises suivent ces meilleures pratiques. Comme première amélioration pour exprimer le résultat du « mesurage » avec une notation numérique, des choix de réponses ont été assignés à chacune des questions, ainsi que des règles d'assignations numériques pour quantifier la réponse choisie par l'évaluateur en se basant sur la réponse de la personne interrogée.

Pour présenter un aperçu des règles d'assignations numériques, le tableau 5.2 donne un exemple des choix de réponses pour une question de chacune des fonctions à évaluer, ainsi que sa notation.

Tableau 5.2

Exemples des réponses type dans chacune des fonctions

Question	Choix des réponses	Notation numérique
Avez-vous défini une mission pour votre entreprise?	Oui Non	1 0
Avez-vous développé des plans de formation pour chaque poste de travail?	Oui Non	1 0
Quel est le taux de dettes? (taux de dettes = dettes à court terme et long terme / actifs) La norme est de 1:1 un ratio de 3:1 est très désirable, un ratio de 1:moins que 1 n'est pas bon.	3 :1 1 :1 1 :0.5	1 0.5 0
Est-ce que l'entreprise a défini des objectifs marketing quantitatifs (% de part de marché, ventes \$/unités)?	Oui Non	1 0
Standardisez-vous les pièces, procédés et familles de designs?	Oui Non	1 0
Avez-vous une procédure en cas de demande d'achat urgente?	Oui Non	1 0
Les opérateurs sont-ils formés et consentent-ils à travailler sur plusieurs postes (types) de travail dans la cellule ?	Oui Partiellement Non	1 0.5 0
Avez-vous développé un guide de qualité?	Oui Non	1 0

Après avoir déterminé l'assignation numérique, le processus de modélisation du logiciel commence. De ce qui s'observe dans le tableau 5.2, des choix multiples sont appliqués pour chaque question, ainsi qu'une notation numérique en fonction du choix de réponse choisi.

Pour ce qui est du résultat de l'évaluation, il sera obtenu en calculant la moyenne de chacun des points de la hiérarchie. Étant donné qu'il y a des thèmes, sous-thèmes et points d'évaluation comme préalables à la question (c'est-à-dire, trois niveaux au moins avant la question), le résultat du point d'évaluation sera la moyenne des réponses à chaque question appartenant à ce niveau « n ». Ensuite, le résultat du sous-thème équivaudra à la moyenne des points d'évaluation à l'intérieur de ce niveau, et ainsi de suite, jusqu'au niveau supérieur, soit le thème (par exemple, Fabrication). Ce résultat servira pour établir la performance sur une échelle de 1 à 100.

Après avoir analysé les mesures à utiliser et les avoir validées, le prochain défi consistera à concevoir le design du modèle qui va traiter les mesures et faire l'évaluation. La norme ISO 15939 a été choisie pour aider dans le design et le développement du modèle du système d'évaluation de la performance des entreprises.

L'important avec ce modèle est de partir du modèle d'information des mesures, soit des besoins des gestionnaires et de l'utilisation du résultat de l'évaluation, pour arriver aux mesures à utiliser (lesquelles peuvent être des mesures de base et des mesures dérivées – c.-à-d. une combinaison de mesures de base).

D'autres normes ISO fournissent une terminologie consistante et une architecture commune. En plus de la norme ISO 15939, d'autres normes comme ISO 15504 (ISO, 2003), ISO 9126 (ISO, 2001a) et ISO 14598-5 (ISO, 2001b) ont été étudiées dans la revue de littérature et ont contribué à cette recherche. Par exemple, la norme ISO 9126 va permettre d'identifier des mesures d'évaluation de qualité du logiciel, ce qui va permettre de développer un système de mesure de performance avec les qualités requises.

La qualité dans ISO 9126 comprend trois (3) perspectives différentes: de façon interne, externe et pour la qualité d'utilisation. Le tableau 5.3 montre les caractéristiques et les sous-caractéristiques de la qualité selon cette norme.

Tableau 5.3

Structure des caractéristiques et sous-caractéristiques de la qualité dans ISO/IEC 9126
Tirée de Sellami (2005)

Qualité externe et interne (ISO 9126-2 et ISO 9126-3)		Qualité en utilisation (ISO 9126-4)
Caractéristiques	Sous – caractéristiques	Caractéristiques
Fonctionnalité	Convenance Exactitude Interopérabilité Sécurité Conformité de fonctionnalité	Efficacité Productivité Sûreté Satisfaction
Fiabilité	Maturité Tolérance des fautes Récupérabilité Conformité de la fiabilité	
Rentabilité (Usability)	Compréhensible Apprenabilité Opérabilité Attraction Conformité de la rentabilité	
Efficience	Comportement du temps Utilisation de ressource Conformité de l'efficience	
Maintenabilité	Analysabilité Variabilité Stabilité Testabilité Conformité de la maintenabilité	
Portabilité	Adaptabilité Installabilité Remplaçabilité Coexistence Conformité de la portabilité	

Un protocole de vérification (annexe IV) a été produit à partir de cette norme pour réviser entre autres les caractéristiques du logiciel suivantes: la fonctionnalité, l'efficacité, la fiabilité en référence à la qualité externe et interne. Quant à la qualité d'utilisation, le protocole a vérifié l'efficacité, la productivité et la satisfaction de l'utilisateur de l'outil. Ce protocole a servi de base à tous les prototypes développés, ce qui a permis de recueillir de la rétroaction de la part des utilisateurs, et qui a été pris en compte pour l'amélioration de l'outil.

D'autre part, la norme ISO 14598 utilise les concepts de la norme ISO/IEC 9126 pour établir les activités nécessaires à l'analyse des exigences de l'évaluation, ainsi que pour spécifier, concevoir et exécuter les actions d'évaluation pour n'importe quel produit logiciel et les produits en cours de développement.

Ces évaluations serviront à identifier les mesures correctives à apporter au système d'évaluation, fournissant ainsi aux évaluateurs des moyens pour améliorer la notation quantitative des évaluations grâce à l'utilisation de l'outil logiciel associé au nouveau processus d'évaluation.

La norme ISO 14598 permettra aussi de déterminer quelle est l'information nécessaire pour évaluer des fournisseurs, établir et ajouter de nouvelles spécifications au contenu de l'évaluation.

Ce qui risque de compliquer les choses au moment d'une évaluation est la possibilité de biais dans les réponses de personnes interviewées. Pour éviter ces biais, la norme ISO 14598 permettra d'établir une procédure décrivant les actions à suivre par l'évaluateur pour obtenir une réponse objective à une question donnée. Cette norme porte aussi sur la documentation nécessaire et l'établissement de la preuve ou évidence physique dans le cadre d'une évaluation.

Quant à la norme ISO 15504, celle-ci permet de réconcilier différentes approches pour l'évaluation des processus du logiciel. En conséquence, à partir du modèle de référence proposé par cette norme, une base commune est établie, ce qui assure l'utilisation des résultats des évaluations dans des contextes communs. Une approche de notre recherche a été de transposer ces pratiques documentées dans ISO 15504 dans le contexte de développement du système d'évaluation de la performance des entreprises et d'améliorer leur processus d'évaluation.

Par exemple, le processus d'évaluation au moins doit contenir des étapes de:

- planification (par rapport aux activités à être réalisées lors d'une évaluation, les ressources et échéancier pour ces activités ainsi que l'identification et définition des responsabilités de l'évaluateur et l'entreprise à être évaluée, entre autres);
- collecte des données (basée sur l'évaluation objective de la documentation, son enregistrement et protection ainsi que par l'observation réalisée);
- validation des données (pour ratifier que les données ou évidences recueillies sont objectives, représentatives ainsi que consistantes);
- assignation de la notation lors de l'évaluation à travers la standardisation d'un processus de prise de décision afin de fournir la répétabilité et consistance des résultats par les évaluateurs;
- résultats de l'évaluation (par l'entremise des rapports qui doivent au moins contenir la date de l'évaluation, l'identification de l'entreprise à être évaluée ainsi que des références à la documentation recueillie lors de l'évaluation).

De plus, cette norme fournit un modèle d'évaluation de processus à travers un ensemble d'indicateurs de performance de processus ainsi que d'indicateurs de capacité de processus, que permettent de diminuer le niveau de subjectivité et de variation dans l'évaluation.

Enfin l'utilisation du *Capability Maturity Model (CMMi)* va aider à construire le système d'évaluation de la performance des entreprises et à améliorer le processus de mesure. En plus, le cadre *Practical Software Measurement (PSM)* développé par McGary *et al.*

(McGarry, 2002) sera utilisé comme référence pour le développement du système de mesure; il faut noter toutefois que PSM ne prend pas en compte de façon explicite les activités d'évaluation et d'amélioration. Le CMMi, par contre, va contribuer à améliorer le processus de mesure de performance. Cette pratique comprend des étapes pour améliorer l'entreprise comme telle ainsi que ses processus. Le processus d'amélioration continue du CMMi est très important.

La figure 5.3 représente la relation et la contribution entre les normes ISO ci-mentionnées.

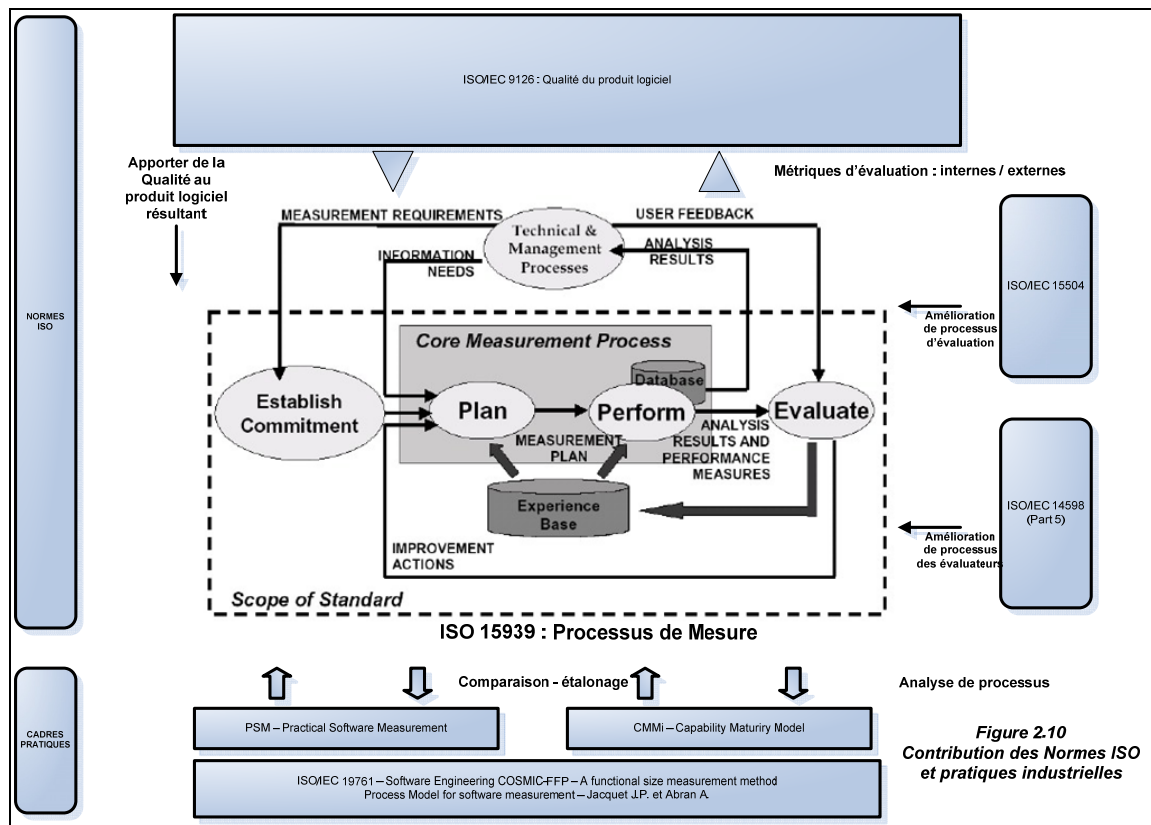


Figure 2.10 Contribution des Normes ISO et pratiques industrielles

Figure 5.3 Cadre de référence pour le design du système.

Au chapitre suivant, les étapes suivies pour l'implantation du système d'évaluation de la performance seront détaillées, avec des vérifications des mesures de base et des mesures dérivées. En outre, le processus de la norme ISO15939 sera expliqué activité par activité. Par

exemple: la planification du processus de mesure, la façon de réaliser le processus de mesure, et finalement le mode d'évaluation de l'information résultante.

Le processus même de la prise de mesure est aussi important que le choix d'un cadre de référence, principalement pour éviter la possibilité de biais de la part de l'évaluateur (c.-à-d. du mesureur dans un processus d'évaluation comprenant une notation). Un exemple de cette autre problématique avec l'outil d'évaluation utilisé par STIQ au début de cette recherche, était que le résultat d'une évaluation pouvait être perçu comme « subjectif » parce que la notation accordée lors d'une évaluation dépendait principalement de l'opinion de l'évaluateur : il n'était donc pas possible, avec le processus d'évaluation utilisé alors, d'assurer la consistance et la « répétabilité » dans les évaluations.

En abordant cette problématique, la norme ISO 15504 va aider à établir des spécifications pour réaliser les évaluations en vue d'obtenir un résultat de mesure consistant et répétable par n'importe quel évaluateur.

5.4 Architecture initiale du système d'évaluation de la performance des entreprises

Le système d'évaluation comprend trois (3) phases bien définies:

1. la prise des données, suivie de,
2. la préparation des données, puis la phase de,
3. l'analyse des résultats.

Voici quelques facteurs critiques pour le design du système d'évaluation:

- pour la phase (1) : les règles de notation numérique des réponses, ainsi que la sélection des choix de réponses pour chaque question (c.-à-d. la mesure);
- pour la phase (2) : la construction des liens de performance entre questions, ainsi que les descriptions aux fins du rapport final de l'évaluation;

- pour la phase (3) : la génération du rapport de l'évaluation en utilisant ces liens de performance, ainsi que des descriptions clés au sujet de la pertinence d'une réponse positive, ou de l'impact négatif d'une réponse négative, et vice-versa pour certaines questions.

La version industrielle qui sera développée à l'aide des prototypes contient des améliorations au plan industriel, lesquelles seront suffisantes dans un contexte manufacturier et celui de STIQ. Il s'agit d'améliorations appréciables par rapport à la première version de l'outil d'évaluation utilisé par cette entreprise. Des fonctionnalités plus poussées seront envisagées ultérieurement à notre recherche pour des versions plus avancées.

Parmi d'autres intrants aussi importants, signalons: l'environnement à utiliser lors du développement du système d'évaluation, la modélisation qui doit appuyer les améliorations ciblées lors de l'analyse de l'outil d'évaluation utilisé par STIQ au début de cette recherche.

La figure 5.4 présente l'architecture conçue dans cette recherche pour le design du nouveau système d'évaluation de la performance.

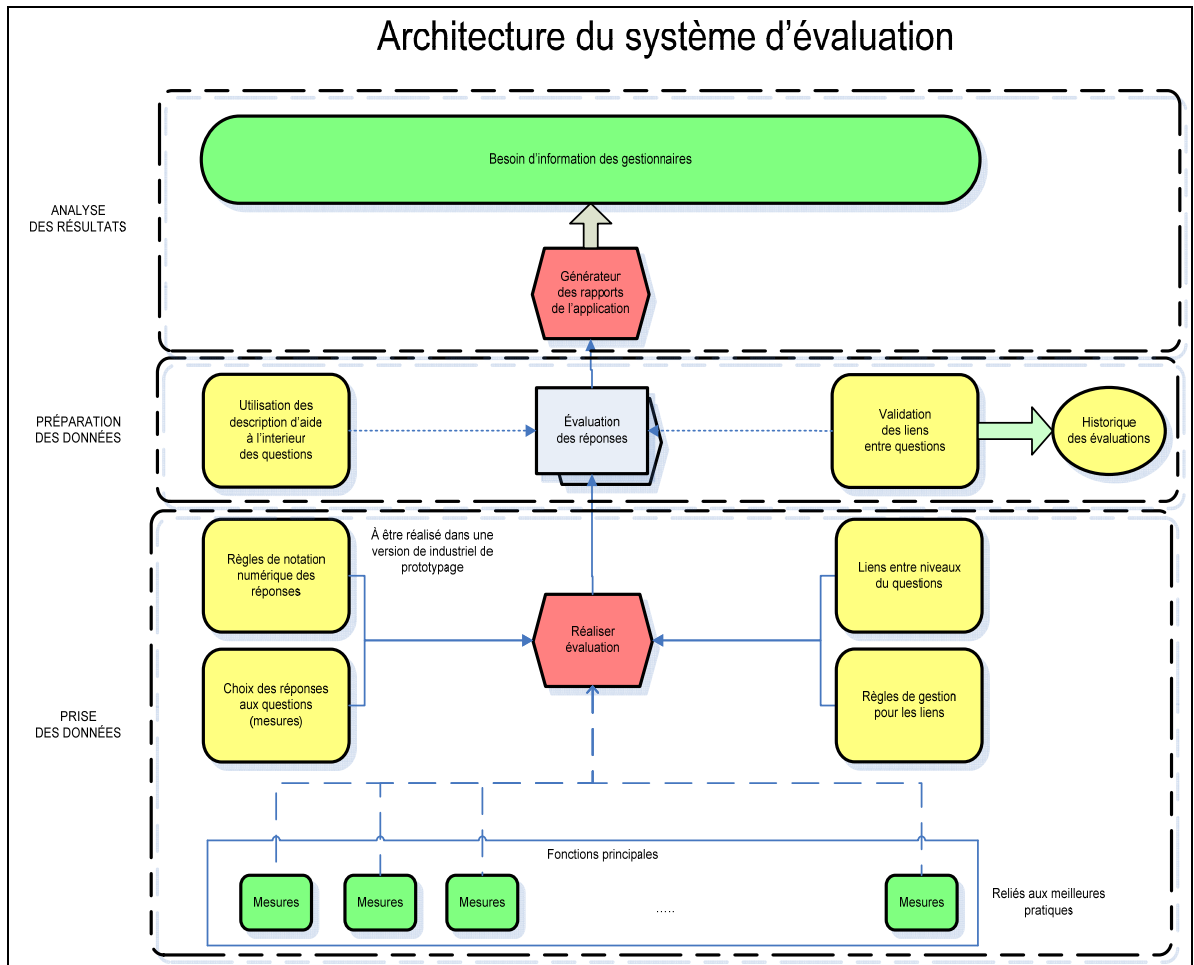


Figure 5.4 Architecture du système.

5.4.1 Objectifs primaires de l'architecture

Les deux objectifs ciblés par cette architecture sont:

- 1) Qu'est-ce qui doit être mesuré?
- 2) Comment doit-il être mesuré?

Le premier objectif permet de définir les intrants du système. Comme mentionné dans la revue de littérature, il est important de prendre en compte tant des mesures financières que non financières.

Le deuxième objectif définit les exigences de la mesure, c'est-à-dire les critères à considérer pour définir ou choisir une mesure, en plus du design des règles de notation numérique et la façon de calculer le résultat de l'évaluation.

5.5 Considérations pour la « maintenabilité » du logiciel à concevoir

Pour tenir compte de la « maintenabilité » future du logiciel à implanter chez le partenaire industriel, cette recherche a utilisé le processus de développement défini dans la méthodologie *Rational Unified Process* en suivant la démarche *Design for Six Sigma (DFSS)*. Toute la documentation nécessaire a été produite et des codes sources des prototypes ont été documentés pour faciliter l'adaptabilité du système aux changements mentionnés dans la revue de la littérature. Un processus structuré de révision de l'outil sera implanté pour aider STIQ à réaliser les changements nécessaires à l'évolution du système.

5.6 Autres considérations pour la conception et développement du logiciel associé au modèle

Une autre voie que cette recherche a explorée est la relation de cause à effet dans les meilleures pratiques.

Comme indiqué dans la revue de la littérature, bien que cette relation ne soit pas clairement expliquée par un lien de performance dans la littérature elle-même, elle peut cependant être utilisée à des fins de rédaction du rapport d'évaluation.

La relation de cause à effet fait ressortir l'importance d'appliquer ou non une pratique, laquelle peut avoir un impact sur une autre pratique dans une autre fonction dans le questionnaire (par exemple, le fait d'acheter de la matière première de mauvaise qualité, fait en sorte que les produits finis sont aussi de basse qualité, ce qui génère une diminution des ventes et conséquemment une baisse des revenus de l'entreprise).

CHAPITRE 6

DÉVELOPPEMENT DU LOGICIEL DE SOUTIEN DU PROCESSUS D'ÉVALUATION

6.1 Introduction

Ce chapitre présente la stratégie de développement par prototypes du nouveau système d'évaluation. Le détail des trois (3) prototypes fonctionnels sera présenté dans les prochains chapitres.

La section 6.2 décrit les démarches initiales suivies pour commencer le développement. La section 6.3 décrit ensuite le processus de design des prototypes. La documentation du travail réalisé est décrite à la section 6.4. La section 6.5 décrit la planification à suivre pour les étapes postérieures. Finalement, la section 6.6 présente les critères qui seront utilisés pour les prototypes par rapport à l'outil logiciel disponible au moment de la recherche, ainsi que le protocole à suivre lors de la comparaison.

6.2 Démarches initiales

Afin de fournir aux donneurs d'ordres un ensemble de techniques leur permettant d'agir le plus rationnellement possible dans une situation de choix entre plusieurs fournisseurs et où l'impartition doit être jugée à l'aide de plusieurs critères préétablis, ce projet de R&D a revu le contenu et la structure du logiciel SEMS en vue de concevoir une nouvelle version de cet outil d'évaluation.

Cette section présente les enjeux suivis et les intrants utilisés pour établir les fonctionnalités des prototypes proposés.

Le point de départ a été un document de recherche préparé par l'ETS (équipes de génie mécanique et logiciel) pour réviser la caractérisation du processus d'évaluation (c'est-à-dire,

la définition et la révision du processus d'évaluation et du système d'information actuel), ainsi que l'optimisation du processus d'évaluation et son amélioration.

En partant de la stratégie de recherche proposée par les chercheurs des départements de génie mécanique et logiciel (i.e. le développement d'un nouveau contenu et d'un logiciel innovateur) et en ajoutant la révision des problématiques constatées chez STIQ après la révision de la stratégie globale de STIQ pour le volet de l'évaluation des fournisseurs pendant le séjour initial, ainsi que la révision de la documentation pertinente à l'entreprise, la recherche a obtenu des problèmes pratiques quant au volet de génie logiciel, et des problèmes théoriques concernant le contenu de l'évaluation qui est la tâche des chercheurs du volet génie mécanique.

Suite à ces découvertes, le chercheur a fait une révision détaillée des fonctionnalités de l'outil d'évaluation utilisé par les évaluateurs de cette entreprise, qui a été combiné avec l'observation de terrain de l'utilisation de l'outil dans le cadre d'une évaluation, ainsi que l'essai du logiciel en mode local. À la fin de cette étape, le chercheur a pu discerner les forces et faiblesses de l'évaluation actuelle, ainsi que les fonctionnalités, compilées dans un document d'analyse concurrentielle du logiciel.

De plus, le chercheur a effectué une revue de la littérature reliée au domaine de la mesure de la performance des entreprises, ce qui a permis de produire un document avec les enjeux à suivre pour l'élaboration d'un nouveau processus et d'un nouvel outil d'évaluation. À partir de ce document et d'une intégration des démarches suivies, il a été possible d'améliorer le processus d'évaluation, ainsi que de rédiger une stratégie de construction des prototypes exploratoires ayant des fonctionnalités variées.

À partir des documents de la revue de la littérature, de la stratégie de construction des prototypes exploratoires et des entrants proposés par STIQ et l'équipe de génie mécanique de l'ETS, la proposition d'implantation d'une deuxième génération du logiciel SEMS de STIQ par prototypes est proposée dans ce chapitre.

6.3 Processus de design des prototypes

Le document Vision - voir Annexe V - dans la méthodologie RUP a comme propos de recueillir, d'analyser, et de définir les besoins de haut niveau, soit plus précisément pour ce projet de recherche, les caractéristiques du Système d'évaluation de la performance des entreprises (SEPE), lequel inclut entre autres le module de diagnostic qui interagit avec la grille de questions et qui a été développé en premier. L'accent a été mis sur l'analyse des fonctionnalités demandées par les parties prenantes (« *acteurs sociaux* ») et les utilisateurs finaux, les contraintes de conception, l'analyse des besoins et des interfaces ainsi que sur les besoins physiques du système.

Suite à la révision du document Vision, le prochain gabarit de RUP a été rédigé; il s'agit du document des besoins et des spécifications du logiciel (« *SRS* ») – voir Annexe VI. Le propos de ce document SRS est de décrire en détails les exigences des parties prenantes et des utilisateurs finaux pour obtenir une description significative du système à construire. Ce document SRS décrit aussi d'autres fonctionnalités nécessaires pour une description compréhensive des exigences du logiciel à développer.

Le document (Besoins et spécifications du logiciel - SRS) de l'annexe VI contient les détails du projet, l'interface, les enjeux du design, et les différentes composantes du projet :

Perspective du produit

La nouvelle interface du système se fera à travers un navigateur Web. De plus, le système conservera une interface similaire à l'ancien logiciel (SEMS) pour faciliter son adoption par les utilisateurs finaux. Le logiciel conçu et développé pourrait être utilisé dans un environnement réseau ou autonome (dans un portable) pour offrir aux évaluateurs la possibilité de se rendre dans l'entreprise où doit se réaliser l'évaluation.

Dans un tel cas, les données seront intégrées plus tard dans le serveur pour finaliser l'évaluation de l'entreprise.

Des intégrations avec Microsoft Word pour la rédaction finale du rapport seront envisagées; des fonctionnalités graphiques à travers des logiciels comme Crystal Reports seront ajoutées.

Ce nouveau logiciel ne nécessitera aucun nouveau matériel (hardware) : il devra pouvoir travailler dans un ordinateur capable d'exécuter un navigateur Web et contenant l'environnement ASP.net

Fonctionnalité du produit

La fonctionnalité principale du logiciel sera les liens ajoutés au questionnaire pour donner un meilleur traitement de celui-ci, en évitant le traitement hiérarchique.

Une autre amélioration majeure sera le traitement de ces questions avec l'ajout de méthodes comme :

- la paramétrisation des réponses,
- l'ajout des commentaires (texte générique) aux réponses paramétrées,
- ainsi qu'aux questions qui sont liées aux autres, c'est-à-dire aux relations de cause à effet.

La fonctionnalité de zoom avant « drill-down » sera aussi envisagée pour rétrécir l'étendue du questionnaire et diminuer en conséquence le temps requis pour finir l'évaluation dans l'entreprise.

Caractéristiques des utilisateurs

Les utilisateurs du produit final seront :

- Des évaluateurs qui vont aller sur le terrain pour recueillir les données des entreprises évaluées au moyen du questionnaire que le système va gérer.
- Il y aura de plus des administrateurs qui seront chargés de faire la configuration du questionnaire pour les réponses paramétrées et les liens entre les questions.
- Finalement, il y aura des spécialistes qui assureront la maintenance du système, ainsi que les gestionnaires qui pourront accéder au système au niveau de consultation pour vérifier le travail des évaluateurs qu'ils dirigent.

Parmi les changements pour l'utilisateur administrateur, signalons :

- le défi de construire des liens entre les questions, ce qui exigera des connaissances au sujet des causes et conséquences, c'est-à-dire, les influences de n'importe quelle question (meilleure pratique) sur d'autres questions (autres meilleures pratiques),
- le texte générique ou recommandations à suggérer à l'entreprise comme conséquence de la réponse à une question en particulier.

D'autres exigences seront la formation que l'utilisateur-administrateur devra suivre pour pouvoir configurer le logiciel au sujet des réponses paramétrées et savoir comment les assigner aux questions choisies.

Contraintes

Dans la version réseau, le système devra pouvoir s'exécuter sur n'importe quel ordinateur avec accès à Internet avec un navigateur Web qui supporte ASP.net. Pour la version autonome, le logiciel pourra s'exécuter dans un ordinateur avec les mêmes caractéristiques et peut avoir ou non accès à Internet.

Une fois ces documents révisés avec les équipes de STIQ et de génie mécanique de l'ETS, la structure suivante du logiciel a été conçue et approuvée par STIQ – voir Figure 6.1. Les modules principaux à développer seront :

- fournisseur avec de l'information nécessaire pour bien l'identifier ainsi que son industrie et principaux produits,
- questionnaire qui aura comme fonctionnalité principal la création et maintenance des questions et réponses associées,
- évaluateurs pour bien identifier les personnes ressources de STIQ,
- paramètres qui vont permettre de configurer l'application,
- démarrage de l'évaluation pour bien saisir les informations reliées,
- évaluation qui sera le cœur de l'application et qui fera l'utilisation des toutes les améliorations effectuées sur cette deuxième version du logiciel de soutien à l'aide à la décision, et finalement
- le module rapports qui fournira les résultats de l'évaluation et de l'information pour les gestionnaires.

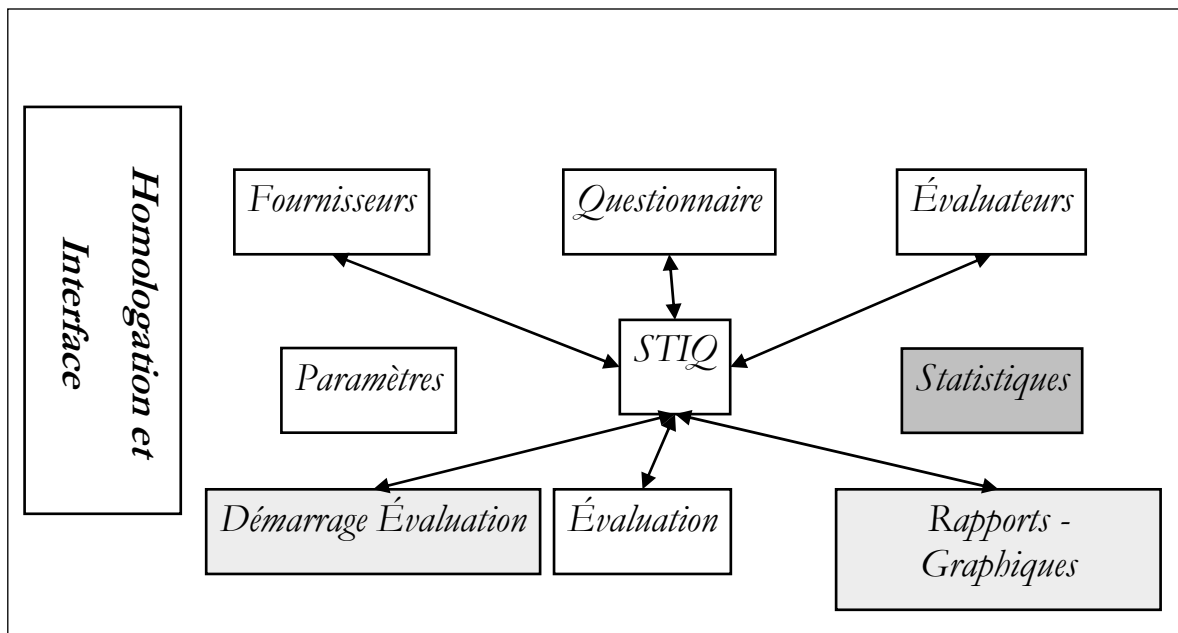


Figure 6.1 Composantes de l'application.

6.4 Documentation en cours de projet

Des standards de documentation de projet ont été établis, incluant le compte rendu de chacune des réunions faites (tant chez le partenaire industriel STIQ qu'à l'ETS) avec l'équipe de génie mécanique, ainsi que toutes les visites à des industries sur le terrain.

En conséquence, tous les documents relatifs à la recherche et au développement de la solution ont été produits. Voir liste à l'annexe VII.

6.5 Planification des étapes suivantes

Après avoir documenté les spécifications du logiciel, des types de solutions potentielles pour le traitement du questionnaire proposé ont été explorés de sorte que le développement des prototypes prenne en compte ces solutions.

Donc, en commençant avec le prototype 1 qui propose la paramétrisation des réponses, des échelles de réponses informelles utilisées par STIQ ont été étudiées et incorporées à la recherche.

6.5.1 Types d'échelles

Voici quelques types d'échelles de réponses utilisées de façon informelle chez le partenaire industriel - STIQ:

- Oui ou non : pour des questions de type « Avez-vous un système de gestion de la qualité? » ou « Est-ce que votre mission est documentée et avez-vous développé un organigramme? », etc.

- Pas défini (0), défini mais pas documenté (0.5) ou défini et documenté (1). Ce type de réponses est utilisé pour les questions telles que « Avez-vous une procédure pour tel ou tel processus (processus d'achats, d'inspection à la réception, processus de traitement des plaintes client, etc.)? »
- Pas analysé (0), analyse non formelle ou au cas par cas (0.5) ou analyse documentée (1) : pour des questions du type « Analysez vous vos taux de rejets, analysez-vous les actions correctives après leur implantation pour en mesurer l'efficacité? », « Analysez-vous les déplacements des produits et des ressources à travers l'usine? », « Procédez-vous à des analyses de vibration de vos équipements de production? »
- Pas défini (0), défini mais pas mesuré (0.5), défini et mesuré régulièrement (1) : pour des questions du genre « Avez-vous défini des objectifs pour : l'amélioration continue, la réduction des rejets, la réduction du temps de mise en course, la satisfaction des clients? », etc.
- < 50 % (0), > 50 % (1) : pour des questions d'analyse financière (taux de dépendance commerciale).
- < moyenne du groupe témoin et ce qui est acceptable (0), semblable à la moyenne du groupe témoin, mais inférieur à ce qui est acceptable (0.5), > à ce qui est acceptable (pour des questions d'analyse financière (capacité de paiement de dettes, taux de croissance, marge de sécurité, etc.).
- < 75 % (0), entre 75 % et 90 % (0.5), > 95 % (1) pour le taux de livraison à temps.

De plus, en utilisant les études de cas fournis par STIQ et l'équipe de génie mécanique de l'ETS, de nouvelles échelles ont été construites, en tenant compte des règles ou des échelles informelles mentionnées ci-haut.

6.5.2 Visites sur le terrain

Des visites à des industries dans le cadre des évaluations ont été organisées, pour observer le processus d'évaluation tout comme l'utilisation du logiciel de STIQ, tel que disponible au début de cette recherche.

Voici quelques observations au sujet de l'évaluation du 10 août 2004 dans une entreprise manufacturière de pièces pour moteurs d'avion à Saint-Laurent.

Processus d'évaluation

- Il n'y avait pas une compréhension à 100 % des questions de la part des personnes qui répondaient, même si le plan de l'évaluation avait été envoyé à l'avance pour que l'entreprise puisse identifier et libérer, pour chaque fonction évaluée, une personne ressource pour répondre aux questions.
 - Pour pallier à ce problème de compréhension, l'approche MMPI-2 (instrument utilisé par les psychologues pour le diagnostic des désordres mentaux chez les patients) recommande de faire une introduction à l'évaluation ainsi qu'un test de compréhension des questions (*Minnesota Multiphasic Personality Inventory* développée par StarkeHataway and J.C. McKinley en 1940 et révisée en 1989 par J.N. Butcher, W.G. Dahlstrom, J.R. Graham, A. Tellegan, and B. Kaemmer, Université de Minneapolis, Minnesota.).
- De plus, l'évaluateur semblait parfois suggérer la réponse, laquelle peut s'interpréter comme étant biaisée.
- Autre point : lorsqu'une réponse est négative, certaines questions reliées ne doivent pas être posées. À cet effet, une amélioration du logiciel pourrait masquer les questions suivantes.

- Par suite, et si cela est faisable, il pourrait s'avérer utile de développer un questionnaire préliminaire avec des questions clés qui aiderait à déterminer l'étendue du questionnaire qui sera utilisé. Ainsi, l'évaluateur poserait-il seulement les questions importantes pour les entreprises évaluées. Le questionnaire préliminaire pourrait même servir à éliminer des questions sur des fonctions secondaires pour certaines entreprises. Cette démarche pourrait se faire pendant la visite des installations au début de chaque évaluation de l'entreprise.

Améliorations du logiciel suggérées

Il a été établi qu'il serait intéressant d'avoir un questionnaire qui se rétrécirait selon les réponses à des questions clés, par exemple, si la question est : « Avez-vous une mission de l'entreprise? » et que la réponse était NON, la question suivante : « Est-elle documentée? » ne devrait pas être posée. Donc, l'évaluateur pourrait avoir un questionnaire moins détaillé, ce qui en rendrait l'utilisation plus facile et plus rapide.

En plus, le fait d'avoir un questionnaire préliminaire permettrait de dicter l'ampleur du questionnaire final à poser aux gens de l'entreprise évaluée.

En plus des tests avec les prototypes développés, des tests supplémentaires sont envisagés pour vérifier la performance et facilité d'utilisation des prototypes, ainsi que sa fiabilité quant aux résultats d'évaluation. Donc, la rétroaction des évaluateurs, des gestionnaires et des entreprises évaluées seront recueillis avec la finalité d'améliorer les versions subséquents des prototypes à développer.

6.5.3 Définition des règles d'affaires pour le logiciel

Après la documentation de la notation actuelle du questionnaire et de la notation proposée, des révisions ont été faites pour établir les échelles qui seront utilisées dans les prototypes à construire.

La phase suivante a consisté à définir des règles de notation du questionnaire pour l'automatisation. Les étapes ci-dessous ont été requises:

- a. Rencontre avec les évaluateurs de STIQ.
- b. Établissement des règles générales ou spécifiques pour chaque point d'évaluation, sous thème ou thème du questionnaire.
- c. Documentation des règles de notation.
- d. Révision des règles auprès du groupe d'évaluateurs.
- e. Révision et vérification de l'application de ces règles avec des évaluations déjà faites.
- f. Définition des recommandations pour améliorer la notation.

6.5.4 Révision de la documentation produite par l'équipe de génie mécanique

Une autre étape de la poursuite de l'implantation des prototypes a été l'étude des rapports produits par l'équipe du volet Génie mécanique; ces rapports ayant pour but d'identifier les améliorations à apporter au contenu du processus d'évaluation, ainsi qu'aux fonctionnalités des prototypes.

6.5.5 Traitement du questionnaire

Un des modules les plus importants de ce système étant le traitement du questionnaire utilisé pour établir le diagnostic de l'évaluation, le document « Traitement envisagé du questionnaire » (voir annexe VIII) a été rédigé pour discuter des contraintes du traitement actuel du questionnaire et des améliorations potentielles à apporter.

D'autres choix de notation pour la formulation des questions du questionnaire ainsi que pour leurs traitements correspondants ont été envisagées, allant de la solution simple des réponses OUI/NON et des échelles numériques aux échelles linguistiques, ou encore le traitement par probabilités et divers types de systèmes experts.

L'étude des rapports de l'équipe de Génie mécanique sur l'amélioration de l'évaluation des thèmes suivants d'évaluation et d'audit : « Supervision et gestion des ressources humaines », et « Santé et sécurité au travail », a permis des améliorations comportant l'introduction de nouvelles questions dans le questionnaire, ce qui a permis d'en augmenter les niveaux de profondeur, rendant ainsi possible le dépassement des 4 niveaux du logiciel SEMS de STIQ. Par suite, le défi consistait à concevoir une version sans limites quant aux niveaux des questions pour le développement du prototype 2.

Une des améliorations de ces rapports a été identifiée comme devant ajouter des liens de cause à effet entre diverses problématiques soulevées par certaines questions : de ce fait, le troisième prototype (Prototype 3) incorporera les liens entre ces questions.

Le nouveau questionnaire pour tester les prototypes expérimentaux incorporera ces nouvelles questions aux questions existantes.

6.5.6 Réunions de travail

D'un autre côté, des réunions périodiques ont été tenues avec l'autre membre de l'équipe de l'ETS (volet Génie mécanique) pour coordonner les travaux de recherche et obtenir de l'information sur le développement et l'amélioration des prototypes et pour planifier les tests sur les prototypes.

6.6 Critères de comparaison des prototypes avec l'outil actuel

Des critères de comparaison de la performance des outils d'évaluation ont été définis, ce qui a permis de vérifier le contenu du questionnaire utilisé, le temps, la notation utilisée, la facilité d'utilisation, ainsi que la qualité des rapports produits pour le client. La description des critères est présentée à l'annexe IV.

1. Contenu:
 - a. Les points d'évaluation de l'ancien questionnaire doivent tous être compris dans le nouveau;
 - b. Si un point d'évaluation de l'ancien questionnaire n'est pas dans le nouveau, on doit alors démontrer que le point n'est plus valide;
 - c. Il peut ainsi y avoir, dans le nouveau questionnaire, plus de points d'évaluation que dans l'ancien;
 - d. Tous les nouveaux points d'évaluation doivent avoir une justification ou une référence;
2. Temps:
 - a. Un diagnostic complet doit toujours se faire en moins de temps qu'avec l'ancien outil;
 - b. Le temps passé chez le client avec le nouvel outil doit toujours être moindre qu'avec l'ancien;
 - c. La rédaction du rapport doit être moins longue avec le nouvel outil qu'avec l'ancien.
3. Notation:
 - a. L'utilisation de nouvel outil pour la notation doit être moins subjective;
 - Un test par deux (2) évaluateurs doit permettre de vérifier la « reproductibilité » dans les résultats;
 - b. L'utilisation du nouvel outil doit offrir plus de flexibilité dans les choix de notation.
4. Facilité d'utilisation:
 - a. L'utilisation du nouvel outil doit être plus facile que celle de l'ancien;
 - b. La rédaction du rapport doit être plus facile qu'avec l'ancien.
5. Rapport:
 - a. L'utilisation du nouvel outil a-t-elle facilité la compréhension du rapport?
 - b. La rédaction du rapport doit être plus facile qu'avec l'ancien.

6. Client:

- a. Est-ce que le rapport est plus facile à comprendre avec l'utilisation du nouvel outil?

Pour appliquer ces critères de comparaison ou de vérification, un protocole de test a été créé et suivi tout au long de cette recherche, dans les différents tests des prototypes développés.

Protocole de test de comparaison:

1. Test de contenu (équipe de Génie mécanique) tout au long de la rédaction des questionnaires d'évaluation.
2. Test avec une section du nouveau questionnaire pour:
 - a. Vérifier le temps que cela va prendre chez le client;
 - b. Vérifier la subjectivité de la notation;
 - c. Vérifier la facilité d'utilisation.
3. Test global d'outil à outil:
 - a. Vérifier le temps;
 - b. Vérifier la facilité d'utilisation;
 - c. Vérifier la facilité de compréhension du rapport du client.

CHAPITRE 7

DÉVELOPPEMENT DU PROTOTYPE 1

7.1 Introduction

Pour planifier le développement du nouveau logiciel d'évaluation STIQ, une stratégie par développement de prototypes a été choisie : ces prototypes sont de type exploratoire pour illustrer divers aspects fonctionnels proposés.

Le premier prototype démo visait à permettre la paramétrisation des réponses, c'est-à-dire d'avoir la flexibilité d'incorporer au questionnaire d'évaluation plusieurs types de réponses aux questions et, bien entendu, de pouvoir ensuite consolider les réponses en fonction de leurs types. Les choix des types de réponses pour le prototype 1 doivent gérer les options suivantes :

- OUI/NON,
- échelle numérique,
- échelle linguistique.

Il s'agit de la première amélioration technologique apportée au processus d'évaluation incorporé dans le développement d'un outil d'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques des fournisseurs. Le détail des caractéristiques, des exigences et des tâches nécessaires pour ce prototype est présenté au tableau 7.1.

Tableau 7.1
Caractéristiques du prototype 1

Prototype 1	Information à fournir par l'équipe de Génie mécanique et STIQ
<p>Défi : Paramétrisation des réponses.</p> <p>Choix des types de réponses pour ce prototype:</p> <ul style="list-style-type: none"> • OUI/NON, • Échelle numérique, • Échelle linguistique. <p>Contrainte : Dans ce prototype, il faut répondre à toutes les questions posées dans le questionnaire.</p>	<p><u>Tâche équipe STIQ:</u></p> <p>Donner les règles applicables aux notations des questions sélectionnées.</p> <p>Identifier les exigences pour calculer la notation finale de l'évaluation au complet.</p> <p>Identifier les exigences pour la validité de la pondération du questionnaire relativement au thème, au sous-thème, etc.</p> <p><u>Tâche équipe ETS (Génie mécanique):</u></p> <p>Donner un aperçu des réponses attendues aux questions pour le choix de notation dans ce prototype.</p> <p>Déterminer les exigences concernant la validité de la pondération du questionnaire et les poids à mettre dans chaque thème, sous-thème, point d'évaluation et question (exemple, en parties égales par tout). Ceci a été exploré mais n'était pas développé dans le logiciel.</p> <p>Identifier les exigences pour calculer la notation finale de l'évaluation au complet.</p> <p><u>Tâche équipe ETS (Génie logiciel):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Identification des besoins ci-dessus pour lesquels il a été nécessaire d'établir des exigences. - Implantation de ces exigences dans le prototype 1.

Par la suite, la construction d'études de cas pour tester ces prototypes a été entreprise par les équipes partenaires de cette recherche. Quant à l'équipe de STIQ, elle est intervenue pour les règles de notation et de calcul à utiliser. De plus, l'équipe de Génie mécanique a donné un aperçu des réponses touchant un des domaines du contenu de l'évaluation et la façon de faire le calcul de la notation. Ces différentes contributions ont permis de construire des études de

cas exploratoires pour tester les prototypes et développer des échelles d'évaluations formelles qui serviront dans l'outil d'évaluation.

Au début de ce projet de recherche, les serveurs de STIQ reposaient sur une plateforme technologique robuste qui fournissait toute la fonctionnalité nécessaire à l'accomplissement des tâches quotidiennes et qui pouvait même supporter la charge additionnelle à insérer lors de l'hébergement du nouvel outil d'évaluation.

STIQ avait aussi standardisé la plateforme sur les produits Microsoft et gérait les solutions reposant sur la base des données SQL Serveur. En l'occurrence, l'utilisation de cette base de données se révélait un choix logique.

De plus, le partage de l'information « *online* » était une des priorités de STIQ. On a donc opté pour une application web avec un accès très sécuritaire. C'est pourquoi le Visual Studio .net a été choisi comme plateforme pour le développement.

Les prototypes de recherche devaient donc être développés en utilisant les standards Net. Le langage de programmation choisi est l'ASP.Net. Ce langage est utilisé pour le développement des prototypes, car il est très portable (c'est une plateforme indépendante), et il est très facile pour concevoir et faire évoluer le prototype selon les spécifications données dans le document « Stratégie de construction de prototypes exploratoires pour le projet STIQ-ETS ».

Après l'approbation des fonctionnalités du premier prototype et de son architecture, une phase de design avec la méthodologie RUP a débuté avec la construction des documents Vision et spécifications fonctionnelles du logiciel (Voir annexes V et VI: documents « Vision » et SRS : Besoins et spécifications fonctionnelles du logiciel). Cette phase va permettre de procéder à la construction du premier prototype démo avec les fonctionnalités requises. La figure 7.1 résume les étapes franchies pour la conception et le développement du premier prototype fonctionnel.

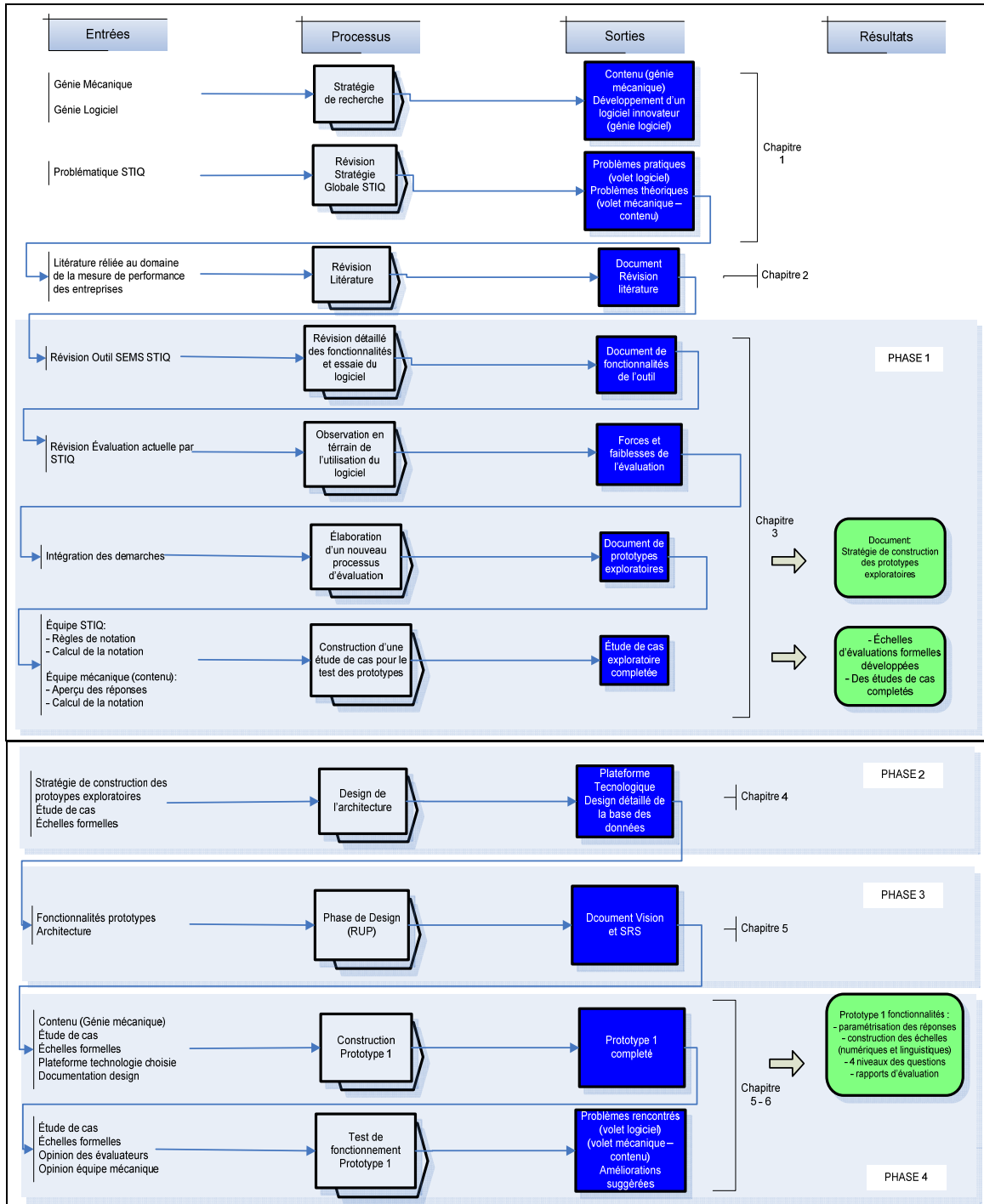


Figure 7.1 Cheminement pour la construction du prototype 1.

7.2 Présentation des fonctionnalités du prototype 1

Les études de cas construites par STIQ et l'équipe de Génie mécanique ont servi également pour la vérification du prototype en mode exploratoire (local) par un évaluateur de STIQ et par l'équipe de Génie mécanique de l'ETS pour vérifier les résultats préliminaires de l'outil d'évaluation.

Quant aux fonctionnalités d'administration, ce premier prototype ne possède pas d'interface pour l'évaluateur et l'expert; c'est pourquoi l'entrée du contenu du questionnaire d'évaluation et sa modification à l'intérieur du logiciel ont été faites directement par le chercheur. Signalons que la notation finale de l'évaluation se fait avec le calcul de la moyenne (il est entendu que toutes les questions de ce prototype doivent recevoir une réponse).

Ce prototype possède une interface pour la saisie des méthodes de notation, ainsi que pour l'assignation du choix de réponse aux questions. Les figures 7.2 et 7.3 montrent ces fonctionnalités.

Méthodes de Notation Menu

Notation

	Code Notation	Description	Date	Editer	Effacer
Montrer details	3	Echelle (Documentation)	2004-12-06 00:00:00	<input type="button" value="Editer"/>	<input type="button" value="Effacer"/>
Montrer details	4	Echelle (Complètement)	2004-12-06 00:00:00	<input type="button" value="Editer"/>	<input type="button" value="Effacer"/>
Montrer details	5	System Expert	2004-12-20 00:00:00	<input type="button" value="Editer"/>	<input type="button" value="Effacer"/>
Montrer details	6	OUI/NON/Quelque uns	2005-01-13 00:00:00	<input type="button" value="Editer"/>	<input type="button" value="Effacer"/>
Montrer details	7	OUI/NON/Pas Encore	2005-01-13 00:00:00	<input type="button" value="Editer"/>	<input type="button" value="Effacer"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="button" value="Ajouter"/>

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...

Notation Details

Item	Value	Notation	Editer	Effacer
1	Oui et Documenté	100	<input type="button" value="Editer"/>	<input type="button" value="Effacer"/>
2	Oui mais pas documenté	50	<input type="button" value="Editer"/>	<input type="button" value="Effacer"/>
3	Non	0	<input type="button" value="Editer"/>	<input type="button" value="Effacer"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="button" value="Ajouter"/>

Figure 7.2 Méthodes de notation créées pour le prototype 1.

Choix de Notation des Questions Menu

Questions

	Code Question	Description
Montrer details	1	Est-ce que les ressources humaines ont une mission?
Montrer details	2	Est-ce que les ressources humaines ont une politique?
Montrer details	3	Est-ce que les ressources humaines ont des objectifs clairs?
Montrer details	10	Est-ce qu'un système de collaboration entre tous les cadres est implanté afin de mieux définir les besoins en main-d'œuvre?
Montrer details	11	Est-ce que la prévision de main-d'œuvre est utilisée dans tous les départements de l'entreprise?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...

Choix de Notation Details

Item	Notation	Date	Editer	Effacer
1	OUI/NON		<input type="button" value="Editer"/>	<input type="button" value="Effacer"/>

Figure 7.3 Assignation des choix de notation aux questions pour le prototype 1.

Le diagramme de cas d'utilisation à la Figure 7.4 montre le cheminement suivi par l'étudiant chercheur de l'équipe de Génie mécanique de l'ETS et l'évaluateur ainsi que par le chercheur. Il indique aussi les différents scénarios utilisés par ces utilisateurs.

Le chercheur de l'équipe de Génie logiciel avait pour tâche l'introduction du questionnaire et des réponses associées aux questions, pour finalement faire l'association des questions aux réponses. D'autre part, l'étudiant de l'équipe de génie mécanique avait pour tâche la vérification des réponses assignées aux questions et de l'exactitude des associations.

L'évaluateur de STIQ va démarrer l'évaluation, choisir le niveau du questionnaire (dans le cas du premier prototype, seulement une fonction a été préparée pour le test).

Par la suite, l'évaluateur répond aux questions, pour finalement obtenir les rapports d'évaluation et comparer ces résultats avec d'autres résultats du même niveau du questionnaire avec l'outil de diagnostic utilisé à ce moment-là chez STIQ.

Le cheminement des divers acteurs dans le prototype 1 est présenté à la figure 7.4.

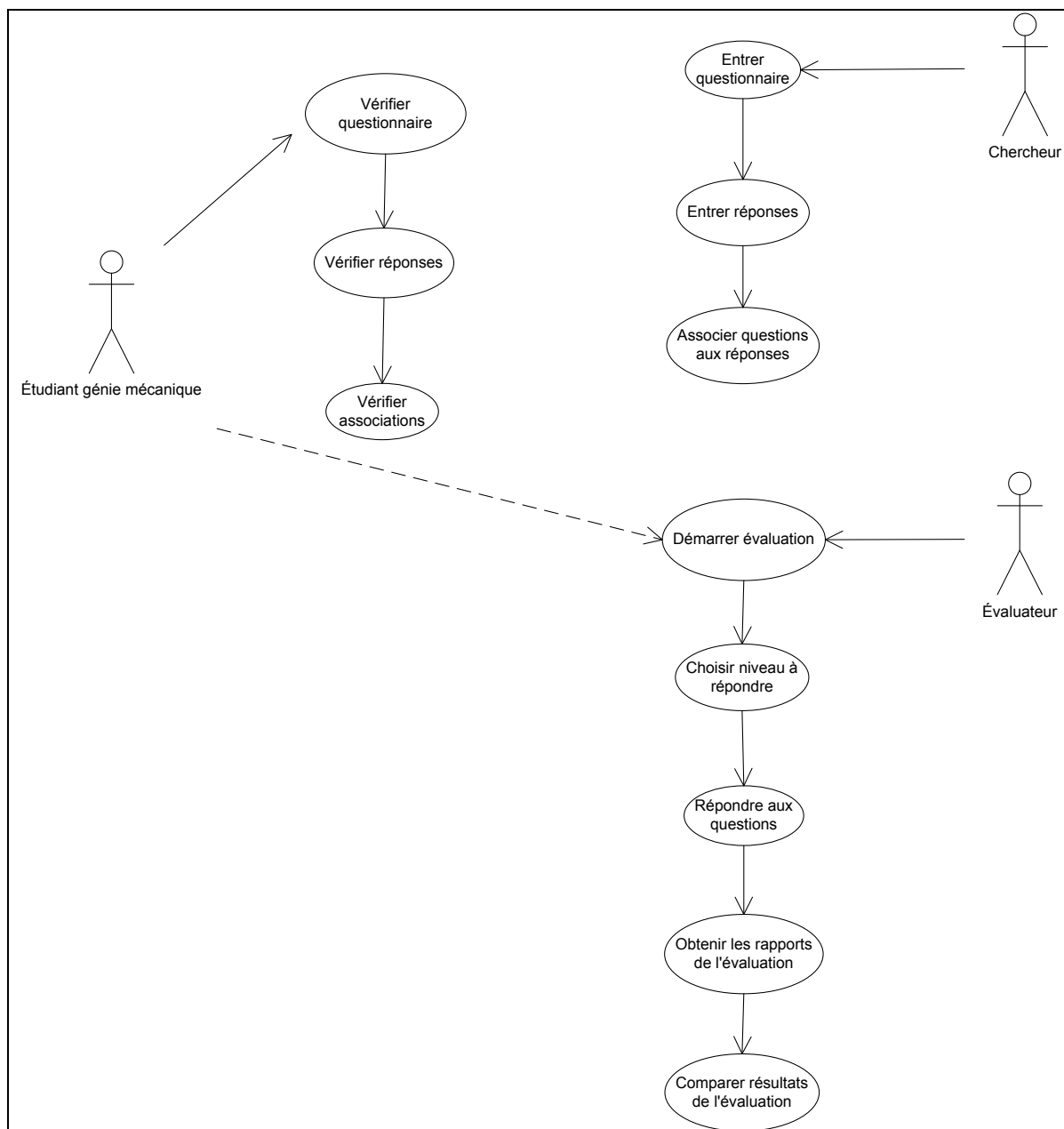


Figure 7.4 Cheminement des acteurs dans le premier prototype.

Le contenu de l'étude de cas fournie par l'équipe de STIQ a servi de contenu pour la grille du premier prototype démo, soit le questionnaire des « Ressources humaines ».

Le cheminement suivi par le chercheur (Figure 7.5) a été d'intégrer l'ensemble des questions fournies par STIQ et de décomposer en quatre (4) niveaux (c.-à-d. : thème, sous-thème, point d'évaluation et questions), en plus d'incorporer les choix de réponses assignées, pour finalement assigner l'échelle correspondante à chaque question. Précisons que les questions se trouvent seulement au niveau le plus détaillé, soit le niveau quatre. La figure 7.5 montre le cheminement détaillé suivi par l'utilisateur-chercheur dans le prototype 1.

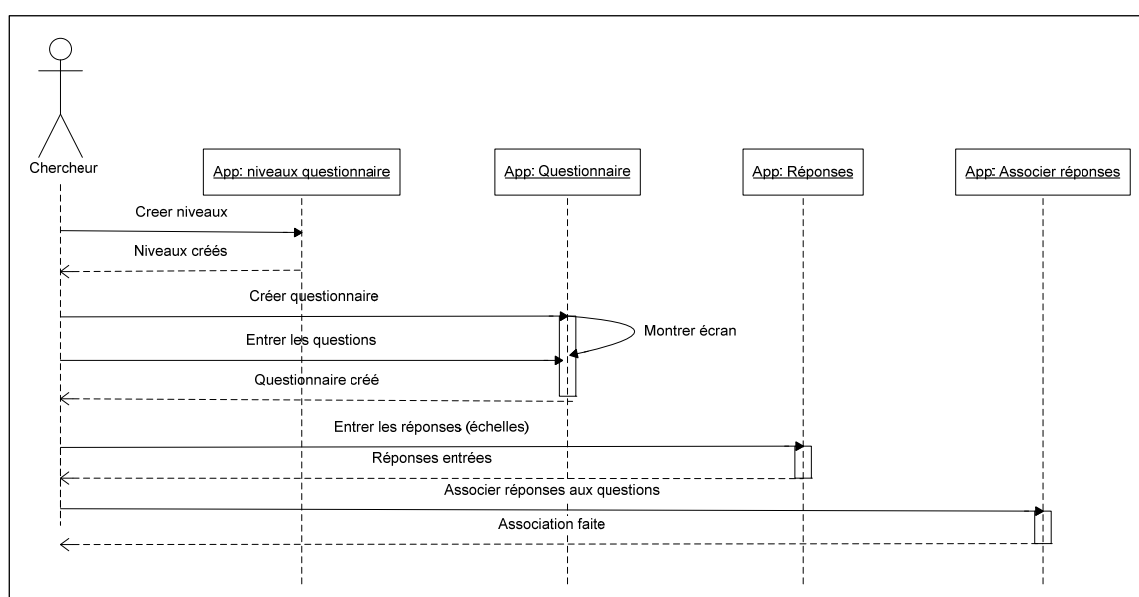


Figure 7.5 Cheminement du chercheur.

Dans le cas de l'évaluateur (mesureur) (Figure 7.6), il doit d'abord démarrer l'évaluation et le prototype va lui montrer les niveaux des questions pour lui permettre de choisir lequel il veut répondre. En deuxième lieu, il doit choisir la question à laquelle répondre et l'échelle de réponse associée va s'afficher pour lui permettre de choisir la réponse qui lui paraît la plus pertinente pendant l'évaluation, ainsi qu'un commentaire qui va éclaircir le choix fait. Finalement, l'évaluateur va enregistrer chaque réponse et continuera avec la prochaine question, jusqu'à la fin du niveau choisi pour les questions. L'évaluation finira quand l'évaluateur aura répondu à toutes les questions. La figure 7.6 montre le cheminement pour l'évaluateur dans ce prototype.

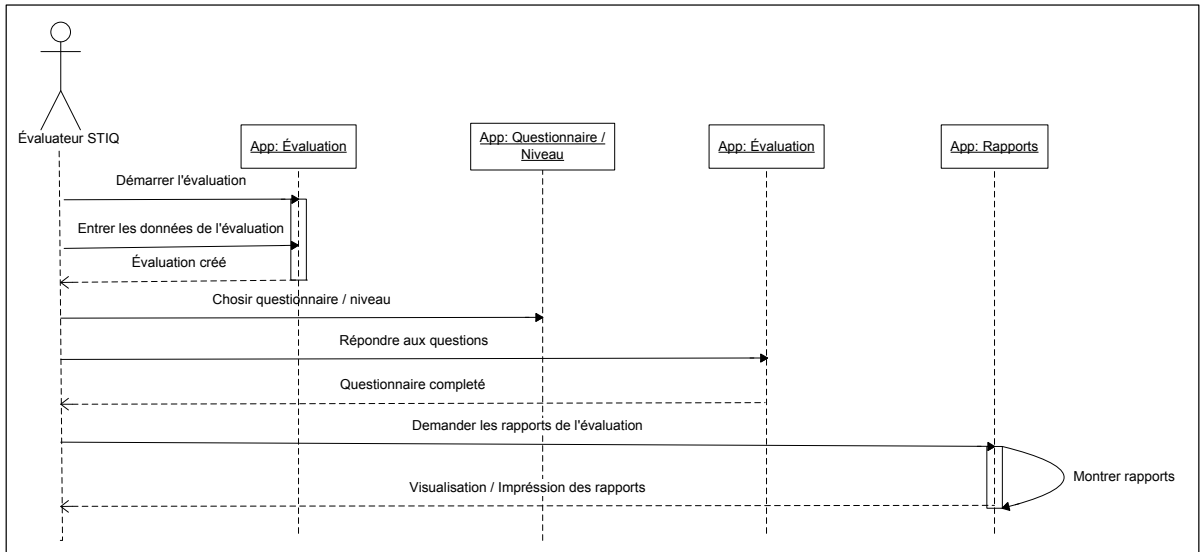


Figure 7.6 Cheminement de l'évaluateur.

L'étudiant de l'équipe de Génie mécanique (chercheur) utilise le prototype pour vérifier le contenu de la grille des questions, ainsi que les choix et les assignations de réponses faites pour chaque question. La figure 7.7 montre le cheminement du chercheur du Génie mécanique.

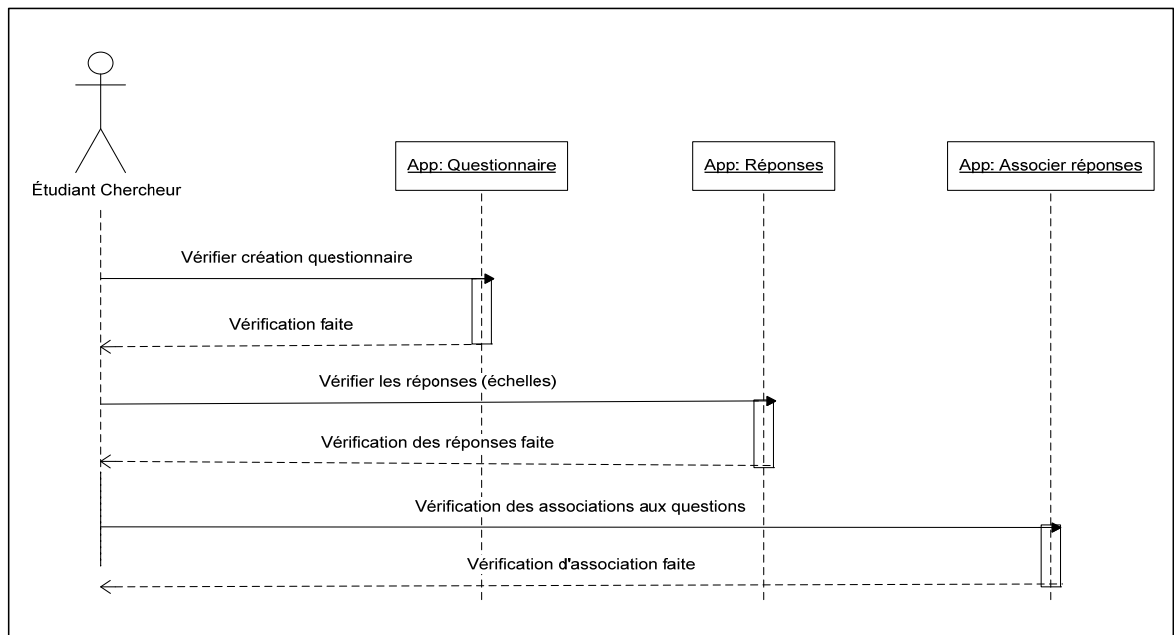


Figure 7.7 Cheminement de l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique.

Dans ce prototype 1, deux (2) rapports ont été construits. Un de ces rapports montre le résultat de l'évaluation (avec la notation obtenue) et permet d'aller par thème, sous-thème, point d'évaluation et même par question, pour obtenir la notation calculée suite à la réponse choisie par l'évaluateur. L'autre rapport montre simplement les questions avec leurs réponses, ainsi que les commentaires insérés par l'évaluateur. (Voir l'annexe IX pour le détail des écrans des rapports intégrés dans ce prototype.)

7.3 Vérification et expérimentation du prototype 1

Ce premier prototype a été vérifié par des évaluateurs chez STIQ et l'étudiant-chercheur appartenant à l'équipe de Génie mécanique de l'ETS chargée de développer le contenu (questionnaire) à utiliser dans le prototype. Cette vérification servira à développer une deuxième version ou prototype 2 - voir le chapitre suivant.

Les clients (c.-à-d. les utilisateurs primaires) de ce premier prototype étaient l'évaluateur (ou mesureur), ainsi que l'étudiant-chercheur (de l'équipe de Génie mécanique de l'ETS) qui ont vérifié les différentes informations entrées dans le questionnaire (c.-à-d. le modèle d'évaluation), ainsi que les échelles de réponses et l'assignation des réponses données aux questions. En utilisant l'étude de cas construite par STIQ, il a été possible de comparer les résultats de l'évaluation faite par ces utilisateurs avec les réponses fournies avec les cas.

Finalement, après les évaluations du prototype 1, le chercheur a utilisé l'information recueillie et donnée par l'évaluateur et l'étudiant-chercheur au sujet de la fonctionnalité et de la fiabilité du prototype, en plus des observations pour identifier et documenter les améliorations à apporter aux prototypes qui seront développés ultérieurement.

Comme pour toute vérification, l'objectif de celle-ci a été de vérifier auprès des acteurs (évaluateurs et étudiants chercheurs) la pertinence des résultats obtenus par l'entremise du prototype.

7.3.1 Vérification du prototype 1 par les étudiants chercheurs

Les étudiants chercheurs (équipe de Génie mécanique et Génie logiciel de l'ETS) ont vérifié la structure du prototype tant au plan du contenu que du logiciel. L'objectif de cette vérification a été de recueillir les opinions sur la facilité d'utilisation du prototype et sur la pertinence des résultats d'évaluation.

Des critères de comparaison pour la performance des outils d'évaluation ont été construits par l'équipe de génie mécanique de l'ETS, ce qui permettra de vérifier le contenu du questionnaire utilisé, le temps, la notation utilisée, la facilité d'utilisation, ainsi que la qualité des rapports produits pour le client. Les critères et le processus de vérification ont été détaillés à l'annexe IV.

7.3.2 Expérimentation auprès des évaluateurs avec le prototype 1

Après l'utilisation du prototype dans des situations expérimentales et sur le terrain, un rapport d'évaluation a été demandé aux évaluateurs de STIQ. Leurs recommandations ont été saisies pour permettre l'amélioration des versions ultérieures du prototype et pour insérer de nouvelles spécifications dans le prototype 2 à développer.

Leurs recommandations allaient de spécifications touchant à la fois les fonctionnalités du prototype et les fonctionnalités relatives à l'évaluation (ex., permettre plus d'options de réponses aux questions). Voir tableau 7.2.

7.3.3 Observations sur la vérification avec l'étudiant chercheur de l'équipe de Génie mécanique de l'ETS et les expérimentations avec les évaluateurs débutants

Les recommandations recueillies auprès des participants touchaient autant la fonctionnalité comme logiciel du prototype que la caractéristique du contenu de la grille des questions. Voir le tableau 7.2.

Tableau 7.2

Recommandations pour l'amélioration du prototype suivant

No.	Recommandations
1	Augmenter les choix de réponses aux questions (comme « non disponible » et « sans objet »).
2	Prévoir la notation avec les questions répondues avec les choix indiqués au point 1 de ce tableau (c.-à-d. qu'elles doivent faire partie du calcul de la notation).
3	Étant donné la nouvelle structure du contenu de la grille des questions, permettre des niveaux illimités, mais en conservant au moins trois niveaux hiérarchiques aux fins de présentation (comme thème, sous-thème et point d'évaluation).
4	Avoir la possibilité de mettre sur une seule ligne le champ pour inscrire une observation se rapportant à l'évaluation reliée à la question posée. Cela permettra d'avoir plusieurs questions à la fois à l'écran. Le prototype 1 permet le commentaire pour chaque question, mais le champ est placé en dessous, ce qui évite d'avoir plusieurs questions à la fois sur l'écran.

Quant aux résultats de l'évaluation du prototype 1 tant les experts que les évaluateurs ont été d'accord avec les réponses affichées par le prototype.

7.4 Rapport de test en industrie par le chercheur de l'équipe de génie mécanique

Les remarques de l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique (Bertrand, juillet 2005) quant au contenu et au logiciel sont les suivantes :

7.4.1 Partie théorique ou contenu

Pour tenir compte de la théorie de la valeur ajoutée, il faudrait réunir toutes les questions liées aux observations et les questions dédiées aux employés de plancher afin d'y répondre lors de la visite d'usine. Toutefois, un évaluateur d'expérience saura quoi regarder en fonction du questionnaire et pourra retenir les informations pertinentes jusqu'au moment où il ouvrira son ordinateur portable pour amorcer l'évaluation. Quant aux questions aux employés de l'usine, il ne serait peut-être pas sage de poser ces questions à eux. Il conviendrait plutôt de poser ces questions aux cadres.

Pendant ce test, c'est le questionnaire avec le nouveau contenu à quatre (4) niveaux des « Ressources humaines » qui a été utilisé. C'est la première version du questionnaire conçu à partir du rapport des « Ressources humaines ». La plupart des questions étaient pertinentes, mais il en manquait certaines qui se trouvaient dans le questionnaire de première génération de STIQ.

Toutefois, il faut comprendre que même si quelques questions paraissaient superflues, le questionnaire a été conçu pour des entreprises de toutes tailles. Il faut ainsi maintenir le questionnaire tel qu'il est ou enlever les questions qui se rapportent à des entreprises de plus grande taille.

7.4.2 Partie logiciel

Inconvénients identifiés pendant l'évaluation:

- Obligation de toujours revenir au menu principal du prototype pour revenir ensuite à un nouveau sous-thème une fois que l'on a fini un autre (Il faudrait ainsi avoir un contrôle à la fin de la série de questions du sous-thème courant pour pouvoir passer au suivant),
- il faut toujours peser sur le bouton « actualiser », pour enregistrer chaque réponse,
- il faut toujours faire un commentaire.

7.5 Réalisations effectuées avec ce premier prototype

Ce premier prototype visait l'élimination de la subjectivité dans le processus d'évaluation lui-même, en conséquence une première amélioration était la construction des options et des échelles de réponses standards. Cela a été possible après l'étude des cas construits par l'entreprise et le chercheur partenaire de cette recherche.

L'opérationnalisation de la saisie des méthodes de notation, ainsi que l'assignation des choix de réponses aux questions a été réalisée dans ce premier prototype.

7.6 Rétroaction final

Le prototype 1 une fois terminé a été installé sur le réseau de STIQ, et il a été rendu accessible via un navigateur à l'adresse <http://websems.stiq.com/>. Un document d'acceptation du prototype a été signé par STIQ pour confirmer son approbation.

À la suite des tests, des commentaires supplémentaires ont été formulés, principalement au sujet de l'interface utilisateur machine; ces commentaires seront pris en compte dans la construction du prototype 2 pour améliorer l'interface – voir tableau 7.3. Les changements à apporter au logiciel pour tenir compte de ces commentaires seront à réaliser graduellement à partir du prototype 2, en fonction des priorités.

Tableau 7.3

Améliorations suggérées pour le prototype 1

Amélioration	Recommandation
Suggérées par STIQ	Dans l'écran d'évaluation, le prochain prototype devra présenter à droite de chaque question le choix de réponses assignées et la boîte pour faire des commentaires, ceci permettra d'avoir plusieurs questions à la fois à l'écran.
Interface	Ajouter un écran de filtres pour choisir le thème, sous-thème ou point d'évaluation avant les écrans des « Options de notations », « Assignation de choix de notation », et « Évaluation d'entreprise », pour rendre plus flexibles et plus conviviales ces options.

Tableau 7.3 (suite)

Améliorations suggérées pour le prototype 1

Amélioration	Recommandation
Interface	<p>Ajouter un écran pour demander l'information de l'évaluation: le numéro, le nom de l'entreprise, la date de l'évaluation, le nom de l'évaluateur, et le questionnaire à utiliser.</p> <p>Prévoir aussi un écran pour afficher l'historique des évaluations ainsi que la note et le pourcentage complété de chaque évaluation.</p> <p>Modifier la façon de présenter le résultat de l'évaluation, à la manière d'un arbre; par exemple, montrer à droite de chaque option (thème, sous thème, point d'évaluation ou question du support) la notation obtenue, selon la position dans l'arbre.</p>
	<p>Ajouter de rapports additionnels comme:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Rapport avec les réponses aux questions, b. Rapport avec des réponses OUI, c. Rapport avec des réponses NON, d. Rapport avec des réponses Sans objet (S.O.), e. Rapport avec des réponses Non disponibles (N/D).

CHAPITRE 8

DÉVELOPPEMENT DU PROTOTYPE 2

8.1 Introduction

La construction du deuxième prototype a été planifiée en fonction de ce qui suit : le deuxième prototype permettra, en plus des fonctionnalités du prototype 1, le traitement des réponses SANS OBJET (S.O.) et des réponses NON DISPONIBLE (N/D), ainsi que la suppression de la limite des niveaux hiérarchiques des questions (quatre (4) dans le premier prototype : thème, sous-thème, point d'évaluation et questions du support), pour passer à un questionnaire avec des niveaux illimités.

La décision d'introduire la version sans limite pour les questions a été prise à la suite de la révision des rapports produits pour l'équipe de Génie mécanique dont l'une des améliorations a été l'ajout de questions additionnelles au questionnaire, ce qui a augmenté la profondeur des questions et a dépassé les quatre (4) niveaux du premier prototype. Cela représente la deuxième amélioration à apporter dans le développement d'un outil d'évaluation de performance des fournisseurs.

D'autres commentaires au sujet de l'interface de l'outil ont été formulés, par exemple :

1. Exclure la possibilité de choisir une réponse (sur celles de l'échelle assignée à la question) quand un des choix SANS OBJET ou NON DISPONIBLE est sélectionné.
2. Avoir dans une seule ligne le champ pour inscrire une observation reliée à l'évaluation en référence à la question posée.

La figure 1 illustre le cheminement suivi pour la construction de ce deuxième prototype, soit l'étape de la construction avec la modification, l'ajout de nouvelles fonctionnalités et l'étape du test de fonctionnement.

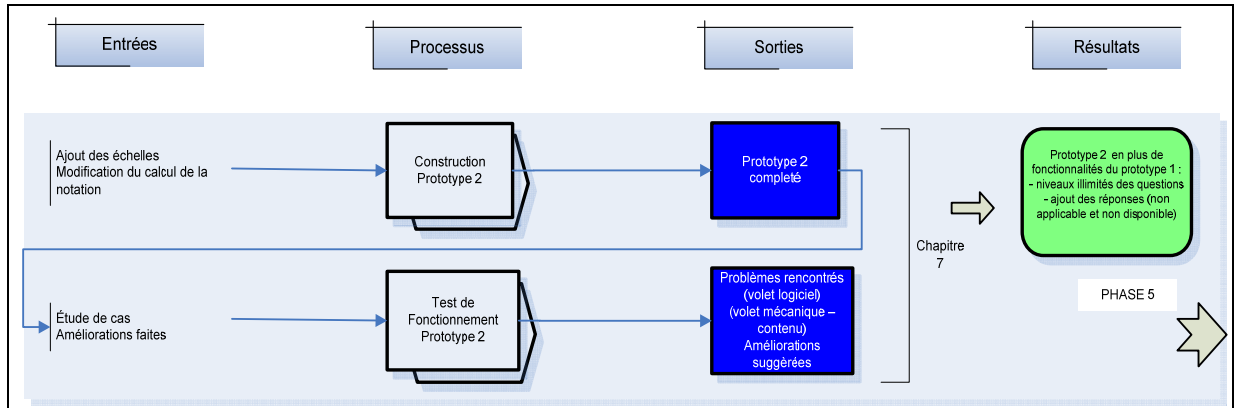


Figure 8.1 Cheminement suivi pour la construction du prototype 2.

8.2 Présentation des fonctionnalités du prototype 2

Cette section décrit les enjeux et les intrants utilisés pour établir les fonctionnalités du prototype 2; ces fonctionnalités apparaissent au tableau 8.1.

Tableau 8.1

Fonctionnalités du prototype 2

Prototype 2	Information à fournir par l'équipe de Génie mécanique et STIQ
<p>Défi : Développer une version sans limite dans les niveaux de questions.</p> <p>Choix des types de réponses ajoutés pour ce prototype:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Traitement des réponses SANS OBJET, • Traitement des réponses NON DISPONIBLE. 	<p><u>Tâche équipe STIQ:</u></p> <p>Donner les règles régissant les notations des questions sélectionnées.</p> <p>Identifier les exigences pour calculer la notation finale de l'évaluation au complet.</p> <p>Pour les réponses « <u>non disponible</u> », définir le traitement (en principe, sa notation était définie comme une échelle).</p>

Tableau 8.1 (suite)

Fonctionnalités du prototype 2

Prototype 2	Information à fournir par l'équipe de Génie mécanique et STIQ
	<p data-bbox="678 562 1179 600"><u>Tâche équipe ETS (Génie mécanique):</u></p> <p data-bbox="678 638 1393 709">Donner un aperçu des réponses attendues aux questions pour le choix de notation dans ce prototype.</p> <p data-bbox="678 747 1344 819">Définir le traitement des niveaux sans limite dans le questionnaire.</p> <p data-bbox="678 856 1419 928">Identifier les exigences pour calculer la notation finale de l'évaluation au complet.</p>

Des changements touchant la base de données ont aussi été effectués pour permettre au prototype de maintenir des questionnaires avec des niveaux illimités. Cependant, il a fallu conserver certains niveaux hiérarchiques pour des raisons de présentation de l'information : ces niveaux sont le thème et le sous-thème. Cela, combiné à une modification du calcul de la notation qui ne tient pas compte des réponses S.O. et N/D dans l'évaluation, correspond aux principales améliorations suggérées pour le prototype 2 et qui y ont été apportées.

Des études de cas ont été faites par STIQ et l'équipe de Génie mécanique de l'ETS. Ces études ont permis de continuer à bâtir la base des échelles de réponses paramétrées à utiliser dans ce prototype. Le questionnaire fourni par STIQ et inclus dans le prototype 2 est présenté à la figure 8.2. Mentionnons que cet écran permet seulement de visualiser le questionnaire devant servir à une évaluation et qu'il est impossible de le modifier dans cette version du prototype.

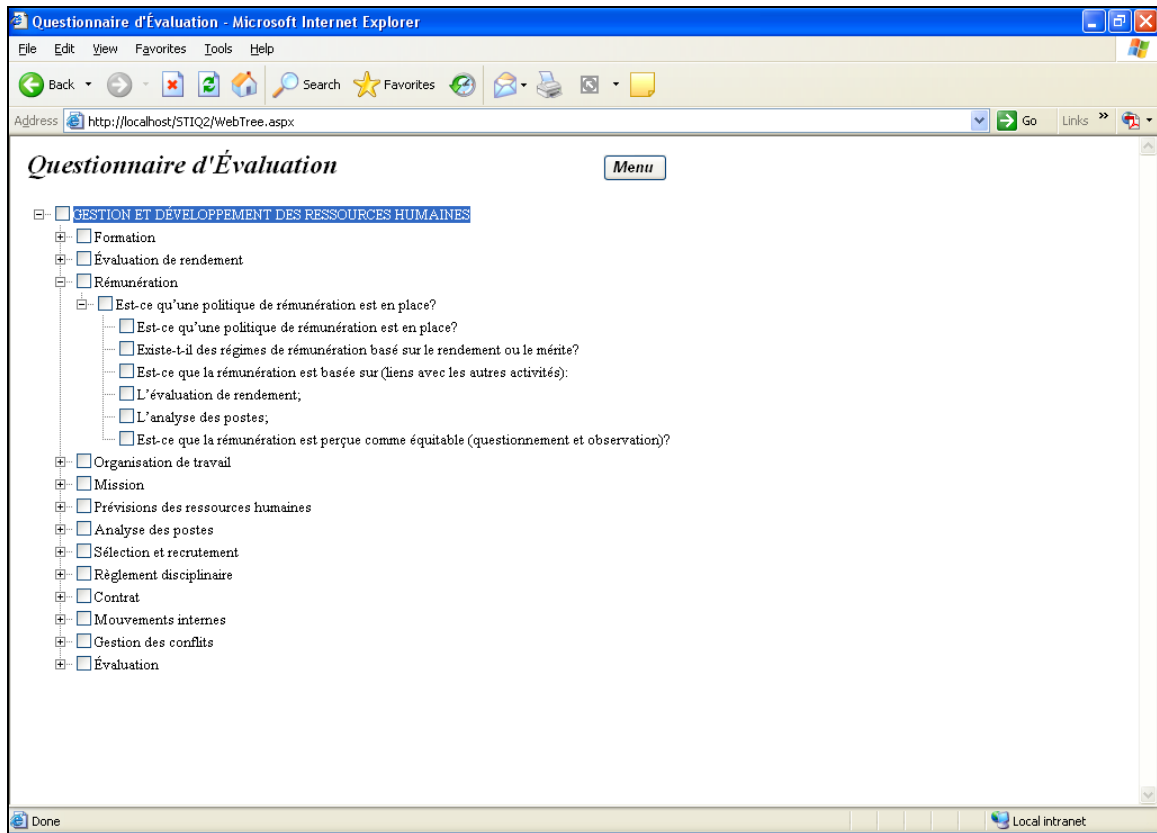


Figure 8.2 Questionnaire d'évaluation de STIQ pour le prototype 2.

Le chercheur de l'équipe de Génie logiciel avait pour tâche l'introduction du questionnaire, des nouvelles réponses « SANS OBJET » et « NON DISPONIBLE », pour finalement procéder à l'association des questions aux réponses. Quant à l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique, il lui appartenait de vérifier les réponses assignées aux questions, en considérant l'inclusion de celles mentionnées en haut, et de s'assurer du bien-fondé des associations.

La figure 8.3 indique les améliorations portées au prototype, avec l'inclusion des nouvelles réponses et le champ « commentaire » à côté de la question.

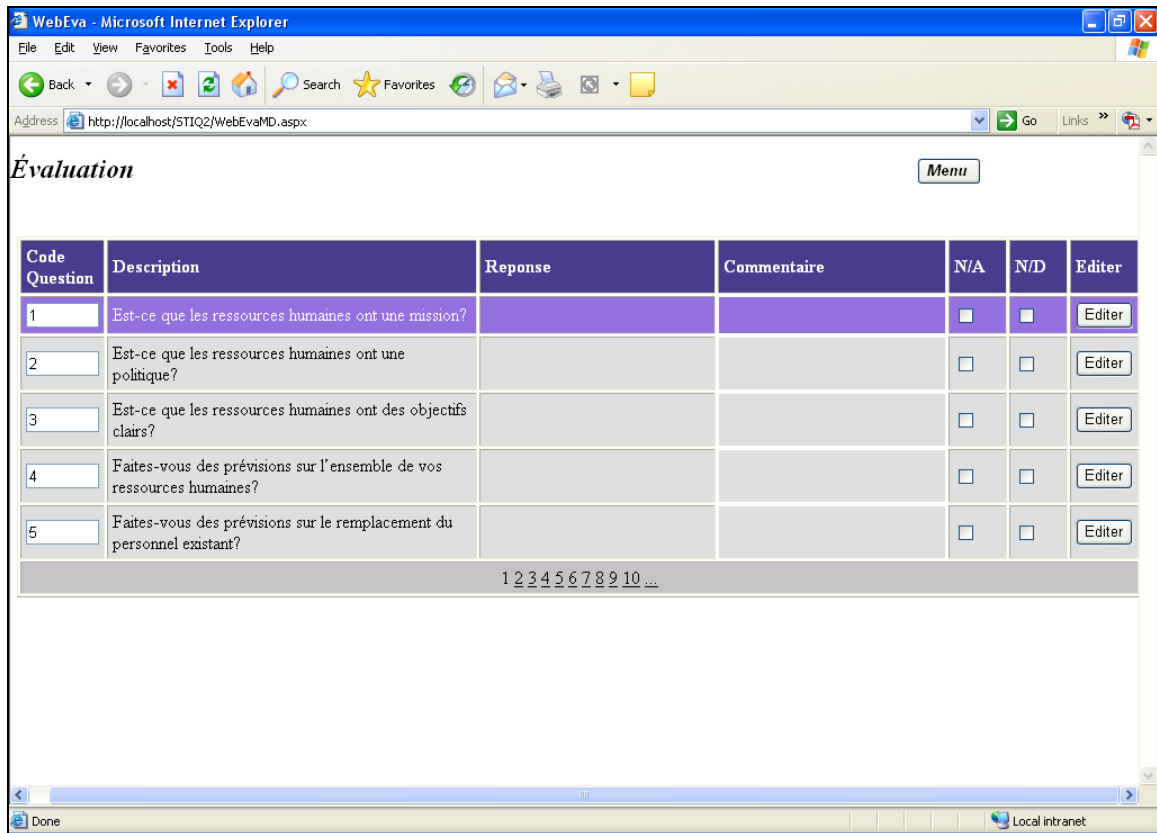


Figure 8.3 Écran d'évaluation pour le prototype 2.

Le diagramme de cas à la figure 8.4 montre le cheminement fait par l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique et l'évaluateur, ainsi que les différents scénarios utilisés par ces utilisateurs.

L'évaluateur de STIQ dans son cas va commencer l'évaluation et choisir le niveau du questionnaire (soit le thème ou sous-thème) à travers les filtres ajoutés au prototype. Ensuite, l'évaluateur de STIQ va répondre aux questions, pour finalement obtenir les rapports d'évaluation et comparer ces résultats avec d'autres résultats de même niveau du questionnaire avec l'outil de diagnostic alors utilisé par STIQ.

En outre, ce deuxième prototype permet quatre (4) nouveaux rapports : un premier avec les réponses OUI, un deuxième avec les réponses NON, un troisième avec les réponses SANS OBJET et un quatrième avec les réponses NON DISPONIBLE. L'évaluateur sera ainsi à

même de mieux analyser les réponses ainsi de rédiger un meilleur rapport final d'évaluation de l'entreprise. Voir annexe X avec le détail des rapports ajoutés.

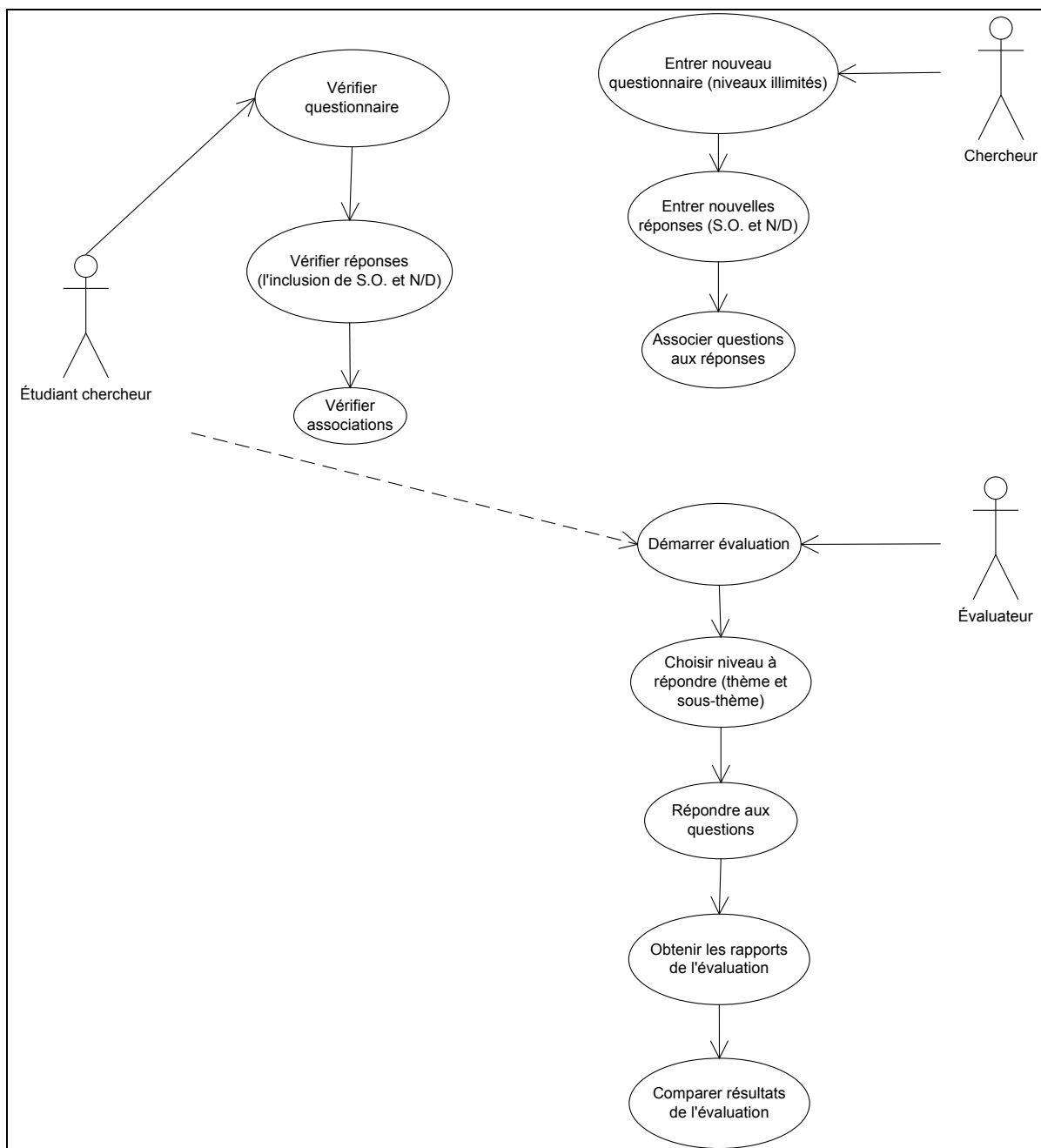


Figure 8.4 Cheminement des acteurs dans le prototype 2.

Deux (2) nouveaux contenus de la grille du deuxième prototype ont été construits: un questionnaire « ingénierie » fourni par STIQ et un de « Santé et sécurité au travail » (multi niveaux) par l'équipe de Génie mécanique de l'ETS.

Dans ce prototype des interfaces d'administration ont été ajoutées pour permettre à l'expert et à l'évaluateur de construire des échelles de réponse qu'ils assigneront aux questions. Il n'existe pas encore d'interface qui permette aux utilisateurs d'insérer ou de modifier le questionnaire.

Dans cette situation le chercheur (Figure 8.5) a intégré la grille des questions fournies par STIQ et l'équipe de Génie mécanique de l'ETS, ainsi que les nouveaux choix de réponses, pour finalement assigner l'échelle correspondant à chaque question. Dans ce prototype, les questions peuvent se trouver à partir du niveau 3 et plus.

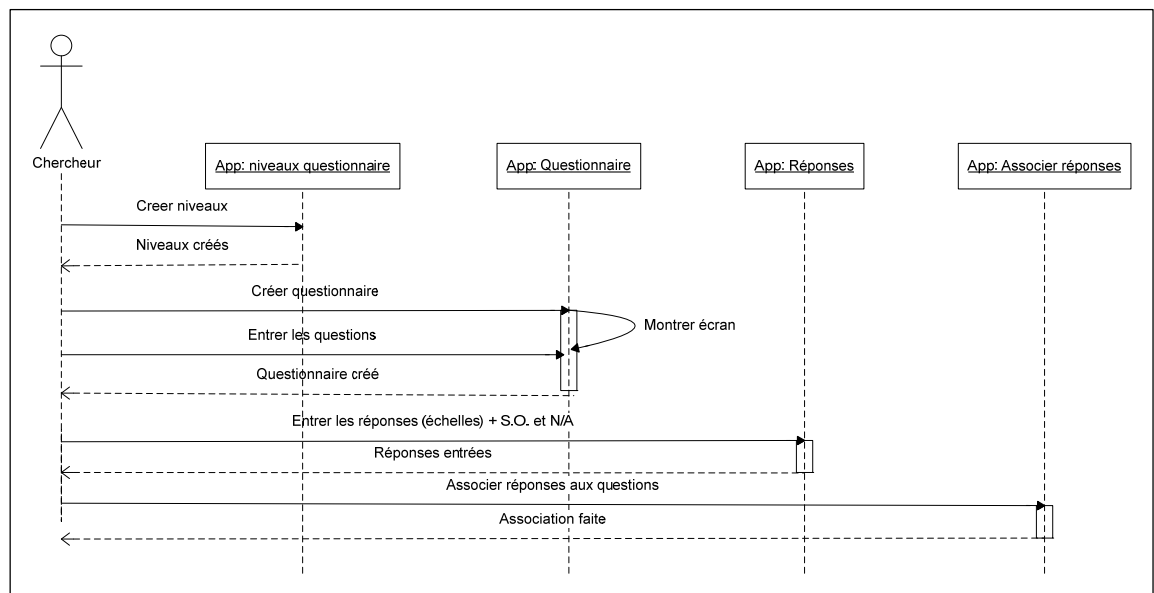


Figure 8.5 Cheminement de chercheur dans le prototype 2.

Le tableau 8.2 montre la structure du questionnaire de « Santé et sécurité au travail » fourni par l'équipe de Génie mécanique de l'ETS - Voir l'explication détaillée au sujet du nouveau questionnaire à l'annexe XI. Il est répondu par OUI ou par NON à toutes ses questions.

Tableau 8.2

Description du questionnaire de « Santé et sécurité au travail »

Niveau	Description
Thème	Santé et sécurité.
Sous-thème	Identification des risques (c'est seulement une identification pour la question d'en bas).
Question niveau 3	Est-ce que l'entreprise a des activités d'identification des risques?
Question niveau 3	Est-ce que l'entreprise fait des enquêtes d'accident?
Question niveau 4	Y-a-t-il une procédure écrite d'enquête d'accident?
Question niveau 4	Est-ce qu'un rapport d'accident est rédigé après chaque accident?
Question niveau 5	Le rapport contient-il les informations sur l'employé concerné?
Question niveau 6	Âge;
Question niveau 6	Fonction;
Question niveau 6	Date d'embauche;
Question niveau 6	Supérieur immédiat.

Les figures 8.6 et 8.7 montrent le schéma détaillé des fonctions du prototype 2. Dans le cas de l'évaluateur (mesureur) (Figure 8.6), il doit d'abord commencer l'évaluation en insérant les informations pertinentes; lorsqu'il poursuivra, le prototype lui montrera la grille des questions pour lui permettre de choisir le niveau auquel il veut répondre (dans ce prototype, il doit choisir entre thème et sous-thème).

En deuxième lieu, l'évaluateur va d'abord pouvoir choisir entre les réponses SANS OBJET et NON DISPONIBLE, ce qui va empêcher de choisir une réponse des échelles associées. Autrement, il va pouvoir choisir la question à laquelle répondre et l'échelle de réponse associée va apparaître pour lui permettre de choisir la réponse qu'il jugera la plus pertinente lors de l'évaluation ainsi qu'un commentaire qui éclaircira le choix fait ou l'aidera à approfondir l'évaluation dans cette partie.

Finalement, l'évaluateur va enregistrer chaque réponse et continuer avec la suivante, jusqu'au terme du niveau de questions choisi. L'évaluation se terminera quand l'évaluateur aura répondu à toutes les questions.

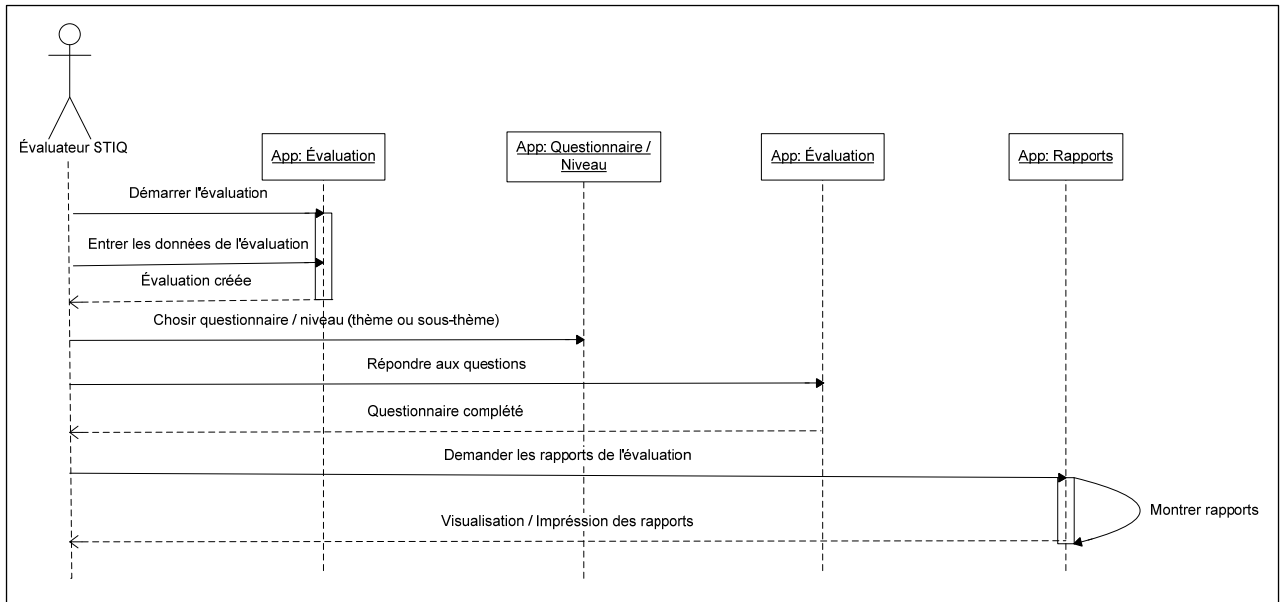


Figure 8.6 Cheminement de l'évaluateur dans le prototype 2.

L'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique de son côté utilise l'outil (Figure 8.7) pour vérifier le contenu du questionnaire, ainsi que les choix et l'assignation des réponses à chaque question.

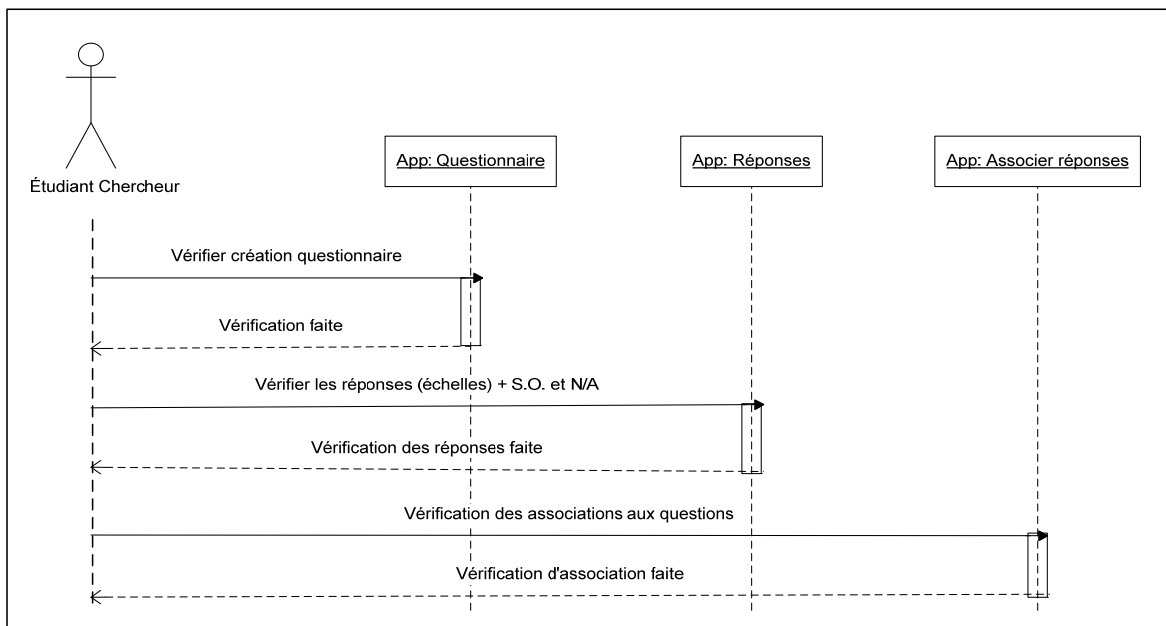


Figure 8.7 Cheminement de l'étudiant-chercheur de l'équipe de génie mécanique.

8.3 Vérification et expérimentation du prototype 2

Le propos de la vérification par des utilisateurs (évaluateurs appartenant à STIQ), ainsi que par l'équipe de travail de Génie mécanique chargé de développer le contenu (questionnaire) était d'inspecter le fonctionnement du prototype 2, ainsi que de détecter les difficultés survenues au cours de l'évaluation avec le prototype.

L'inclusion des réponses SANS OBJET et NON DISPONIBLE a été validée, ainsi que le résultat de l'évaluation suite à la nouvelle façon de calculer. Ce qui a eu pour effet de proposer des améliorations pour une troisième version ou prototype 3.

Comme avec le premier prototype, les clients ou utilisateurs primaires ont tenu lieu d'évaluateur (ou mesureur), lequel a utilisé cet outil pour une évaluation fictive s'appuyant sur les données des évaluations antérieures en vue d'obtenir une notation ou résultat de l'évaluation selon les réponses données. Pour sa part, l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique de l'ETS a été responsable du contenu du prototype.

En utilisant les cas construits par STIQ et l'équipe de Génie mécanique, il est possible de comparer les résultats de l'évaluation faite avec les réponses fournies pour le logiciel de première génération de STIQ. Dans ces conditions, le prototype a été utilisé dans une évaluation formelle, c'est-à-dire, de façon parallèle dans l'évaluation de « Les Industries d'ici inc. » avec le questionnaire « Ressources humaines ».

L'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique a de plus utilisé le prototype pour vérifier les différentes informations entrées dans le questionnaire, ainsi que les échelles de réponses et l'assignation des réponses aux questions.

Finalement, le chercheur a utilisé l'information recueillie par l'évaluateur de STIQ et l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique de l'ETS sur l'évaluation de la fonctionnalité et de la fiabilité du prototype ainsi que l'observation faite durant le test du

prototype chez le client pour découvrir et identifier des améliorations à faire à ce prototype et les prototypes suivants à développer.

L'objectif poursuivi était évidemment de vérifier auprès des acteurs (évaluateurs et experts) la pertinence des résultats obtenus par l'entremise du prototype.

8.3.1 Vérification du prototype 2 par les étudiants chercheurs

Les étudiants-chercheurs de l'équipe de Génie mécanique et de Génie logiciel de l'ETS ont vérifié la structure du prototype relativement au contenu et au logiciel. L'objectif de cette vérification a été de recueillir leur opinion sur la facilité d'utilisation du prototype et sur la pertinence des résultats de l'évaluation.

Des critères d'évaluation quant au contenu, au temps, à la notation, à la facilité d'utilisation et à la satisfaction du client utilisés dans le premier prototype ont été aussi pris en compte pour ce deuxième prototype. Cependant, étant donné l'utilisation du nouveau questionnaire sans la contrainte des quatre (4) niveaux hiérarchiques, un test de comparaison du temps d'évaluation, de la facilité d'utilisation et de la vérification de l'incidence de la subjectivité lors du choix de la notation a été fait avec l'outil actuel de STIQ.

Comme dans le cas du prototype 1, les procédures suivies pour la vérification du prototype en mode exploratoire (local) en présence des évaluateurs de STIQ et de l'ETS, des études de cas ont été prises comme référence aux fins de vérification des résultats préliminaires. Il n'a pas été nécessaire de répondre à toutes les questions pour obtenir une notation du prototype 2.

Le processus de vérification de ce nouveau prototype a inclus, outre les options du prototype 1, l'évaluation des nouveaux choix de réponses.

8.3.2 Expérimentation auprès des évaluateurs avec le prototype 2

Comme pour le premier prototype un rapport d'évaluation a été demandé aux évaluateurs de STIQ, ce qui a eu pour effet d'améliorer le prototype dans une nouvelle version. Voir tableau 8.3.

8.3.3 Observations sur la vérification par l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique de l'ETS et les expérimentations avec les évaluateurs débutants

Le tableau 8.3 présente les recommandations émises à la suite des vérifications de l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique de l'ETS et des expérimentations faites avec les évaluateurs débutants.

Tableau 8.3

Recommandation pour le prototype 3

N°	Recommandations
1	Permettre la création ou la modification des questionnaires.
2	Prévoir la création des liens de cause à effet.
3	Prévoir la création de règles pour gérer la création des liens.
4	Permettre de regarder de façon graphique les liens proposés.
5	Ajouter des descriptions d'aide aux réponses des questions pour des propositions d'amélioration du rapport d'évaluation.

Quant aux résultats de l'évaluation, tant les experts que les évaluateurs ont été d'accord avec les réponses fournies par le prototype.

8.4 Réalisations effectuées avec ce deuxième prototype

Avec ce deuxième prototype, nous avons cherché à éliminer la limitation des niveaux hiérarchiques des questions et à ajouter deux (2) nouveaux types de réponse : SANS OBJET et NON DISPONIBLE.

Pour y arriver, des recherches et des essais ont été faits par le chercheur sur le logiciel pour aboutir à produire un prototype qui puisse utiliser des contenus sans limite des niveaux hiérarchiques.

CHAPITRE 9

DÉVELOPPEMENT DU PROTOTYPE 3

9.1 Introduction

Le prototype 3 permet en plus des fonctionnalités du prototype 2 l'ajout des liens de cause à effet entre les questions et de règles de gestion pour les liens.

La figure 9.1 illustre le cheminement de la construction du troisième prototype, soit une étape de construction suivie d'une étape d'évaluation.

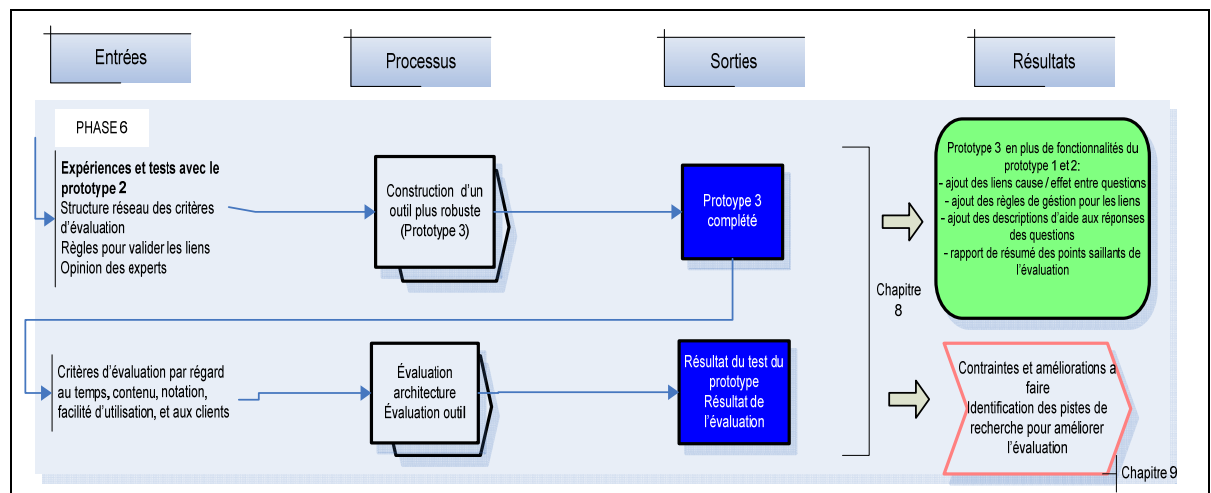


Figure 9.1 Cheminement pour le prototype 3.

9.2 Les liens de cause à effet: d'où viennent-ils?

Plusieurs des meilleures pratiques d'une entreprise manufacturière sont liées. En effet, certaines pratiques ont un lien de performance avec d'autres. Par conséquent, le besoin de lier les pratiques à la performance est devenu spécialement important pour les entreprises qui se fixent comme objectif d'être les meilleures dans l'industrie manufacturière.

Selon des études des groupes IBM et Andersen en 1993 et 1994, la relation causale entre les pratiques opérationnelles et la performance opérationnelle joue un rôle essentiel dans l'amélioration de la compétitivité dans l'entreprise. Cependant, il est très difficile d'établir des relations quantitatives entre ces pratiques, parce qu'une grande part de subjectivité existe encore dans ces études sur les relations causales. Pour cette raison, ces liens seront mis en pratique à des fins de rapport seulement, et montreront l'impact positif ou négatif que certaines pratiques peuvent avoir sur d'autres.

Pour ce projet de recherche les liens choisis ont été déterminés en fonction des résultats de recherche de l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique de l'ETS.

Pour faciliter la tâche des évaluateurs concernant l'établissement des règles des liens, l'application du logiciel sera soumise à certaines limites de manière à refléter la pertinence des liens entre les différentes pratiques. Il en sera de même pour les niveaux de hiérarchie.

Sens des liens

Les liens ont d'abord un sens ou une direction. Pour chaque graphique fourni à la fin des rapports des différentes fonctions des questionnaires, l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique a établi, à partir de sa revue de littérature, un sens comme lien de conséquence de performance.

Le sens est établi en fonction de sa conséquence sur l'activité suivante. Pour cette raison, la direction de la flèche indique que si la première activité n'est pas faite entièrement, il en résultera une conséquence négative sur la performance de l'activité vers laquelle la flèche est pointée.

Ainsi, à la figure 9.2, la pratique ou l'activité A a une conséquence de performance sur la pratique ou l'activité B.

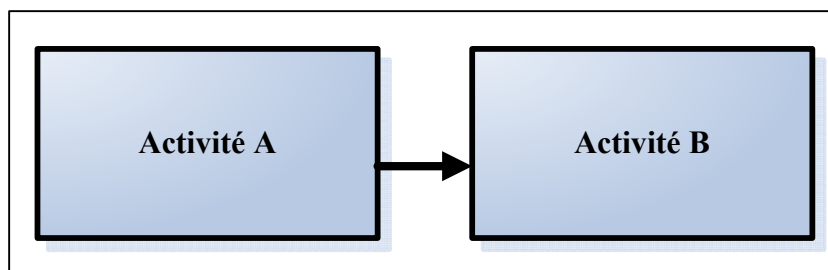


Figure 9.2 Liens de conséquence des activités.

Il s'agit ici d'un lien de conséquence, donc qui ne peut qu'être de nature négative. Ainsi, si l'activité A est complète (ayant une notation de 100 %), il n'y aura pas d'effet d'amélioration du pointage de l'activité B. De plus, même si l'activité n'est pas complétée, le pointage de B ne sera pas diminué non plus. Étant donné qu'il n'y a pas de façon concluante dans la littérature à propos d'une relation de performance confirmée, c'est-à-dire qu'il est très difficile d'établir des relations quantitatives entre les meilleures pratiques, le résultat de l'évaluation ne comportera ni diminution ni augmentation.

C'est pourquoi cette recherche a prévu seulement une analyse cause-conséquence aux fins de rédaction des rapports. Le lien de conséquence négative ne peut qu'être exprimé dans le rapport remis au client. En effet, c'est dans le rapport que l'évaluation produira par l'entremise d'un texte à cet effet, un avertissement de conséquence pour le client. Ainsi, ce dernier pourra voir et comprendre l'interrelation entre les activités compilées du modèle d'évaluation.

Niveaux des liens

Les liens peuvent aussi se faire entre des niveaux différents. Un niveau ici est exprimé comme étant le classement où peuvent se retrouver l'activité ou le regroupement d'activités les unes par rapport aux autres pour faciliter la navigation et la compréhension du modèle d'évaluation.

Il est nécessaire dans l'outil d'évaluation que le premier niveau corresponde aux fonctions ou aux départements compris dans le modèle d'évaluation. Le modèle d'évaluation comprend onze (11) départements au premier niveau :

- Achats;
- Administration;
- Comptabilité et financement;
- Environnement;
- Fabrication;
- Ingénierie;
- Maintenance;
- Marketing;
- Qualité;
- Ressources humaines;
- Santé et sécurité;

Chaque département est un rassemblement de plusieurs activités qui leur sont liées (voir annexe XII). Par exemple, les activités de deuxième niveau du département de la Santé et de la sécurité sont les suivantes :

- Identification des risques;
- Registre d'accidents;
- Compilation et analyse des données;
- Plan d'usine;
- Identification des produits dangereux;
- Choix des solutions;
- Applications des solutions;
- Suivi, contrôle et évaluation des solutions;
- Gestion des cas d'accidents;
- Gestion des situations d'urgence.

Des activités des départements peuvent s'extraire de ce deuxième niveau, qui correspond à des regroupements d'activités. En continuant avec cet exemple pour les regroupements d'activités du deuxième niveau du département de Santé et de sécurité, les activités du troisième niveau regroupées sous « identification des risques » seraient :

- Enquête d'accident;
- Inspection de l'environnement de travail;
- Analyse des tâches et des postes.

Chaque niveau peut être un point d'évaluation. Toutefois, les niveaux inférieurs sont des points d'évaluation plus détaillés desquels dépendent les niveaux supérieurs pour leur pointage respectif.

Règles entre les niveaux

Quelques règles régissent les liens entre les niveaux. De fait, il n'existe plus de lien au troisième niveau. En effet, plus l'on descend dans la hiérarchie des niveaux, plus les activités sont détaillées par des points d'évaluation. Ainsi, il devient plus difficile de justifier, par l'entremise d'une revue de la littérature, des liens probablement réels. De plus, chaque entreprise est unique dans son mode de fonctionnement. C'est pourquoi, afin de justifier un modèle universel d'évaluation, il faut rester le plus simple et le plus clair possible en établissant les liens.

Les liens existent d'abord dans les regroupements d'activités. Autrement dit, les activités du deuxième niveau peuvent avoir des liens de performance entre elles à l'intérieur d'une même fonction (premier niveau) et à travers les fonctions. Par exemple, les activités de maintenance préventives ont une conséquence sur la performance aux solutions des problèmes de santé et de sécurité.

De plus, des liens peuvent exister entre les regroupements d'activités et les fonctions par exemple entre le deuxième niveau et le premier niveau. Toutefois, l'inverse n'est pas vrai

dans le cas de cette recherche. Par exemple, l'engagement envers la santé et la sécurité du département de l'Administration (2e niveau) a un impact sur la performance du département de Gestion de la santé et de la sécurité.

Les activités du premier niveau peuvent être dans les deux sens. En fait, la modélisation n'autorise pas de liens dans les deux sens. Toutefois, si l'on observe uniquement le modèle au niveau des fonctions (premier niveau), l'on remarque des liens de performance dans les deux sens parmi la plupart des paires possibles de fonctions.

À des fins d'améliorations ultérieures, il est possible de dégager des liens entre les deuxième et troisième niveaux de la modélisation proposée. Pour que ces liens soient mis en pratique, il faudra se pencher sur une méthodologie visant à les établir dans les rapports remis aux clients de STIQ. Cette méthodologie ne pourra se faire qu'après un certain nombre d'utilisations du nouvel outil auprès de la clientèle de STIQ. Le tableau 9.1 indique les nombre des liens initiaux entre chaque fonction (soit premier au deuxième niveau) avec le reste des fonctions de l'entreprise. Un total de 241 liens a été configuré dans cette version du questionnaire.

Tableau 9.1

Liens cause-conséquence entre fonctions et sous-fonctions

Fonction	Nombre des liens avec d'autres fonctions et soi-même
Administration	19
Production	45
Ingénierie	30
Achats	20
Marketing	23
Maintenance	18
Comptabilité et financements	6
Santé et sécurité	26
Qualité	13
Environnement	6
Ressources humaines	35
Total liens	241

9.3 Présentation des fonctionnalités du prototype 3

Cette section précise les enjeux et les intrants utilisés pour établir les fonctionnalités et spécifications du prototype 3; ces fonctionnalités sont indiquées au tableau 9.2.

Tableau 9.2

Fonctionnalités du prototype 3

Prototype 3	Information requise de l'équipe de Génie mécanique et STIQ
<p>Défi : Ajouter des liens entre questions</p> <p>Choix des types de réponses pour ce prototype:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liens entre questions en appliquant à chacune d'elles des probabilités ou des pondérations pour comptabiliser la notation finale de la question initiale (Cette pondération n'est pas développée). <p>En plus, ce prototype aura les fonctionnalités additionnelles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prévoir la création de règles pour gérer la création des liens. • Permettre de regarder de façon graphique les liens proposés. • Ajouter des descriptions d'aide aux réponses aux fins d'amélioration du rapport d'évaluation. 	<p><u>Tâche équipe STIQ:</u></p> <p>Discuter du défi du prototype.</p> <p>Donner les règles pour les notations des questions sélectionnées.</p> <p>Introduire dans les questions la notion de lien de cause à effet.</p> <p>Établir des descriptions d'aide pour les réponses aux questions.</p> <p>Identifier les exigences pour calculer la notation finale de l'évaluation (au complet).</p> <p><u>Tâche équipe ETS (Génie mécanique):</u></p> <p>Donner un aperçu des réponses attendues pour le choix de notation dans ce prototype.</p> <p>Discuter des liens possibles à définir entre les questions, ainsi que du niveau ultime pour ce faire.</p> <p>Discuter la pondération ou la probabilité à assigner à chaque lien pour la notation finale.</p> <p>Identifier les exigences pour calculer la notation finale de l'évaluation (au complet).</p>

En partant des expériences et des résultats des tests du prototype 2 et en recueillant les informations de la revue de littérature sur le domaine, cette étape de recherche a ajouté de nouvelles fonctionnalités. Ainsi, étant donné que la rédaction du rapport final était une priorité, les descriptions d'aide ou des résultats de l'utilisation des meilleures pratiques dans l'entreprise qui ont été présentées dans un rapport préliminaire et qui permettront d'accélérer et d'améliorer la rédaction du rapport final d'évaluation, ont été ajoutées pour les réponses OUI et NON dans chaque question importante.

La figure 9.3 montre le design du questionnaire avec l'ajout des descriptions d'aide pour les questions, selon la réponse choisie.

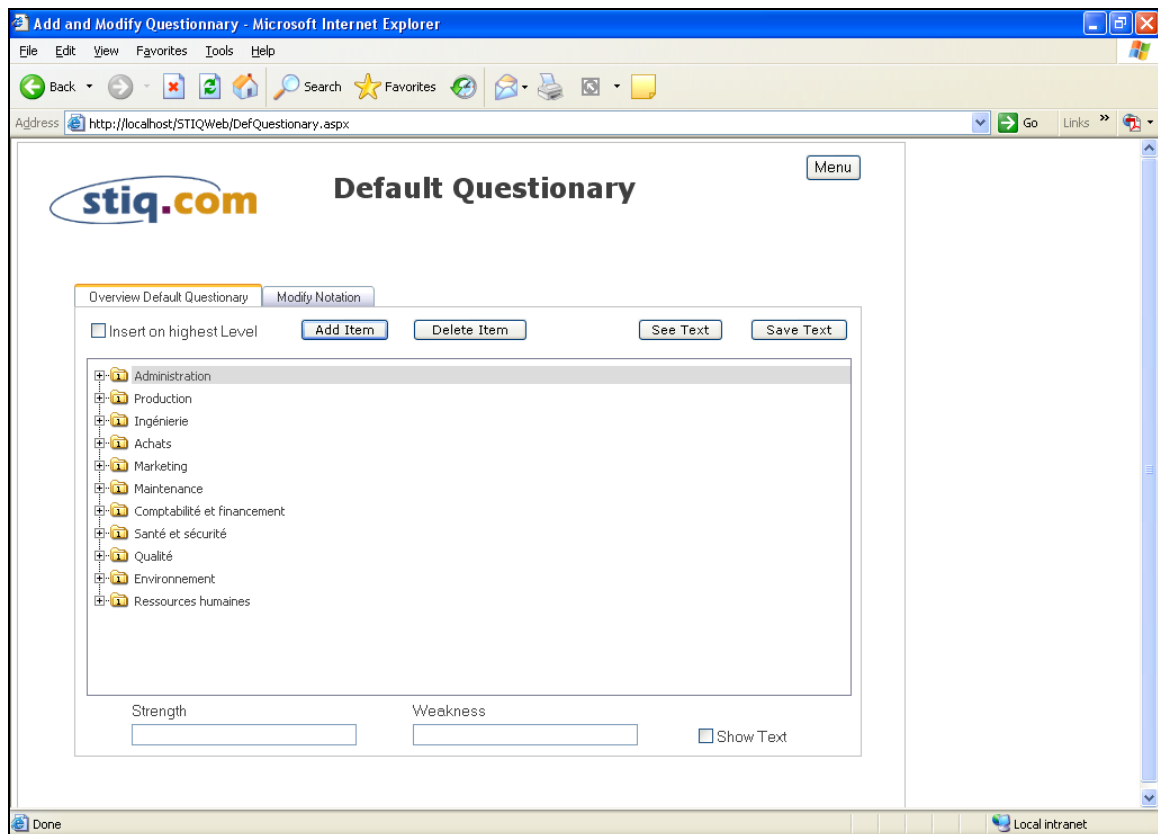


Figure 9.3 Ajout des descriptions aux questions.

Un autre ajout a été le lien de cause à effet entre ces meilleures pratiques. Ceci signifie qu'à l'aide des règles de gestion de ces liaisons, l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie

mécanique a pu approfondir dans la littérature les liens de cause à effet connus dans les meilleures pratiques qui étaient incluses dans le contenu du modèle d'évaluation pour les insérer dans le modèle.

Ces liens peuvent guider l'évaluateur pour rédiger un rapport dans lequel il propose des améliorations à l'entreprise évaluée, ce qui donne une valeur ajoutée au système développé dans le cadre de cette recherche.

Les figures 9.4, 9.5 et 9.6 montrent cette fonctionnalité ajoutée au logiciel d'évaluation, d'abord l'écran des règles de gestion, ensuite l'écran pour ajouter les liens, finalement l'affichage à l'écran d'une représentation graphique des liens.

Name	Condition	From Level	To Level	LevelApplie	Warning Text	Warning
level		1	1	0	Not possible! (Level 1 to Level 1)	true
level		1	2	0	Not possible! (Level 1 to Level 2)	true
level		1	3	0	Not possible! (Level 1 to Level 3)	true
level		1	4	0	Not possible! (Level 1 to Level 4)	true
level		2	1	0		false
level		2	2	0		false
level		2	3	0	Not possible! (Level 2 to Level 3)	true
level		2	4	0	Not possible! (Level 2 to Level 4)	true
level		3	1	0	Not possible! (Level 3 to Level 1)	true
level		3	2	0	Not possible! (Level 3 to Level 2)	true
level		3	3	0	Not possible! (Level 3 to Level 3)	true
level		3	4	0	Not possible! (Level 3 to Level 4)	true

Figure 9.4 Règles de gestion des liens entre questions.

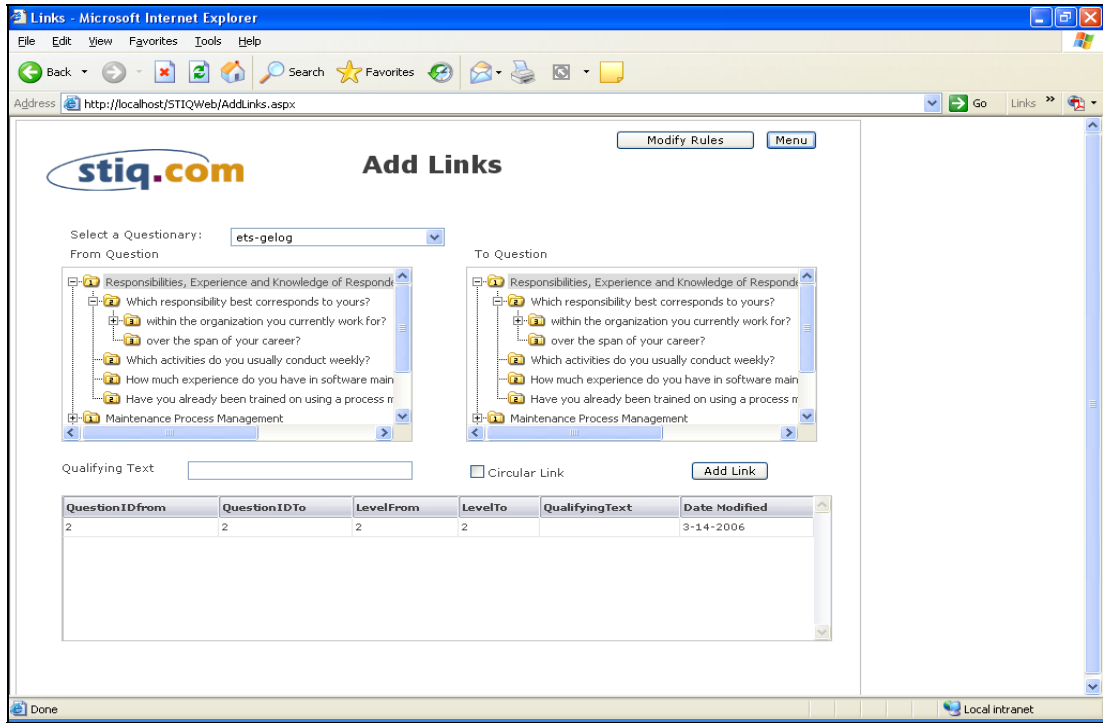


Figure 9.5 Ajout des liens entre questions.

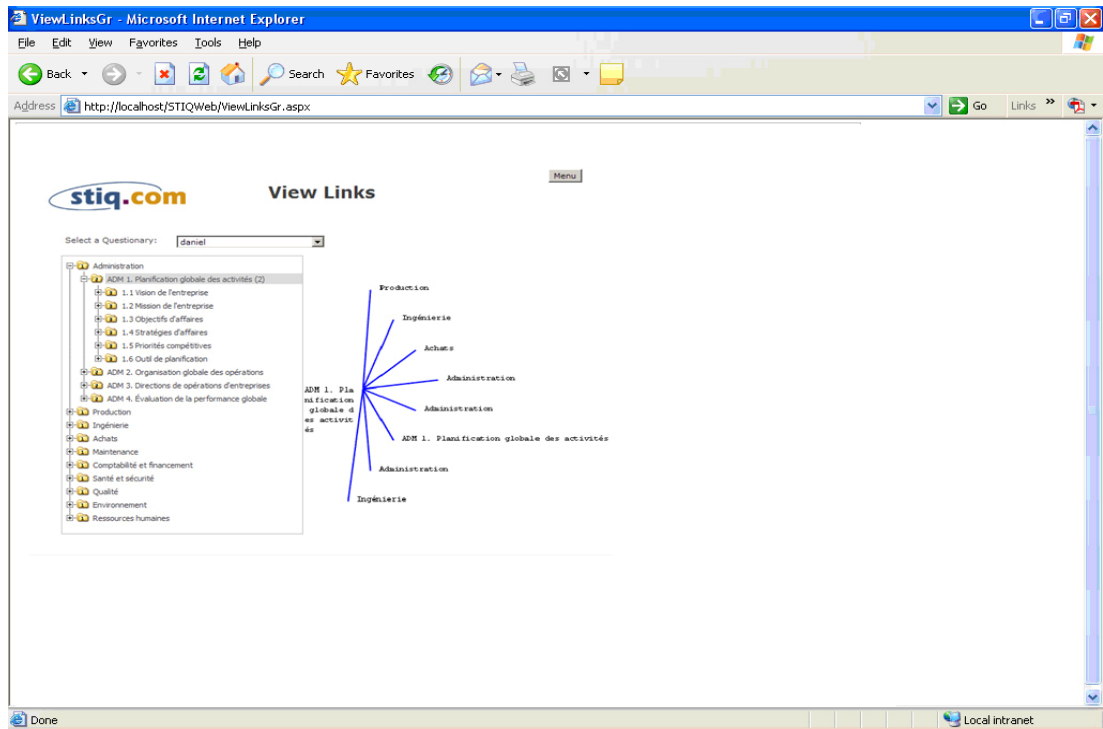


Figure 9.6 Visionnement graphique des liens entre questions.

Un rapport préliminaire de ces points saillants avec possibilité d'exportation sur un logiciel de traitements de texte a été aussi ajouté comme fonctionnalité dans ce troisième prototype.

À la figure 9.7, le diagramme de cas montre le cheminement de l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique de l'ETS et de l'évaluateur de STIQ, et les différents scénarios qu'ils ont utilisés.

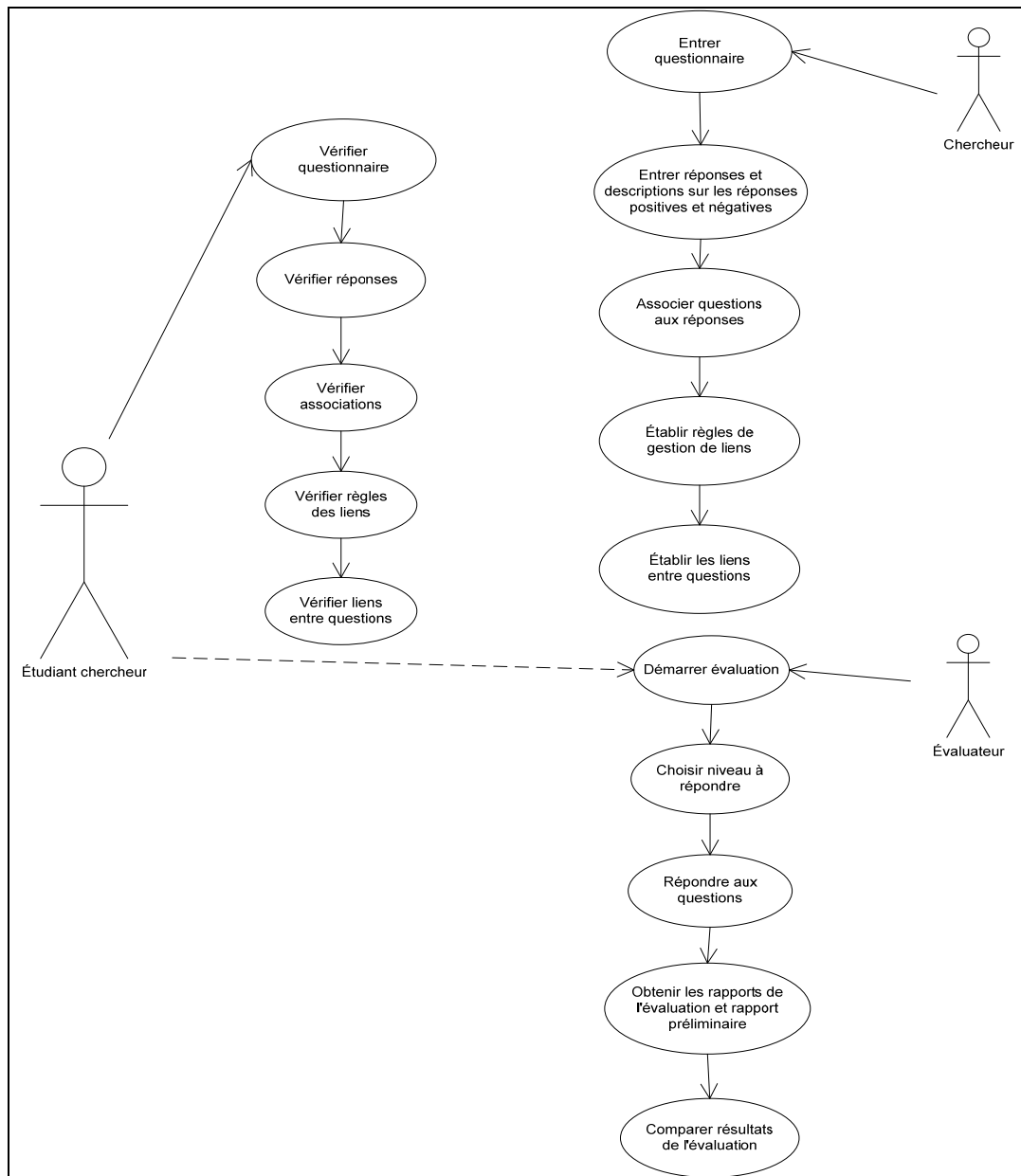


Figure 9.7 Cheminement des acteurs dans le prototype 3.

Dans ce cheminement, le chercheur (Figure 9.8) a intégré l'étude de cas dans le prototype 3, avec son contenu décomposé en quatre (4) niveaux : thème, sous-thème, point d'évaluation et questions d'évaluation; en plus d'insérer les choix de réponses assignées, pour finalement assigner l'échelle correspondant à chaque question. Précisons que les questions se trouvent seulement à partir du niveau trois.

Étant donné que ce prototype 3 permet les liens de cause à effet entre questions, le chercheur va établir les liens en suivant les règles de gestion introduites pour une telle situation. La figure 9.8 montre le schéma détaillé des fonctions du chercheur dans le prototype 3.

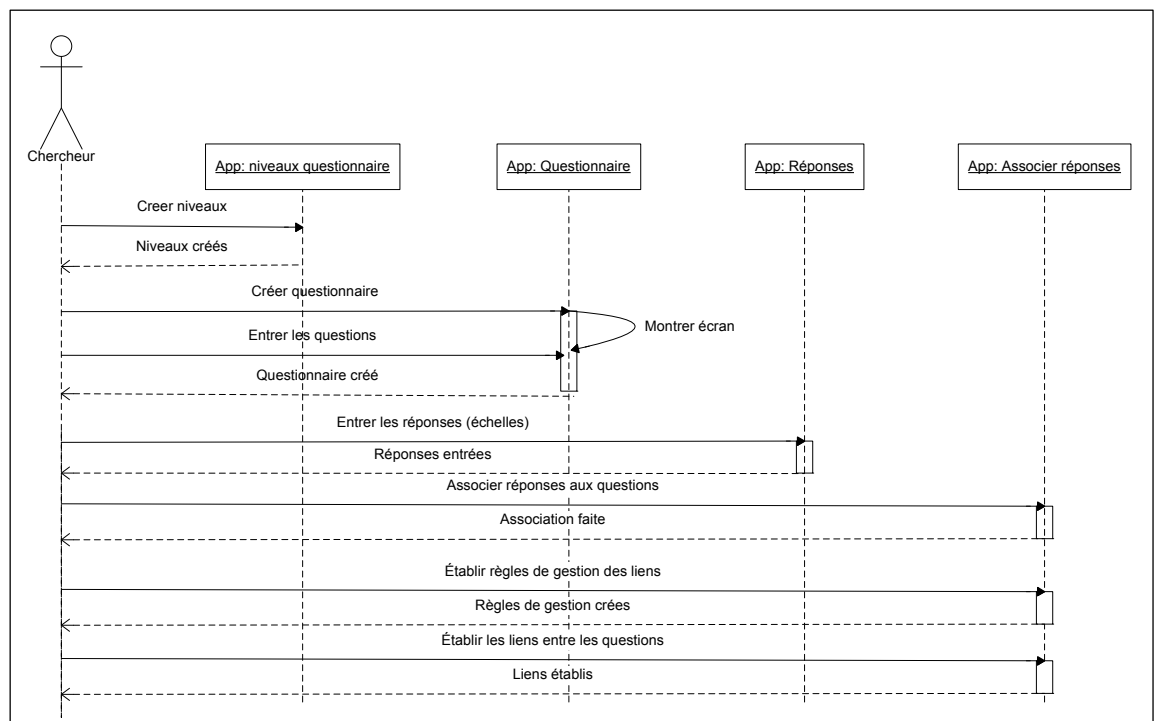


Figure 9.8 Cheminement du chercheur dans le prototype 3.

Dans le cas de l'évaluateur (mesureur) (Figure 9.9), celui-ci doit d'abord amorcer l'évaluation et entrer les données correspondantes puis choisir le niveau de réponse au questionnaire. Le prototype va lui montrer ensuite la grille des questions, pour permettre de répondre aux questions.

L'évaluateur choisit après, sur l'échelle de réponse associée, l'option avec laquelle il va répondre à la question, ainsi qu'un commentaire donnant des précisions sur la réponse. Finalement, l'évaluateur va enregistrer chaque réponse et enchaîner avec la suivante, jusqu'à la fin du niveau de questions choisi. L'évaluation se terminera quand l'évaluateur aura répondu à toutes les questions. Par la suite, l'évaluateur pourra visualiser les rapports de l'évaluation, ainsi que le rapport des principaux points saillants. La figure 9.9 montre le cheminement de l'évaluateur.

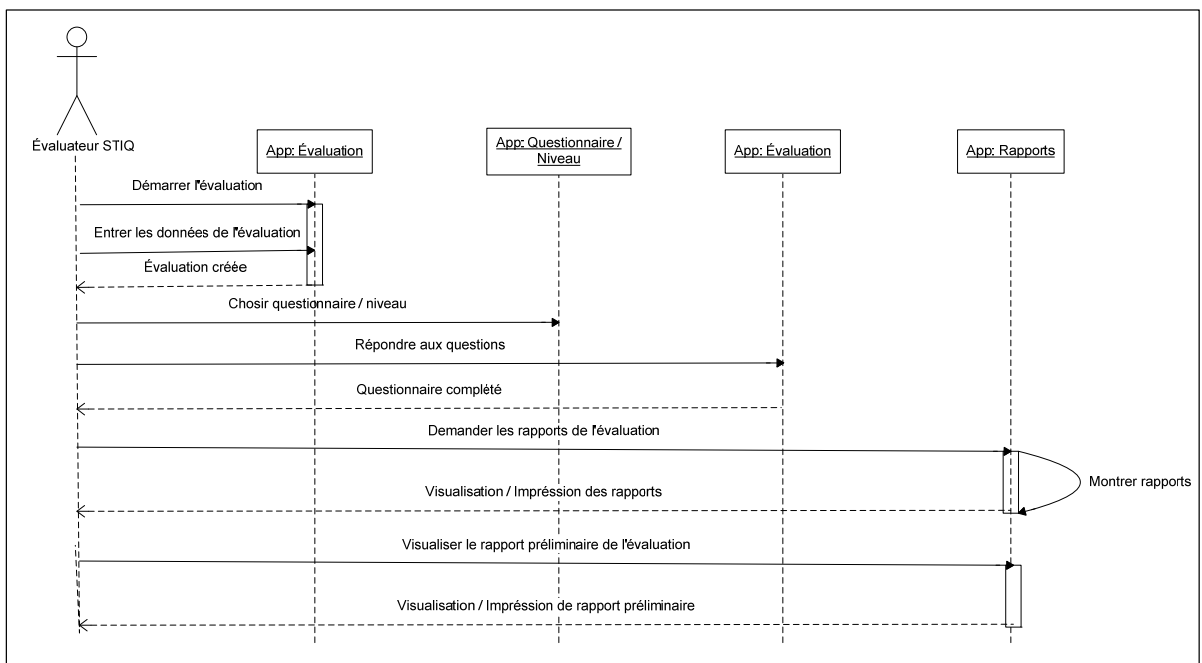


Figure 9.9 Cheminement de l'évaluateur dans le prototype 3.

L'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique de l'ETS a utilisé pour sa part l'outil (Figure 9.10) pour vérifier le contenu de la grille de questions, ainsi que les choix et les assignations des réponses à chaque question. En plus, il a utilisé les règles de gestion des liens et les liens entre les questions ou les meilleures pratiques dans le modèle. La figure 9.10 montre le cheminement à suivre par l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique.

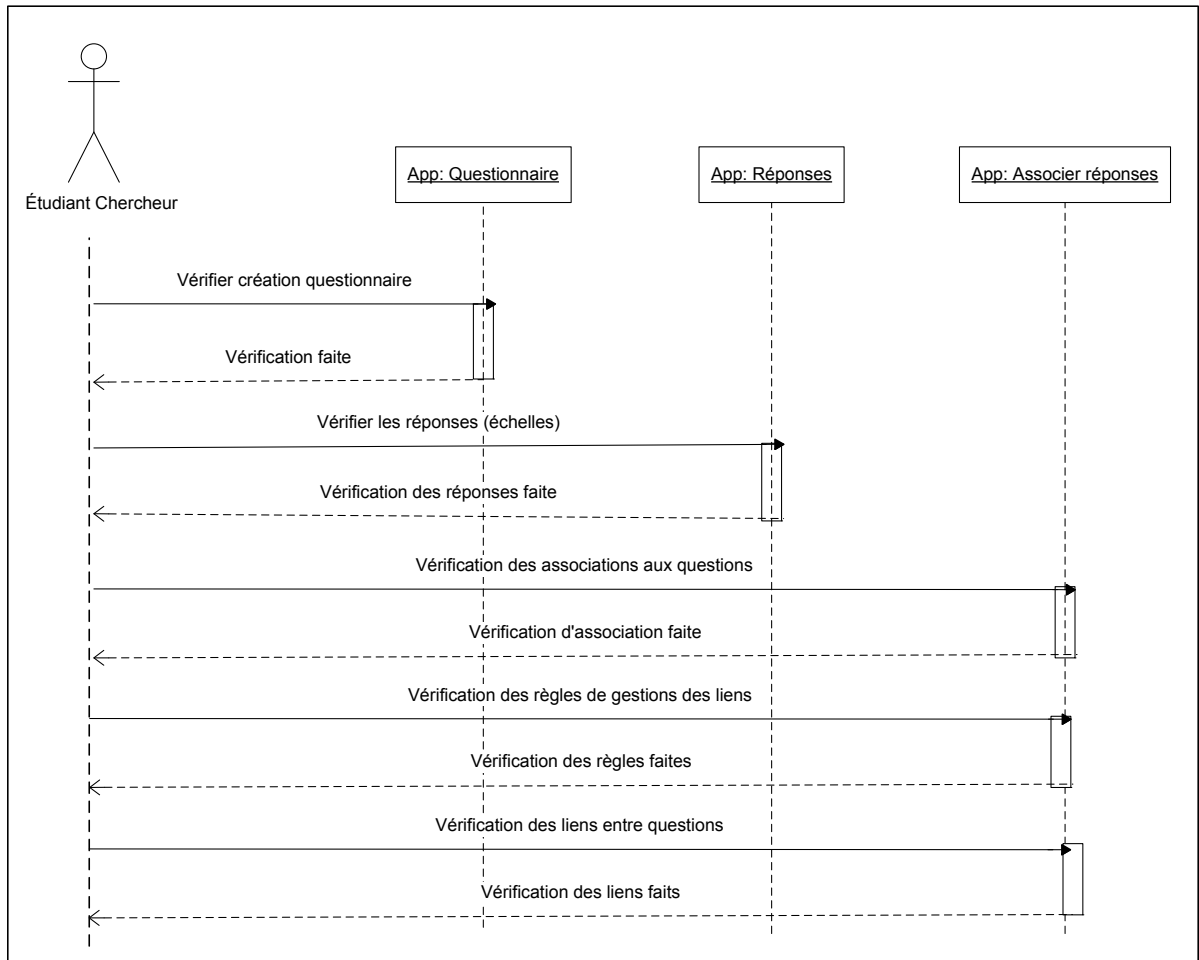


Figure 9.10 Cheminement de l'étudiant chercheur de l'équipe de génie mécanique dans le prototype 3.

9.4 Vérification et expérimentation du prototype 3

Ce sont les évaluateurs de STIQ et l'équipe de Génie mécanique chargée de développer le contenu (questionnaire) à utiliser dans le prototype qui ont vérifié le fonctionnement du prototype 3. L'inclusion des règles de gestion et des liens entre les questions a introduit de la complexité dans les fonctionnalités proposées par ce prototype 3.

Les clients ou utilisateurs primaires de ce premier prototype sont l'évaluateur (ou mesureur), ainsi que l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique de l'ETS responsable du

contenu du prototype. En utilisant les cas construits, il est possible de comparer les résultats de l'évaluation avec les réponses fournies avec les cas.

L'étudiant-chercheur utilise aussi ce prototype pour vérifier les différents liens cause-conséquence qui ont été établis, ainsi que les échelles de réponses et l'assignation des réponses.

Finally, le chercheur utilise l'information recueillie pour valider la fonctionnalité et la fiabilité du prototype. De plus, en s'appuyant sur l'observation, l'on peut procéder à des études et à des améliorations de cet instrument.

La vérification auprès des acteurs (évaluateurs et étudiant-chercheur) a donc permis de valider la pertinence des résultats obtenus par l'entremise du prototype.

9.4.1 Vérification du prototype 3 par l'étudiant-chercheur

Comme dans le cas des autres prototypes, la vérification a consisté à recueillir l'opinion des évaluateurs de STIQ et de l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique de l'ETS sur l'utilisation de ce prototype et sur la pertinence des résultats d'évaluation, compte tenu des changements introduits dans ce prototype relativement aux règles de gestion et aux liens entre les meilleures pratiques.

Les mêmes critères d'évaluation que ceux utilisés dans les deux premiers prototypes l'ont été aussi pour la vérification du prototype 3.

Des études de cas avec des fonctions différentes ont été utilisées pour la vérification des résultats préliminaires du prototype 3 en présence d'un évaluateur de STIQ et de l'étudiant-chercheur de l'équipe de Génie mécanique. L'accent a été mis sur la validation des règles d'affaires pour l'établissement des liens, ainsi que sur les liens établis entre les meilleures pratiques des fonctions choisies.

9.4.2 Expérimentation auprès des évaluateurs avec le prototype 3

La vérification et le test du prototype 3 dans des situations expérimentales et sur le terrain ont été faits. C'est pourquoi des évaluateurs de STIQ ont demandé un rapport d'évaluation. Leurs recommandations ont été documentées en vue de la production ultérieure de versions améliorées donc plus robustes du prototype.

9.4.3 Observations sur la vérification

Les recommandations recueillies par les participants (c.-à-d. avec les spécialistes - évaluateurs expérimentés de STIQ) et les expérimentations faites avec les évaluateurs débutants ont permis de suggérer plus de fonctionnalités au prototype; les améliorations sont décrites au tableau 9.3.

Tableau 9.3

Améliorations suggérées par les utilisateurs

No.	Améliorations
1	Limitation de l'ampleur du questionnaire basé sur les réponses aux questions aux niveaux supérieurs, p. ex. si une entreprise ne possède pas de département de marketing, toutes les questions reliées à cette fonction ne sont pas posées lors d'une évaluation, ce qui se traduit par un gain de temps dans le processus.
2	Vérification de la cohérence et de la consistance des réponses aux fonctions, en s'inspirant du modèle psychologique MMPI-2. Ce qui va également permettre d'améliorer la rédaction du rapport d'évaluation.
3	Explorer l'utilisation de la logique floue dans les traitements de réponses numériques et dans les plages sélectionnées, ainsi que l'utilisation de systèmes experts pour établir et développer des analyses basées sur la similitude des réponses dans différentes situations pouvant aboutir à des évaluations comparables.

9.5 Réalisations effectuées avec ce troisième prototype

Ce prototype a ajouté des liens entre les différents niveaux du questionnaire, ce qui a nécessité l'ajout de règles de gestion pour prévoir la validation des liens. De plus, une interface graphique a été développée pour bien observer les liens proposés.

Une amélioration très importante a été certainement l'effet de l'opérationnalisation des liens entre les meilleures pratiques. Même si au point de vue didactique, ces liens n'ont pas une relation de cause à effet corroborée quantitativement, ils existent indépendamment de la valeur quantitative qui peut être associée à cette relation. La génération du rapport de l'évaluation a connu des améliorations avec l'ajout de ces liens parce que, avec l'aide des descriptions opérationnelles, avec la visualisation des liens graphiques entre meilleures pratiques et en incluant des interprétations valables des relations de cause à effet de ces liens, il a été possible de générer un rapport préliminaire assez explicite (Voir annexe XVII).

Une autre amélioration importante a été l'ajout des descriptions d'aide aux réponses, ce qui a permis d'améliorer la génération du rapport d'évaluation, point qui est très critique pour le succès de l'évaluation.

CHAPITRE 10

DÉVELOPPEMENT D'UN LOGICIEL PLUS ROBUSTE À UTILISER LORS DE L'ÉVALUATION

10.1 Introduction

Même si au début de cette recherche une stratégie de construction de plus de 3 prototypes exploratoires avait été établie, le partenaire industriel a décidé d'arrêter le développement après le prototype 3 et de ne pas appliquer la logique floue qui avait été prévue dans la planification initiale de cette recherche. En conséquence, le partenaire industriel a décidé que les améliorations proposées pour les trois prototypes déjà développés étaient plus que suffisantes pour son contexte industriel et qu'elles correspondaient à ses priorités. Il a donc alors été choisi d'aller de l'avant avec la construction d'une version plus robuste ajustée aux dites priorités pour appuyer son processus d'évaluation en entreprise.

Pour cette raison, le chercheur a dirigé ses efforts de manière à ajouter de la « robustesse » au logiciel qui soutenait le modèle innovateur d'évaluation de la performance des entreprises manufacturières développé jusqu'ici.

Dans cette optique, autrement dit pour développer une version plus robuste du logiciel avec les fonctionnalités présentes jusqu'au prototype 3, le chercheur a constitué un groupe de travail comprenant, outre lui-même, trois stagiaires allemands qui effectuaient un stage de recherche au Laboratoire de recherche en logiciel – GELOG – de l'ETS.

Un plan de travail a été élaboré pour produire cette version industrielle du logiciel en continuant de suivre la méthodologie *Rational Rose* choisie depuis le début et en procédant globalement selon l'approche *Design for Six Sigma* (DFSS).

La documentation qui a été produite et qu'encadre la méthodologie RUP, de même que les documents « Vision » et « Besoins et spécifications fonctionnelles du logiciel » seront les intrants principaux à l'étape initiale du développement de la version industrielle.

Ce chapitre présente les objectifs du développement de cette version industrielle, la démarche détaillée du processus de développement (en considérant l'influence des normes ISO et IEEE) ainsi que la démarche de gestion de ce développement en ce qui concerne la structure du logiciel, la structure organisationnelle de l'équipe de développement, l'échéancier du projet, la gestion du risque, la conception générale du logiciel, la gestion de la qualité, la gestion de la configuration, ainsi que le plan de tests pour le logiciel au complet avant sa livraison. Un sommaire de cette étape est présenté à la fin du présent chapitre. Plusieurs annexes (V, VI, et XIII à XVIII) présentent les détails de cette étape.

La stratégie de cette recherche a été de construire une version du logiciel robuste, basé sur les consensus et surtout sur les conclusions des tests réalisés avec les prototypes.

10.2 Objectifs du modèle plus robuste d'évaluation

L'utilisation principale du logiciel « robuste » développé dans cette recherche sera faite par les évaluateurs de l'entreprise partenaire STIQ et par ses partenaires du secteur industriel. Ce développement, qui incorpore les spécifications de base demandées par STIQ, s'appuie sur les réalisations et les résultats des expériences avec les prototypes, ainsi que sur les consensus croissants atteints dans la communauté chargée d'établir des normes du secteur manufacturier. Le design et le développement de ce logiciel doivent être à la fois valides et pratiques pour son utilisation dans un contexte industriel.

Pour s'assurer que le logiciel soit développé adéquatement, des normes ISO et IEEE ont été utilisées pour jauger et améliorer le modèle d'évaluation de la performance et le logiciel. Ces normes sont de nature quantitative et qualitative.

- ISO 9126 pour les mesures de qualité d'utilisation (quelques une ont été déjà utilisées pour la construction de la vérification des prototypes),
- ISO 15939 pour avoir un cadre de référence aux fins de construction du modèle d'évaluation (utilisé dans la construction des prototypes),
- IEEE 1061 (IEEE, 1998) pour établir des spécifications de qualité du modèle d'évaluation, ainsi que pour identifier, analyser et valider les métriques de la qualité et du processus, et finalement,
- IEEE 1012 (IEEE, 2004) pour procéder à la validation et à la vérification.

10.3 Démarche détaillée du processus de développement du logiciel

Des outils de génie logiciel, plus particulièrement des mesures du processus de logiciel, seront utilisés pour identifier les problèmes dans la conception et la construction du logiciel.

Entre les situations importantes rencontrées au moment des tests des prototypes et qui devront être améliorées dans le cadre de cette recherche pour développer le logiciel « robuste » que le partenaire industriel veut, il y a :

- le fait de travailler avec un grand nombre des mesures, produit de la recherche parallèle faite par l'équipe de Génie mécanique de l'ETS pour améliorer le contenu de l'évaluation des fournisseurs,
- l'utilisation des échelles de réponses variées (numériques, linguistiques),
- l'élimination des erreurs possibles par biais de l'évaluateur et de la personne interviewée,
- la nécessité d'éviter les réponses ambiguës et inconsistantes, lesquelles peuvent découler de résultats faussés dans l'évaluation.

10.3.1 Démarche Normes ISO

Dans le cas de la norme ISO 9126, cette partie de la recherche s'intéresse plus à la qualité d'utilisation qu'à la qualité interne et externe, qui a été considérée pendant la construction du

modèle. Au sujet de la qualité d'utilisation, les caractéristiques à améliorer seront : l'efficacité du modèle, la productivité et surtout la satisfaction des évaluateurs comme des utilisateurs de l'information qui en résultera.

Cette validation va permettre d'améliorer la qualité du modèle final dans des scénarios différents de ceux pour lesquels il aura été utilisé pendant la validation des prototypes construits. Donc, des résultats des tests de validation vont être des intrants de ce processus. Ces améliorations seront vérifiées dans le cadre de l'utilisation du modèle dans d'autres contextes.

Il est important de comprendre que la qualité d'utilisation ne dépend pas seulement du produit logiciel (modèle d'évaluation), mais aussi du contexte dans lequel il sera utilisé. Les indicateurs des caractéristiques de la qualité d'utilisation à utiliser pour le modèle sont expliqués aux tableaux 10.1, 10.2 et 10.3 suivants :

Tableau 10.1

Indicateurs d'efficacité

Indicateurs	Questions	Méthode d'application	Interprétation de la valeur
Efficacité de la tâche.	Quelle proportion des objectifs de la tâche est réalisée?	Test de l'utilisateur.	Entre 0 et 1. Mieux: plus proche de 1.
Accomplissement de la tâche.	Quelle proportion de la tâche est complétée?	Test de l'utilisateur.	Entre 0 et 1. Mieux: plus proche de 1.
Fréquence d'erreur.	Quelle est la fréquence des erreurs?	Test de l'utilisateur.	Supérieure ou égale à zéro. Mieux: plus près de 0.

Tableau 10.2

Indicateurs de productivité

Indicateurs	Questions	Méthode d'application	Interprétation de la valeur
Productivité économique.	Est-ce que l'utilisateur est rentable?	Test de l'utilisateur.	Supérieure ou égale à zéro. Mieux: valeur la plus élevée.
Proportion de la productivité.	Quelle partie du temps l'utilisateur réalise-t-il des actions productives?	Test de l'utilisateur.	Entre 0 et 1. Mieux: plus proche de 1.
Efficience relative d'un utilisateur.	Est-ce que l'utilisateur est aussi efficient qu'un expert?	Test de l'utilisateur.	Entre 0 et 1. Mieux : plus proche de 1.

Tableau 10.3

Indicateurs de satisfaction

Indicateurs	Questions	Méthode d'application	Interprétation de la valeur
Échelle de satisfaction.	Est-ce que l'utilisateur est satisfait?	Test de l'utilisateur.	Supérieures ou égale à zéro. Mieux: valeur la plus élevée.
Questionnaire de satisfaction.	Est-ce que l'utilisateur est satisfait avec les fonctionnalités du logiciel et du modèle?	Test de l'utilisateur.	Entre 0 et 1. Mieux: plus proche de 1.

10.3.2 Utilisation des normes IEEE

Deux (2) normes ont été utilisées pour améliorer et obtenir un produit logiciel plus « robuste » devant servir à l'évaluation de la performance des entreprises manufacturières. D'abord la norme IEEE 1012 qui est le *Standard for Software Verification and Validation* et la norme IEEE 1061 qui est le *Standard for a Software Quality Metrics Methodology*.

Pour ce qui est de la norme IEEE 1012, elle va permettre dans cette recherche de faire la vérification du logiciel pour déterminer si l'évaluation:

- a. est conforme aux spécifications recueillies à l'étape de l'analyse,
- b. satisfait aux standards et pratiques de développement de logiciel,
- c. permet de vérifier dans quelle mesure le logiciel a été construit de façon correcte.

Par contre, le processus de validation qui fait partie de cette norme va:

- a. évaluer si le logiciel satisfait aux spécifications du système,
- b. valider si le logiciel a résolu le problème spécifique de l'entreprise,
- c. finalement, si le logiciel satisfait aux besoins et à l'utilisation que l'utilisateur voulait en faire.

Ces deux processus sont reliés et complémentaires et ils vont permettre de bien définir et améliorer le contenu d'un plan de tests « usager » pour la vérification et la validation du produit final.

La norme IEEE 1061 va permettre, quant à elle, de définir des objectifs de qualité relativement au logiciel obtenu à cette étape. Elle permettra aussi d'établir des critères et des standards d'acceptation, de détecter si le logiciel présente des anomalies ou des problèmes potentiels, ainsi que de contrôler les changements de qualité quand des modifications y sont apportées. Toutes ces opérations se faisant à l'aide d'un plan de mesures de qualité tant pour le processus que pour le produit. De plus, cette norme fournit la méthodologie nécessaire à l'établissement de spécifications de qualité pendant tout le cycle de développement du logiciel.

Les normes IEEE 1061 et ISO 9126 fourniront un cadre de référence pour assurer la qualité du produit avant, pendant et après le développement du logiciel d'évaluation concourant ainsi qu'à la modélisation de l'utilisation des meilleures pratiques dans l'industrie manufacturière.

10.4 Démarche de développement

À la suite de la formation de l'équipe de recherche un plan de projet a été établi afin d'identifier les « livrables » du projet, d'en expliquer la structure, et de décrire les éléments entrant dans son développement, de manière que l'ensemble des intervenants comprennent le projet et en saisissent les principaux enjeux.

10.4.1 Structure du logiciel

Produit de la révision des documents avec les équipes de STIQ et de Génie mécanique de l'ETS, les composantes suivantes du logiciel ont été conçues et approuvées par STIQ:

- Paramètre,
- Fournisseur,
- Questionnaire,
- Évaluateur,
- Démarrage évaluation,
- Évaluation,
- Rapports – Graphiques,
- Statistiques.

4. Vue d'ensemble de l'application

Les contraintes de ce projet de développement ont été les suivantes :

- La durée du projet de développement de la version industrielle a été fixée à 13 semaines en fonction de la date de livraison du produit.
- Les ressources ont été limitées à la disponibilité des membres de l'équipe et à leur expertise respective.

- Le produit devait pouvoir être utilisé par STIQ, donc être utilisable sur des plates-formes connues, et ce, sans frais supplémentaires.

La structure organisationnelle de l'équipe constituée pour le développement de la version industrielle est présentée à la Figure 10.2: tous les membres de l'équipe avaient une responsabilité partagée quant au succès du développement de l'application.

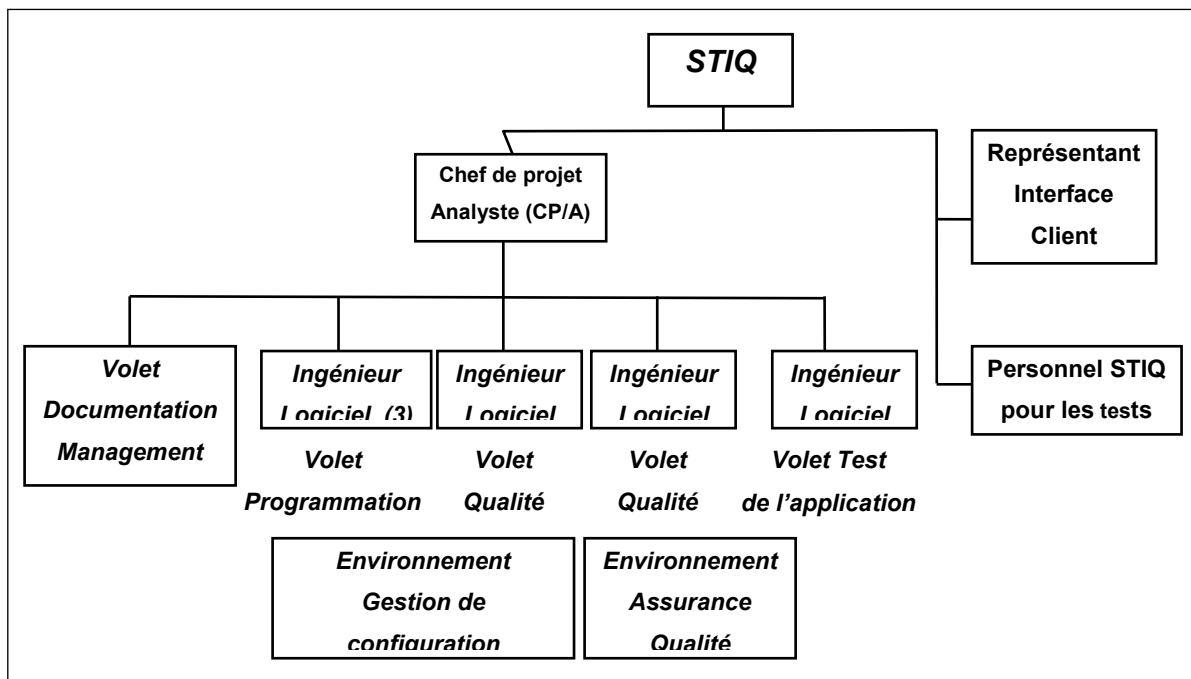


Figure 10.1 Structure organisationnelle de l'équipe de développement.

10.4.2 Échéancier du développement

Un échéancier à haut niveau a été préparé et approuvé. Les membres de l'équipe ont eu la responsabilité de rendre compte chaque semaine du pourcentage d'avancement des tâches qui leur étaient assignées. Le tableau 10.4 présente l'échéancier du projet de développement.

Tableau 10.4
Échéancier du développement

Mois/Semaine	Tâche
Septembre / 1	Formation de l'équipe.
Septembre / 2-4	Familiarisation avec le projet (Vision + SRS).
Octobre / Novembre / Décembre	Période de programmation.
Octobre / 1 – 2	P1 ¹ : Module fournisseurs. P2 : Module évaluateurs. P3 : Module Questionnaire. P4 : Familiarisation + Rapports et graphiques. CP/A : Continuation programmation logiciel « robuste ».
Octobre / 3	P1 – 3 : Tests unitaires modules. P4 : Continuation rapports et graphiques. CP/A : Continuation programmation logiciel « robuste ».
Octobre / 4	P1 : Démarrage évaluation. P2/P3 : Statistiques. P4 : Continuation rapports et graphiques. CP/A : Continuation programmation logiciel « robuste ».
Novembre / 1 – 2	P1 – 3 : Ajout de code manquant. P4 : Test unitaires. CP/A : Continuation programmation logiciel « robuste ».
Novembre / 3	P1 – 4 : Ajout de code manquant. CP/A + P1 – 4 : Intégration des modules. Test de système (prototype 2 ou 3). Plan d'assurance qualité. Plan de gestion de la configuration. Plan de test d'acceptation.
Novembre / 4	P1 – 4 : Ajout code manquant + Test unitaires + système. CP/A : Intégration système.
Décembre / 1	CP/A + P1 – 4 : Démonstration de l'exécutable. Génération de la documentation.
Décembre 2005 / Été 2006	CP/A : Mise au point de l'application. Ajout de code manquant. Test unitaires + système. Intégration système.

¹ Programmeur 1 (P1), Programmeur 2 (P2), etc.

10.4.3 Gestion de risque

Pour ce qui est de la gestion de risque, cette recherche a établi que le risque le plus important se situait au niveau d'une sous-évaluation du code requis pour réaliser notre produit, étant donné que les besoins et les spécifications ont déjà été déterminés et approuvés pour l'entreprise bénéficiaire du produit (STIQ). Si une telle situation non souhaitée se réalisait, les développeurs absorberaient le surplus de travail afin de compléter le produit dans les délais prévus et selon les caractéristiques énoncées dans le document Vision. D'autres catégories de risques ont été examinées, principalement celles reliées au rôle de l'entreprise partenaire, le projet, le produit, le déploiement, le développement (mentionné plus haut), la technologie et la maintenance.

La méthode utilisée pour identifier un risque a consisté à compléter la liste des risques potentiels selon le tableau 10.5.

Tableau 10.5

Liste des risques potentiels

Risque	Probabilité	Impact	Plan de contingence
Sous-évaluation du code requis.	Moyenne	Élevé	Répartir la tâche supplémentaire parmi les développeurs.
Mauvaise identification des exigences.	Faible	Élevé	Planifier des revues techniques.
Faible implication de l'utilisateur.	Faible	Moyenne	Inclure l'utilisateur dans les révisions périodiques du logiciel.
Mauvaise définition de la taille du projet.	Moyenne	Moyenne	Possibilité de décomposer le projet dans des modules plus gérables.
Spécifications ne sont ni claires ni complètes.	Faible	Élevé	Révision périodique du développement par rapport aux spécifications.
Le produit a un impact négatif direct sur le processus d'évaluation.	Faible	Élevé	Test des fonctionnalités au fur à mesure qu'elles sont développées.

Tableau 10.5 (suite)

Liste des risques potentiels

Manque d'outils de développement.	Faible	Moyenne	Valider l'avancement sur la disponibilité des outils avant leur utilisation.
Manque de communication entre membres de l'équipe.	Faible	Élevé	Communique de façon claire les objectifs et le statut du développement au reste de l'équipe.
Manque de personnel de soutien.	Faible	Élevé	Prévoir la formation sur certaines technologies à utiliser.

Pour tous les risques dont la combinaison « probabilité – impact » se retrouve dans la section ombragée de la grille à la figure 10.2, un suivi a été effectué afin d'éviter la réalisation de l'événement non souhaité ou pour se préparer à gérer ce risque.

Probabilité			
Élevée			
Moyenne			
Faible			
	Faible	Moyen	Élevé
	Impact		

Figure 10.2 Grille des risques.

10.4.4 Conception générale du logiciel

Tel qu'il a été indiqué au début de la méthodologie de recherche, l'environnement de développement *Rational Unified Process* a été utilisé pour documenter le design de l'application, et spécifiquement UML pour développer les diagrammes de cas d'utilisation et les diagrammes de séquence. Les détails des modules ou composants du logiciel sont expliqués dans le document « Besoins et spécifications fonctionnelles du logiciel ». Voir annexe VI.

10.4.4.1 Contraintes et risques du design

Le tableau 10.6 indique les fonctionnalités à développer, le risque, la criticité, et le type (fonctionnalité d'entrée ou de sortie)

Tableau 10.6
Fonctionnalités à développer

Spécifications pour la deuxième version du SEMS (SMPE)				
Fonctionnalité	Possibilité	Risque	Criticité	Type
Liens entre questions	Oui, composant graphique disponible, coût additionnel.	Aucun risque identifié	Oui	Intrant
Réponses paramétrées	Oui	Aucun risque identifié	Oui	Intrant
Création des graphiques	Oui, composante graphique disponible, coût additionnel.	Aucun risque identifié	Oui	Extrant
Exportation à Microsoft Word – Création du Rapport d'évaluation	Oui	Aucun risque identifié	Oui	Extrant
Drill Down automatique	Oui	Aucun risque identifié	Oui	Exigence
Niveaux hiérarchiques illimités	Oui, limité à 5 niveaux des questions par STIQ.	Risque d'alourdir l'évaluation.	Pas très critique	Accessible
Paramétrable	Oui	Aucun risque identifié	Oui	Accessible
Évolutif	Oui	Aucun risque identifié	Oui	Accessible
Recherche de cohérence et de consistance des questions	Prototype R&D	n/a	n/a	n/a

Tableau 10.6 (suite)

Fonctionnalités à développer

Fonctionnalités prises du logiciel SEMS (première version du logiciel d'évaluation)				
Construction des questionnaires	Oui	Aucun risque identifié	Oui	Intrant
Histoire des évaluations	Oui	Aucun risque identifié	Oui	Extrant
Registre des fournisseurs	Oui	Aucun risque identifié	Oui	Intrant
Histoire des réponses aux questions	Oui	Aucun risque identifié	Oui	Extrant
Choix des évaluations par fournisseur	Oui	Aucun risque identifié	Oui	Extrant
Exploitation en réseau	Oui	Aucun risque identifié	Oui	Disponible
Effectuer des évaluations	Oui	Aucun risque identifié	Oui	Disponible
Rapports	Oui	Aucun risque identifié	Oui	Extrant
Gestion des usagers	Oui	Aucun risque identifié	Oui	Accessible
Langages utilisés	Oui, limité en principe au français et à l'anglais.	Aucun risque identifié	Oui, au moins les 2 langues mentionnées.	Extrant Accessible

Les annexes XIII présentent les cas d'utilisation, ainsi que leurs descriptions (annexe XIV), de même que les diagrammes de séquence (annexe XV), le design de la base de données (annexe XVI) et les interfaces de l'utilisateur (annexe XVII).

10.4.5 Gestion de la qualité

Afin de prévenir des problèmes éventuels lors du développement du logiciel, certains objectifs de qualité ont été fixés pour ce projet, ainsi que des revues et des inspections pour assurer la qualité du produit résultant.

10.4.5.1 Objectifs de qualité

Les objectifs de qualité fixés pour ce projet portent sur les caractéristiques suivantes :

- La capacité fonctionnelle du logiciel,
- La fiabilité,
- La facilité d'utilisation,
- Le rendement,
- La maintenabilité,
- la portabilité.

Un formulaire de rapport des incidents (annexe XVIII) sera utilisé lors des tests. Le tableau 10.7 donne des explications sur les caractéristiques de qualité mentionnées:

Tableau 10.7

Explication des caractéristiques de qualité à utiliser

Caractéristiques	Sous-caractéristiques	Signification
Capacité fonctionnelle	<ul style="list-style-type: none"> • aptitude • exactitude • conformité réglementaire • sécurité 	<p>S'assurer que les fonctionnalités décrites dans Vision ont été développées. Vérifier que les résultats sont justes et l'empêchement de tout accès au système non autorisé (accidentel ou délibéré).</p>
Fiabilité	<ul style="list-style-type: none"> • maturité • tolérance aux erreurs • possibilité de récupération 	<p>Déterminer la fréquence des défaillances dues à des défauts du logiciel et maintenir un haut niveau de service en cas de problèmes.</p> <p>Faire aussi en sorte que le logiciel ait une capacité à rétablir le niveau de service et à restaurer les informations directement affectées en cas de défaillance.</p>

Tableau 10.7 (suite)

Explication des caractéristiques de qualité à utiliser

Caractéristiques	Sous-caractéristiques	Signification
Facilité d'utilisation	<ul style="list-style-type: none"> • facilité de compréhension • facilité d'apprentissage • facilité d'exploitation 	<p>Un des principaux objectifs est de diminuer la complexité du système afin de limiter l'effort que doit faire l'utilisateur pour:</p> <ul style="list-style-type: none"> • reconnaître la logique et sa mise en œuvre, • apprendre son application, • exploiter et contrôler son application.
Rendement	<ul style="list-style-type: none"> • comportement vis-à-vis du temps • comportement vis-à-vis des ressources 	<p>Garantir les comportements du logiciel en matière de temps et de ressources, tout en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • considérant le rapport existant entre le niveau de service du logiciel et les ressources utilisées, • examinant le temps de réponse et de traitement.
Maintenabilité	<ul style="list-style-type: none"> • facilité d'analyse • facilité de modification • stabilité • facilité de tests 	<p>La maintenabilité d'un logiciel est reliée à sa complexité. Plus le logiciel est maintenable moins il nécessitera d'efforts pour diagnostiquer les défaillances, leurs causes et identifier ainsi les parties à modifier.</p>
Portabilité	<ul style="list-style-type: none"> • facilité d'adaptation • facilité d'installation • conformité aux règles de portabilité • interchangeabilité 	<p>En partant du fait que le logiciel développé est une application Web, en assurer la portabilité (adaptation, installation, interchangeabilité).</p>

10.4.5.2 Plan de revue et d'inspection

Différents niveaux des tests seront considérés pour l'évaluation du logiciel :

- Test des besoins et spécifications,
- Test de design du système,
- Test unitaire,

- Test d'intégration,
- Test de système,
- Test d'acceptation des usagers,
- Test d'opération et de mise en œuvre.

Le tableau 10.8 suivant montre le détail des différentes tâches à réaliser pour accomplir les tests mentionnés plutôt.

Tableau 10.8

Plan des revues et inspections concernant le projet

Tâches	Qui	Quand	Comment
Revue de l'analyse des besoins et spécifications	Chef du projet Assurance qualité (AS) Développeurs	Troisième semaine	Rencontre de 30 à 60 minutes dans laquelle: <ul style="list-style-type: none"> • Le chef du projet dirigera l'entretien et rédigera les rapports qui en résulteront. • AS jouera les rôles de responsable des normes de qualité et de réviseur. • Les développeurs joueront le rôle de réviseurs.
Revue du plan de projet	Chef du projet Assurance qualité Développeurs	Cinquième semaine	Rencontre de 30 à 60 minutes dans laquelle: <ul style="list-style-type: none"> • Le chef du projet sera l'oracle de l'entretien et rédigera les rapports qui en résultent. • AS jouera les rôles de responsable des normes de qualité et de réviseur. • Les développeurs joueront le rôle de réviseurs.
Revue de la conception générale	Chef du projet Assurance qualité Développeurs	Septième semaine	Rencontre de 30 à 60 minutes dans laquelle: <ul style="list-style-type: none"> • Le chef du projet sera l'oracle de l'entretien et rédigera les rapports qui en résultent. • AS jouera les rôles de responsable des normes de qualité et de réviseur. Les développeurs joueront le rôle de réviseurs.
Revue du plan d'assurance qualité	Chef du projet Assurance qualité Développeurs	Huitième semaine	Rencontre de 30 à 60 minutes dans laquelle: <ul style="list-style-type: none"> • Le chef du projet sera l'oracle de l'entretien et rédigera les rapports qui en résultent. • AS sera l'auteur du document du plan d'assurance de la qualité. Les développeurs joueront le rôle de réviseurs.

Tableau 10.8 (suite)

Plan des revues et inspections concernant le projet

Tâches	Qui	Quand	Comment
Revue du plan de configuration	Chef du projet Assurance qualité Gestion de la configuration	Neuvième semaine	Rencontre de 30 à 60 minutes dans laquelle: <ul style="list-style-type: none"> • Le chef du projet sera l'oracle de l'entretien et rédigera les rapports qui en résultent. • AS jouera les rôles de responsable des normes de qualité et de réviseur. • Un développeur sera l'auteur du document de plan de configuration.
Revue du plan de test d'acceptation	Chef du projet Assurance qualité Utilisateurs	Dixième semaine	Rencontre de 30 à 60 minutes dans laquelle: <ul style="list-style-type: none"> • Le chef du projet sera l'oracle de l'entretien et rédigera les rapports qui en résultent. • AS jouera les rôles de responsable des normes de qualité et de réviseur. • Un développeur sera l'auteur du document de test d'acceptation.
Revue de la conception détaillée	Toute l'équipe	Onzième Semaine	Rencontre de 30 à 60 minutes dans laquelle: <ul style="list-style-type: none"> • Le chef du projet sera l'oracle de l'entretien et rédigera les rapports qui en résultent. • AS jouera les rôles de responsable des normes de qualité et de réviseur. Les développeurs seront les auteurs des documents révisés.
Revue de code	Toute l'équipe	Douzième semaine	Rencontres de 30 à 60 minutes dans laquelle: <ul style="list-style-type: none"> • Le chef du projet sera l'oracle de l'entretien et rédigera les rapports qui en résultent. • AS jouera les rôles de responsable des normes de qualité et de réviseur. • Les développeurs seront les auteurs des codes et des documents révisés.

10.4.6 Gestion de la configuration

Une fois le logiciel développé, il est important d'analyser l'environnement dans lequel il sera installé et exécuté. Pour cela, il faut définir les actions à accomplir, les conventions à respecter et les responsabilités de l'équipe de développement.

Cette gestion de la configuration comprend l'identification des éléments à configurer, la méthode d'identification à utiliser, et le processus de configuration.

10.4.6.1 Configuration des éléments susceptibles d'être changés

Ceux-ci équivalent aux éléments du projet identifiés de façon unique qui pourront être changés. Ces éléments sont :

- Les éléments évolutifs tels que les documents, les fichiers d'aide, les données de test et les « exécutables » générés durant le cycle de développement du logiciel. Ces éléments sont généralement révisés une ou plusieurs fois.
- Les éléments sources, généralement le code source et les fichiers utilisés pour créer des fichiers exécutables. Ces éléments sont beaucoup plus utilisés par les développeurs et sont gérés par un outil de gestion de configuration.
- Éléments de soutien tels que les systèmes d'exploitation, les outils de développement et tous autres outils utilisés à l'appui du cycle de développement et les opérations de production et assurant le bon fonctionnement du logiciel.
- Les éléments d'archivage, tels que les formulaires de revues pour l'assurance qualité, les copies des différents courriels échangés durant le cycle de développement du logiciel et généralement stockés en format électronique pour référence future, le cas échéant.

10.4.6.2 Méthode d'identification

Les produits de travail de développement seront classés selon une arborescence de répertoire qui contient :

- Analyse: Vision et spécifications fonctionnelles du produit,
- Cas Utilisation: modèle et cas d'utilisation,
- Code: code source et tests unitaires,
- Communication: copie des courriels comportant des éléments de décision du projet,
- Conception : diagrammes de classe, de séquence, de « package » et autres documents de conception,
- « Exécutables » : « exécutables du projet »,
- Installation du logiciel : procédures d'installation et liste des problèmes connus,
- Plans : plan de projet, cédule, plan de GC, plan d'AQ, plan de test d'acceptation,
- Tests : scénarios de tests, résultats de tests.

De plus, chaque élément de configuration aura son identifiant unique ainsi que son numéro de version.

En plus, les changements proposés pourront avoir les statuts suivants :

1. En attente de révision,
2. Approuvé,
3. Rejeté,
4. Implanté.

10.4.6.3 Processus de configuration

Le processus utilisé pour la gestion des éléments de configuration inclut les activités suivantes :

1. Classification : chaque partie du projet fait partie d'une des quatre (4) classes des éléments de configuration.
2. Identification : les différents éléments sont assignés les identifiants appropriés.
3. Stockage : chaque item de configuration est stocké sous forme électronique selon sa classe.
4. Révision : chaque item de configuration, selon sa classe, est révisé de façon appropriée. Les éléments d'archivage ne sont jamais révisés.
5. Recherche : La version courante de tous les éléments évolutifs est rendue disponible aux participants du projet. D'autres éléments sont disponibles par des mécanismes de recherche propres à chaque classe d'éléments.

Les trois premières activités sont séquentielles et obligatoires pour chaque élément de configuration. Les deux dernières sont optionnelles, voir figure 10.3.

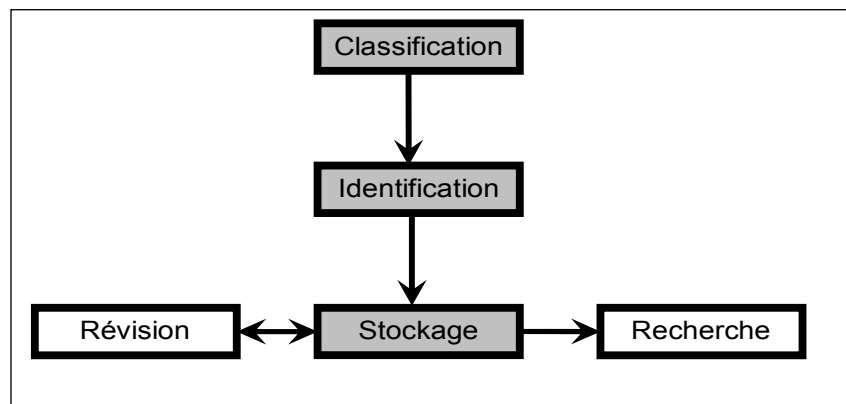


Figure 10.3 Activités dans le processus de configuration.

10.4.6.4 Traitement et approbation des demandes de changement

Des demandes de changement peuvent être soumises par l'entreprise partenaire ou un membre de l'équipe, naturellement dans le cadre des spécifications initialement retenues.

Une telle demande sera présentée d'abord aux membres de l'équipe de développement (qui ensemble formeront le Bureau de contrôle de changement – CCB en anglais), soit verbalement lors de rencontres ou par courriel. Par la suite, une analyse sera effectuée pour évaluer s'il faut entamer les procédures de changement.

Les résultats de cette analyse seront communiqués à l'entreprise partenaire, qui agira comme instance en dernier ressort pour approuver ou rejeter le changement. La figure 10.4 illustre cette procédure.

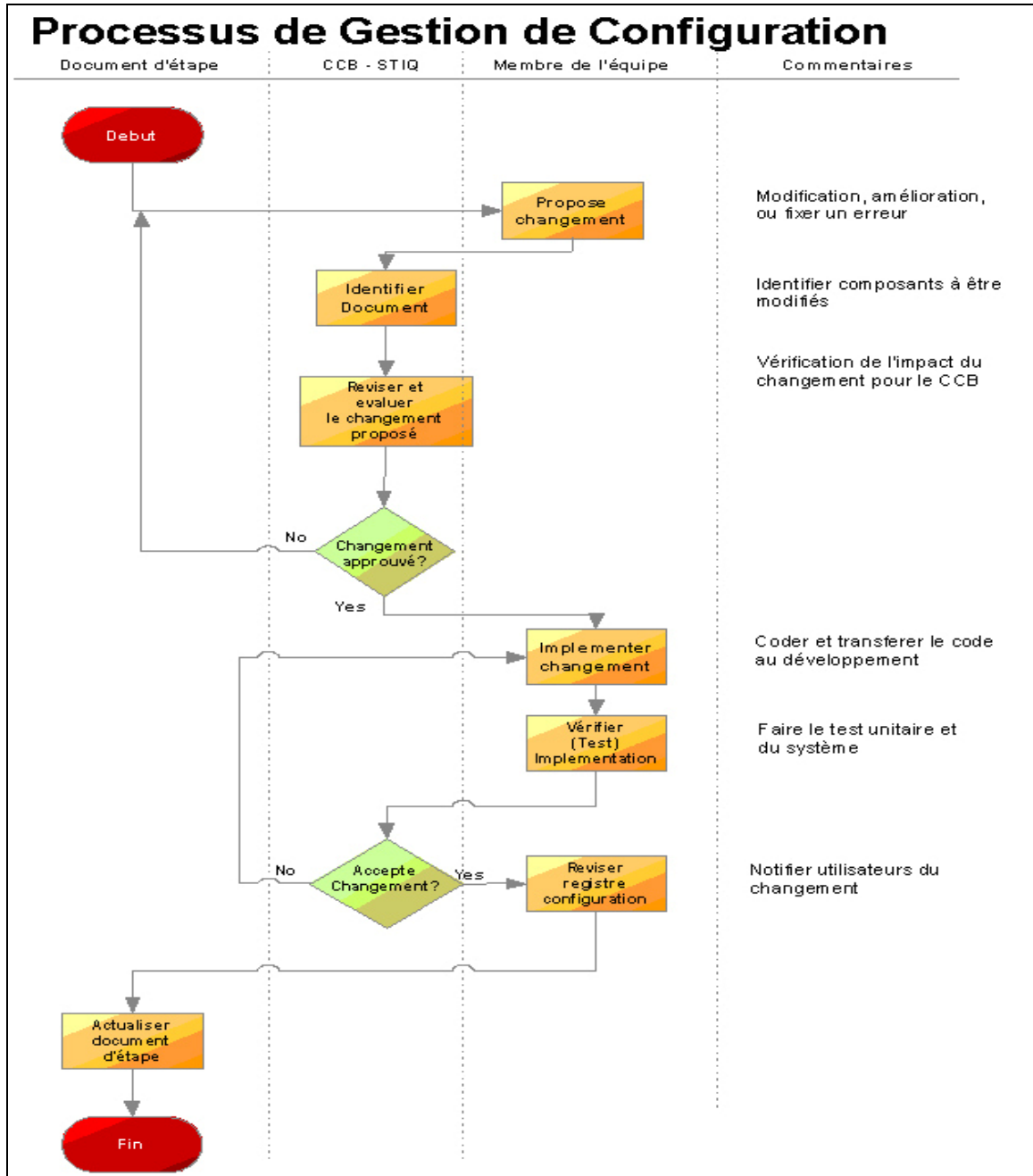


Figure 10.4 Procédure de demande de changement.

10.4.6.5 Comptes-rendus et audits de configuration

Lorsque l'équipe sera prête à livrer la première version complète du logiciel, un audit de configuration physique et fonctionnelle sera effectué par l'analyste du projet afin de dresser la liste complète des éléments de configuration de cette version à livrer. Cette liste comprendra, outre les exécutables, tous les documents et outils ayant servi à développer ce référentiel.

Les audits et les revues vérifieront la conformité du produit logiciel par rapport aux capacités définies dans les spécifications ou par d'autres sources de documentation. Ils s'assureront aussi que la performance du produit répond aux exigences de l'utilisateur ou du client. Un membre de l'équipe d'assurance qualité effectue périodiquement des revues des éléments de configuration.

Un audit de configuration physique sera effectué en fin de projet afin de vérifier que le produit à livrer obéit à tous les standards définis dans le plan d'assurance qualité et que tous les « livrables » requis sont complétés.

Un audit de configuration fonctionnelle sera également effectué en fin de projet pour vérifier que le produit à livrer remplit toutes les exigences fonctionnelles énumérées dans le document de spécifications fonctionnelles du logiciel (SRS en anglais) et que toutes les caractéristiques du produit ont été créées et testées aussi bien au point de vue unitaire qu'au point de vue système.

Le groupe d'assurance qualité dressera une liste complète des éléments de configuration du référentiel à livrer incluant, outre les « exécutables », tous les documents et outils ayant servi à développer ce référentiel.

10.4.7 Plan des tests

Un plan de tests a été développé pour assurer que le logiciel d'évaluation à être construit réponde aux spécifications mentionnées dans les documents « Vision » et « Besoins et Spécifications fonctionnelles du logiciel ».

Tout au long du développement du logiciel, plusieurs tests ont été faits, en commençant par les tests unitaires par chacun des programmeurs pendant la programmation de chacune des fonctionnalités du logiciel. Par suite, d'autres tests de fonctionnalité ont été faits d'après les spécifications demandées par l'entreprise partenaire; des tests d'intégration et d'acceptation des usagers ont également eu lieu.

10.4.7.1 Objectifs

Le but a été de tester complètement le logiciel d'évaluation. Les objectifs des tests ont consisté à déterminer si :

- Le logiciel a fait toutes les opérations qu'il était censé exécuter,
- L'interface était tout à fait en accord avec les spécifications,
- les résultats (notation et rapports) sont ceux qu'on attendait lors d'une évaluation.

10.4.7.2 Types de tests

Plusieurs types de tests se sont déroulés pendant et après le développement du logiciel d'évaluation, entre eux des tests fonctionnels, tests d'intégration et tests d'acceptation des usagers.

Test fonctionnel

Une description du test fait est présentée au tableau 10.9:

Tableau 10.9

Test fonctionnel

Objectif du test:	Assurer que la fonctionnalité décrite dans le document SRS est développée, en incluant la navigation, les entrées, les processus et la récupération des données.
Technique:	Exécuter chaque cas d'utilisation et sa séquence en utilisant des données valides et invalides pour vérifier: <ul style="list-style-type: none"> • Si les résultats attendus sont montrés quand des données valides sont utilisées. • Des messages d'erreur ou d'alerte sont montrés quand des données invalides sont utilisées.
Critère d'achèvement:	<ul style="list-style-type: none"> • Tous les tests ont été exécutés. • Tous les défauts identifiés ont été vérifiés.
Considérations spéciales:	Décrire les problèmes qu'ont des effets sur l'implantation et l'exécution du test fonctionnel, ainsi que la disponibilité des données des tests.

5. Test d'intégration

Une fois le développement par chacun des programmeurs des divers modules de l'application, on procède à un regroupement pour obtenir une première version complète du logiciel d'évaluation. Le but de ce test est de valider si les modules développés jusqu'ici de façon indépendante fonctionnent bien ensemble, de sorte que le logiciel produise ce qu'on en attendait.

Des tests d'évaluations à partir des évaluations de STIQ ont été faits sur cette première version pour en valider la fonctionnalité.

6. Test d'acceptation des usagers

Ce test a été fait par les évaluateurs de STIQ en suivant le protocole de test produit dans cette recherche, et qui consistait à vérifier de façon simple si les spécifications ont été respectées dans le développement de l'outil. Pendant le développement des trois (3) prototypes antérieurs plusieurs recommandations ont été formulées pour améliorer la version « robuste » du logiciel.

10.4.7.3 Les conditions d'acceptabilité

Le logiciel d'évaluation sera acceptable si nous sommes capables d'exécuter sur plusieurs systèmes d'exploitation et sur n'importe quel ordinateur avec un accès Internet toutes les tâches suivantes :

1) La création et la gestion des questionnaires:

- la création d'un questionnaire comportant plusieurs niveaux hiérarchiques;
- la création du système paramétrable du questionnaire spécifique à chaque utilisateur;
- l'ajout, la modification et la suppression d'un questionnaire ou d'une partie de celui-ci.

2) La gestion des questions d'un questionnaire:

- la gestion des réponses paramétrées;
- les liens entre des questions;
- l'affichage graphique des liens des questions;
- l'ajout, la modification et la suppression des questions d'un questionnaire;
- l'essai de la cohérence et la consistance dans les questions.

3) La gestion des réponses d'un fournisseur:

- l'historique des réponses des évaluations : la conservation des anciennes réponses à une question de chaque fournisseur.

4) La gestion des évaluations:

- la conservation des anciennes évaluations réalisées avec le logiciel SEMS et l'intégration de ces évaluations dans le nouveau contexte;
- la conservation des évaluations;
- la clôture d'une évaluation, le transfert de l'information de l'évaluation au serveur, l'annulation d'une visite, l'exportation du résultat à MS Excel ou à Microsoft Word;
- l'affichage de l'information des évaluations.

5) La création des rapports:

- la création des rapports graphiques exportés dans Microsoft Word;
- le calcul de la notation de l'évaluation;
- la création des rapports d'évaluation;
- la création du rapport détaillé d'évaluation (voir annexe XVII), du rapport fournisseur, du rapport comparatif et du rapport synthèse automatique.

6) La gestion des fournisseurs, évaluateurs et utilisateurs du système:

- la création, l'ajout, la modification et la suppression d'une fiche de fournisseur, évaluateur et utilisateur.

7) L'administration du réseau:

- la gestion des utilisateurs ;
- La gestion d'accès au réseau.

8) L'utilisation des langues:

- Les deux (2) langues utilisées dans le système SMPE, soit le français et anglais.

9) La sauvegarde d'information:

- La sauvegarde de l'information complète;
- La sauvegarde de l'information partielle.

10.5 Sommaire

À la suite de la décision du partenaire industriel de disposer d'un logiciel « robuste » à partir des améliorations présentées dans les trois prototypes précédents, un processus génie logiciel a été amorcé pour développer cette version.

La méthodologie *Rational Unified Process* et des démarches de gestion de risque, de la qualité, de la configuration, ainsi qu'un plan des tests ont été mis en place pour assurer un bon développement du logiciel aux fins d'utilisation industrielle par le partenaire de cette recherche.

Les annexes V, VI, et XIII à XVII montrent les fonctionnalités et spécifications détaillées du logiciel construit ainsi que les diagrammes de cas d'utilisation, diagrammes de séquence, design de la base des données, un formulaire de rapport des incidents pour être utilisé pendant le développement du logiciel, et finalement un annexe avec toutes les écrans du logiciel, en incluant les fonctionnalités d'administration ainsi que celles de la construction des questionnaires et évaluation, pour finaliser avec les rapports que le logiciel produit à la fin.

CHAPITRE 11

AUTRES EXEMPLES D'UTILISATION DU MODÈLE ET LOGICIEL D'ÉVALUATION

11.1 Introduction

Suite à la construction de ce modèle d'évaluation et d'un logiciel plus « robuste », il est possible d'utiliser le modèle dans d'autres domaines. Par exemple, ce logiciel pourrait aussi être utilisé dans un laboratoire de certification en génie logiciel, et plus particulièrement pour évaluer des entreprises en génie logiciel en utilisant de nouveaux cadres de référence.

Des exemples d'utilisation du logiciel d'évaluation avec plusieurs contenus (questionnaires) sont présentés dans ce chapitre pour explorer ses capacités à l'égard des normes et pratiques.

11.2 Exploration de nouvelles voies d'utilisation

L'importante croissance des entreprises de services à tous les niveaux et dans toutes les industries suscite un besoin de modèles et d'outils d'évaluation de leur performance pour leur permettre de rester concurrentielles.

C'est donc en profitant de la position de l'université comme facilitateur de services à l'industrie que cette recherche a choisi de convertir le modèle d'évaluation en un outil générique qui puisse être utilisé pour évaluer la performance d'autres industries. Cet outil vise aussi - à partir de l'utilisation des nouveaux contenus - à servir de modèle et logiciel de certification, surtout en génie logiciel, où il est des plus utiles du fait de l'augmentation des normes qui ont besoin de certification pour leur utilisation dans les entreprises.

Dans le cas de certification des logiciels, la majorité des méthodes actuelles pour ce faire sont basées sur les processus, c'est-à-dire que la certification doit donner lieu à un suivi des processus et standards de développement adoptés par l'entreprise qui met au point un logiciel

quelconque. Il faut aussi produire des statistiques sur la performance de l'outil. Comment le faire? En utilisant des contenus fournis pour les normes dans le génie logiciel.

11.3 Flexibilité de contenu

Une des forces du logiciel développé est l'utilisation de différents contenus pour des évaluations. Cette recherche a testé divers contenus, dont les suivants :

- a. Questionnaire S^{3m} sur l'implantation de pratiques reliées à la maintenance de logiciel dans des organisations, fourni par le Dr. Alain April (April, Abran et Dumke, 2003a).
- b. Questionnaire sur l'évaluation des processus relatifs à SWEBOK, dans dix (10) disciplines des connaissances. Ces disciplines sont : exigences logicielles, conception du logiciel, construction du logiciel, tests, maintenance, configuration, gestion, processus, outils et méthodes, et qualité.
- c. Un autre questionnaire utilisé a été la norme ISO 25051 pour la certification des produits Commercial Off The Shelf (COTS) (ISO, 2006).

11.4 Laboratoires de certification

La certification de logiciel est encore à une étape émergente : ce sont les compagnies développeuses de logiciels qui affirment que ceux-ci sont libres de défauts. Mais de fait, elles ne peuvent pas réellement garantir que leurs logiciels sont vraiment libres de défauts. C'est donc malheureusement aux utilisateurs qu'il revient de vérifier si le produit acheté fait bien le travail qu'on en attend.

Cette situation offre aux laboratoires de certification l'opportunité d'assurer la qualité des logiciels et, en conséquence, de promouvoir la saine concurrence dans le marché de développement de logiciels. Plusieurs organisations ont commencé à développer des outils pour aborder cette problématique.

En général, un laboratoire de certification a besoin de références (quoi mesurer?), de méthodes de mesure (comment mesurer?), de rapports ou d'explications des résultats et bien sûr d'outils (ainsi, l'opportunité pour le modèle d'évaluation construit dans cette recherche).

ISO 25051 pour les *COTS* est un premier pas dans cette direction. Cette norme établit les **spécifications de qualité** pour les produits *COTS*, **spécifications pour la documentation des tests**, ainsi que des instructions pour une **évaluation de conformité** du produit logiciel. L'annexe XX inclut une liste de vérification pour ces trois catégories.

Cependant, les standards logiciels sont écrits en langage naturel, ce qui rend possible plusieurs interprétations, d'où la nécessité de bien établir les références et leurs échelles de réponses, et ce, afin d'éviter les problèmes, biais et interprétations chez les utilisateurs et évaluateurs. C'est pourquoi l'utilisation du modèle d'évaluation développé dans cette recherche doit permettre d'améliorer la consistance de la méthode de mesure d'évaluation. En plus de proposer des tests communs, ce qui est un des objectifs de la certification de logiciel, cela va permettre de disposer d'un logiciel « robuste » et efficient assorti de procédures et de standards internationalement acceptés.

11.5 Configurations réalisées dans le logiciel d'évaluation

Trois (3) contenus de cadres et de normes en génie logiciel ont été introduits comme questionnaires au logiciel d'évaluation, ainsi que des choix et des échelles de réponses associés à chacune des questions des contenus mentionnés.

Questionnaire S^{3m}

Une configuration initiale a été effectuée dans le logiciel pour saisir le questionnaire relié au cadre de référence S^{3m}. Les questions ont été regroupées sous cinq thèmes :

- a. Responsabilités, expérience et connaissances du répondant,
- b. Gestion de processus de maintenance,

- c. Gestion des événements et spécifications,
- d. Système de qualité,
- e. Pratiques de développement et maintenance.

Une description initiale du questionnaire S^{3m} est présentée à la figure 11.1.

**FULL S^{3m} Questionnaire
Version 1.4**

This document is a questionnaire on the implementation of practices related to software maintenance of application software within your organization. This version applies to large organizations. The questions are grouped by process areas such as evolution engineering and event/request management, and by process areas such as SLAs and Supplier Agreements and Pre-delivery and Transition Services. The practices for these process areas and roadmaps are based on release 2.0 of the S^{3m} model. Ongoing work is underway on extending the model to include Medical devices, Sarbane-Oxley and the new CoBIT version. Refer to the model description to understand fully the terminology used in this questionnaire.

Unless indicated by the person administering the questionnaire, you should read and answer all questions based on your knowledge and experience with the application software you maintain. Extra space has been provided for you to write in additional comments as you wish.

The first part of this questionnaire concerns your responsibilities, your experience and your knowledge. Please be assured that your answers will be held in the strictest confidence by the evaluation team. The answers will be used by the evaluation team only to help analyze the answers. You will be contacted if clarification is required for one of your answers.

Thank you for your cooperation,

The S^{3m} Evaluation Team

Figure 11.1 Description du questionnaire S^{3m}.

Des exemples des questions sont présentés à la figure 11.2 ci-dessous:

Responsibilities, Experience and Knowledge of Respondent

1. Which responsibility best corresponds to yours?
(check only one box if possible)

- Maintenance manager
- Senior Maintenance Analyst
- Maintenance Programmer
- Maintenance CM or Testing
- Other maintenance task, Please specify

2. Which activities do you usually conduct weekly?
(check as many answers as required)

- Support Development Project
- User support (no or little programming involved)
- Data management or database administration
- Help Desk Support
- Corrective Maintenance
- Enhancements (more than 1 day and less than 20 days)
- Preventive Maintenance
- Operations support (backup, restore, reorgs..)
- Quality Assurance (walkthroughs,)
- Configuration Management
- Service Level Agreement (establishment, negotiation,..)
- Time entry, billing and service measurement
- Process definition or enhancement
- Other. Please specify

Figure 11.2 Exemples des questions du questionnaire S^{3m}.

Le questionnaire S^{3m} est composé de 135 questions. Des échelles de réponses ont été aussi saisies dans le logiciel.

Les options de réponse à ces questions ont donné un total de 5 échelles de réponses. Un détail du questionnaire est présenté au tableau 11.1.

Tableau 11.1
Questionnaire S^{3m}

Questionnaire S3m	
Catégories	Nombre de questions
Responsibilities, Experience and Knowledge of Respondent	4
A. Maintenance Process Management	27
B. Event/Request Management	19
C. Quality System	5
D. Developpement (and maintenance) practices	40
E. Developpement (and maintenance) environment	4
F. Customer Support	21
G. Processing Centre Management	15
Total Questions	135

La figure 11.3 présente le questionnaire et sa structure.

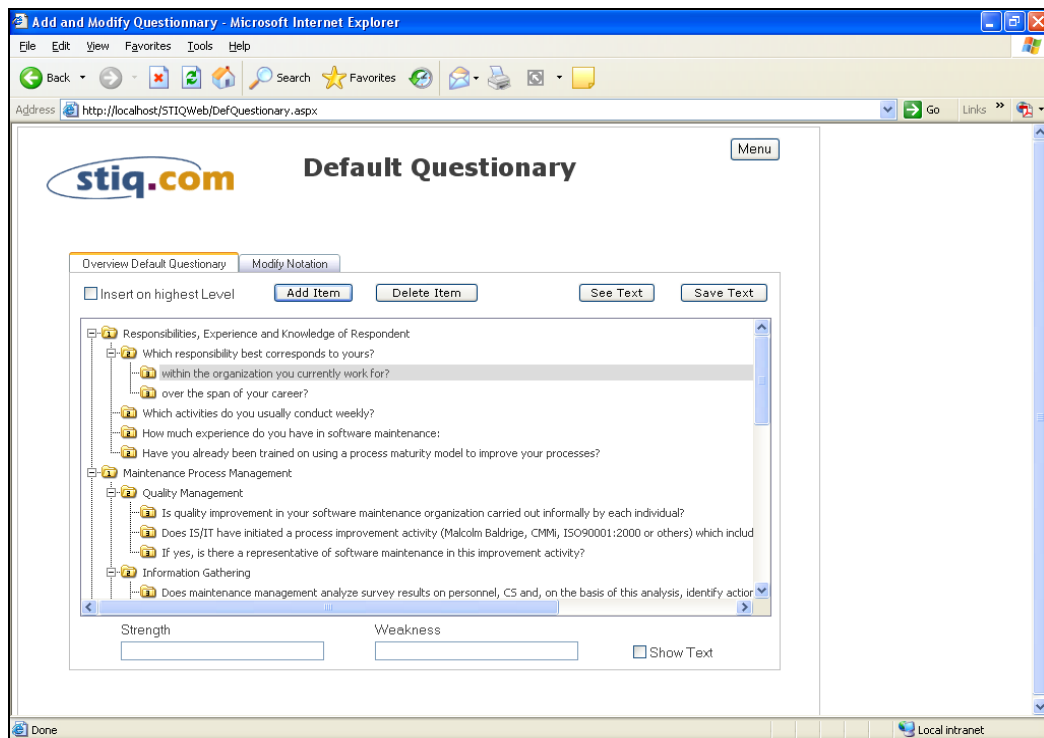


Figure 11.3 Questionnaire S^{3m} dans le logiciel d'évaluation.

La figure 11.4 présente les échelles de réponses construites pour ce questionnaire.

The screenshot shows a web browser window titled 'Notation Methods - Microsoft Internet Explorer'. The address bar shows 'http://localhost/STIQWeb/MasterDetailGrids.aspx'. The page header includes the 'stiq.com' logo and the title 'Notation Methods'. Below the header, there are two main sections: 'Notation' and 'Notation Details'.

Notation Table:

Code Notation	Description	Date	Edit Command
1	responsibility scale	11-27-2006	Edit Delete
2	activities scale	11-27-2006	Edit Delete
3	years scale	11-27-2006	Edit Delete
4	experience scale	11-27-2006	Edit Delete
5	practices scale	11-27-2006	Edit Delete
6	OUI/NON	01-17-2006	Edit Delete
7	echelle des exigences	01-17-2006	Edit Delete
61	OUI/NON	05-26-2005	Edit Delete
62	Echelle Numerique	11-02-2004	Edit Delete

Notation Details Table:

Item	Value	Notation	Edit Command
1	Maintenance manager	100	Edit Delete
2	Senior Maintenance Analyst	100	Edit Delete
3	Maintenance Programmer	100	Edit Delete
4	Maintenance CM or Testing	100	Edit Delete
5	Other maintenance task	100	Edit Delete

Figure 11.4 Échelles de réponse du Questionnaire S^{3m} dans le logiciel d'évaluation.

L'assignation des échelles des réponses aux questions est présentée à la figure 11.5.

The screenshot shows a web browser window titled 'Add and Modify Questionary - Microsoft Internet Explorer'. The address bar shows 'http://localhost/STIQWeb/DefQuestionary.aspx'. The page header includes the 'stiq.com' logo and the title 'Default Questionary'. Below the header, there are two tabs: 'Overview Default Questionary' and 'Modify Notation'. The 'Modify Notation' tab is active.

Under the 'Modify Notation' tab, there are two dropdown menus: 'Select a Level:' with 'Theme' selected, and 'Select:' with 'DEVELOPMENT (AND MAINTENANCE) PRACTICE' selected.

Below the dropdowns, there is a table with the following data:

Question ID	Question Name
88	Are the various phases of development and maintenance based on strict technical requirements?
89	Are prototyping techniques used to explore design scenarios and to validate design decisions before t...
90	Is there optimization of product performance as well as consumption of computerized resources?
91	Is proof of correctness carried out for critical software components?
92	Are Computer Aided Software Engineering tools (CASE) used to automatically produce design prototyp...
93	Are all source codes automatically produced by CASE Tools?
97	Is an inventory of all data managed by the organization and which corresponds to its mission, update...

Below the table, there is a section titled 'Chose Notation Details' with an 'Add row' button. Below this section, there is a table with the following data:

Item	Notation	Date Modified	Edit Command
1	practices scale	01-20-2006	Edit Delete

Figure 11.5 Assignation des échelles de réponses du Questionnaire S^{3m} dans le logiciel d'évaluation.

Finalement la figure 11.6 présente le début d'une évaluation avec le logiciel d'évaluation.

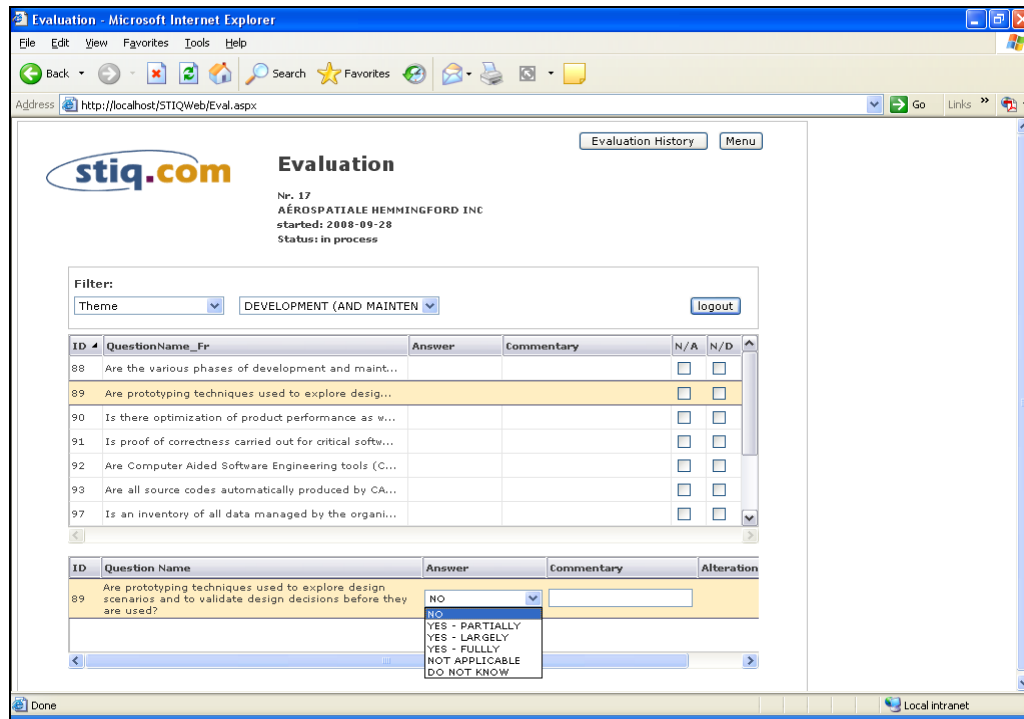


Figure 11.6 Évaluation en cours avec le questionnaire S^{3m} dans le logiciel d'évaluation.

Questionnaire SWEBOK

De la même façon qu'avec le questionnaire S^{3m}, le logiciel a été configuré pour saisir le questionnaire relié à SWEBOK. Les questions ont été regroupées dans dix (10) disciplines :

- a. exigences logicielles,
- b. conception du logiciel,
- c. construction du logiciel,
- d. tests,
- e. maintenance,
- f. configuration,
- g. gestion,
- h. processus,
- i. outils et méthodes,
- j. qualité.

Chaque discipline est ensuite décomposée en thèmes et sous-thèmes, pour finalement arriver au niveau des questions, lesquelles vont avoir des échelles de réponse simples comme OUI et NON, ou des échelles plus complexes avec plusieurs options. Par exemple, pour la question « *Est-ce que votre méthode ou processus de développement définit des exigences fonctionnelles et/ou non fonctionnelles?* », l'échelle de réponse contient les options suivantes :

- a. Les deux types d'exigences sont présents,
- b. Aucune exigence fonctionnelle,
- c. Aucune exigence non fonctionnelle,
- d. Aucune des deux exigences.

Le questionnaire est composé de 402 questions, réparties en dix (10) catégories. Le tableau 11.2 indique la répartition de ces questions.

Tableau 11.2

Questionnaire SWEBOK

Questionnaire SWEBOK	
Catégories	Nombre de questions
Exigences logicielles	54
Conception du logiciel	45
Construction du logiciel	31
Tests	94
Maintenance	37
Configuration	40
Management	30
Processus	29
Outils et Méthodes	13
Qualité	29
Total Questions	402

La figure 11.7 présente le questionnaire et sa structure à l'intérieur du logiciel.

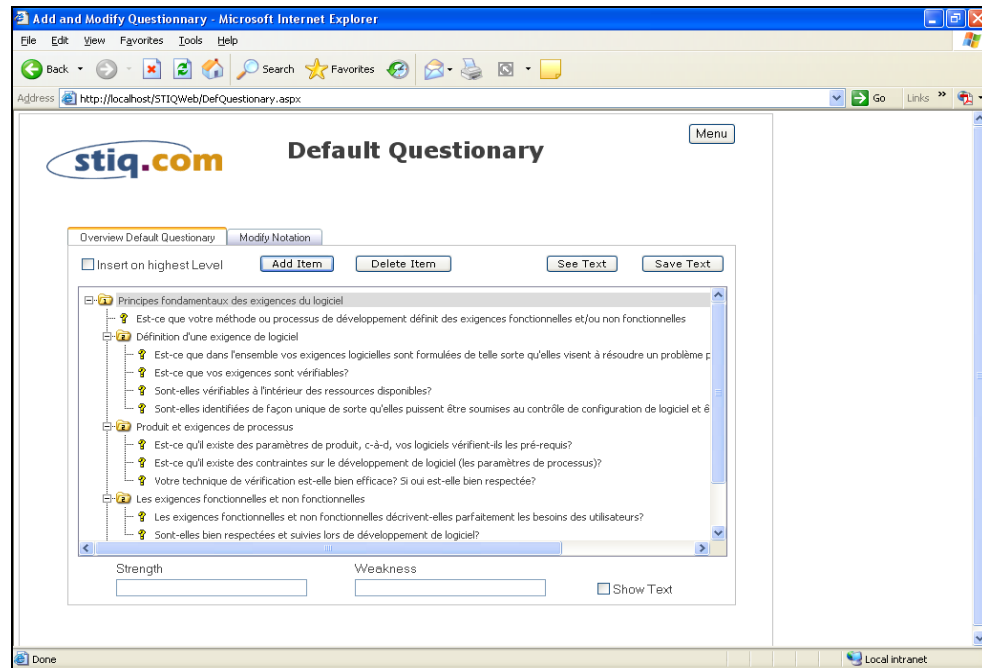


Figure 11.7 Questionnaire SWEBOK dans le logiciel d'évaluation.

Les échelles de réponses construites pour ce questionnaire sont présentées à la figure 11.8.

Code Notation	Description	Date	Edit Command
7	echelle des exigences	01-17-2006	Edit Delete
61	OUI/NON	05-26-2005	Edit Delete
62	Echelle Numerique	11-02-2004	Edit Delete
63	Echelle (Documentation)	12-06-2004	Edit Delete
64	Echelle (Complètement)	12-06-2004	Edit Delete
65	System Expert	12-20-2004	Edit Delete
66	OUI/NON/Quelque uns	01-13-2005	Edit Delete
67	OUI/NON/Pas Encore	01-13-2005	Edit Delete
68	Echelle (Pas Défini)	01-13-2005	Edit Delete

Item	Value	Notation	Edit Command
1	Les deux types d'exigences sont présentes	100	Edit Delete
2	Aucune exigence fonctionnelle	50	Edit Delete
3	Aucune exigence non fonctionnelle	50	Edit Delete
4	Aucune des deux exigences	0	Edit Delete

Figure 11.8 Échelles de réponses du Questionnaire SWEBOK dans le logiciel d'évaluation.

Un exemple de l'assignation des échelles de réponses est présenté à la figure 11.9.

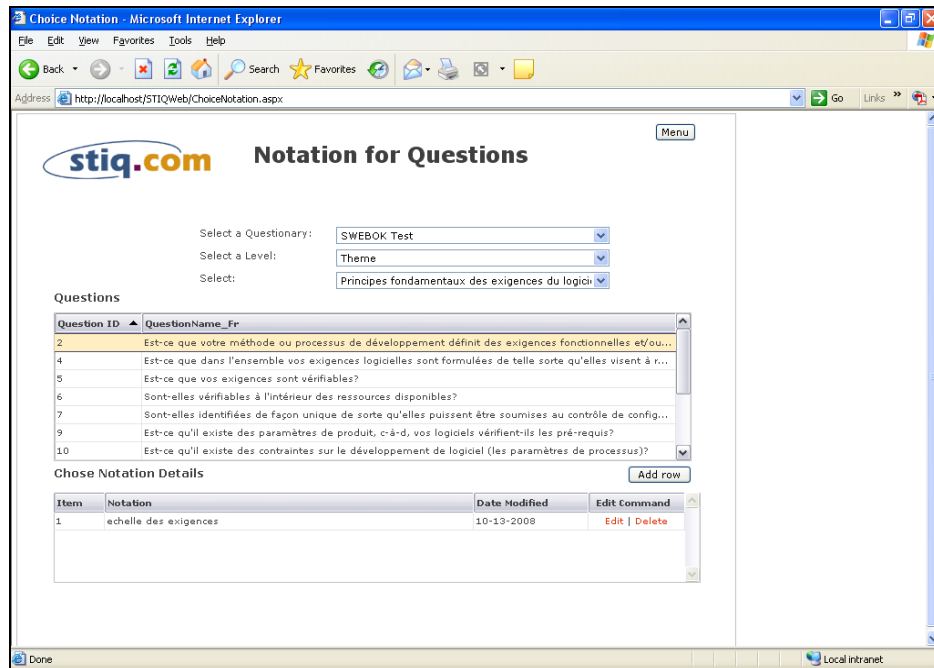


Figure 11.9 Assignation des échelles de réponses du Questionnaire SWEBOK dans le logiciel d'évaluation.

Finalement, la figure 11.10 présente le début d'une évaluation avec le logiciel d'évaluation.

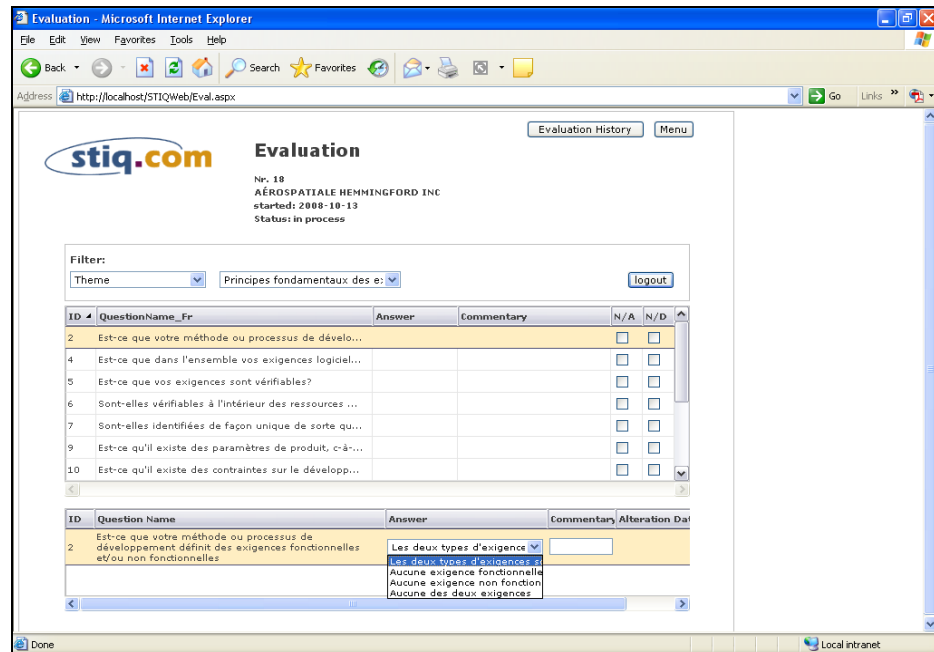


Figure 11.10 Évaluation en cours avec le questionnaire SWEBOK dans le logiciel d'évaluation.

Questionnaire ISO 25051

De la même façon, le questionnaire relié au cadre de référence d'ISO 25051 a été saisi dans le logiciel. Les questions ont été groupées en deux catégories:

1. Spécifications pour les produits logiciels *COTS*,
2. Spécifications pour la documentation des tests.

À l'intérieur de ces catégories se retrouvent des classifications telles que:

- a. Spécifications pour la description de produit,
- b. Spécifications pour la documentation de l'utilisateur,
- c. Spécifications de qualité pour le logiciel.

Chaque catégorie est encore décomposée à un autre niveau, pour finalement arriver au niveau des questions, lesquelles vont avoir des échelles de réponses simples comme OUI et NON, ou des échelles plus complexes avec plusieurs options. Par exemple, pour la question: « *Est-ce que la description du produit est disponible pour des acheteurs et utilisateurs du produit?* », l'échelle de réponse contient les options suivantes:

- a. Oui, de façon complète,
- b. Oui, partiellement,
- c. Non, pas de tout.

Ce questionnaire compte quatre (4) niveaux en tout. Un exemple de ce questionnaire est:

Thème:

- Spécifications pour le produit logiciel *COTS*

Sous-thème:

- Spécifications pour la description du produit

Troisième niveau:

- Disponibilité

Question:

- Est-ce que la description du produit est disponible pour des acheteurs et utilisateurs du produit?

Réponses possibles sont:

- a. Oui, de façon complète,
- b. Oui, partiellement,
- c. Non, pas de tout.

Le questionnaire est composé de 82 questions, réparties en deux (2) catégories, et trois (3) sous-catégories. Le tableau 11.3 indique la répartition numérique de ces questions.

Tableau 11.3

Questionnaire ISO 25051

Questionnaire ISO 25051	
Catégories	Nombre de questions
Requirements for product description	
Availability	1
Content	3
Identification and indications	10
Statements on functionality	6
Statements on reliability	3
Statements on usability	6
Statements on efficiency	1
Statements on maintainability	2
Statements on portability	3
Statements on quality in use	2
Requirements for user documentation	
Completeness	11
Correctness	2
Consistency	1
Understandability	1
Learnability	1
Operability	3

Tableau 11.3 (suite)
Questionnaire ISO 25051

Questionnaire ISO 25051	
Catégories	Nombre de questions
Quality requirements for software	
Functionality	6
Reliability	4
Usability	9
Efficiency	1
Maintainability	1
Portability	4
Quality in use	1
Total Questions	82

La figure 11.11 présente le questionnaire et sa structure dans le logiciel d'évaluation.

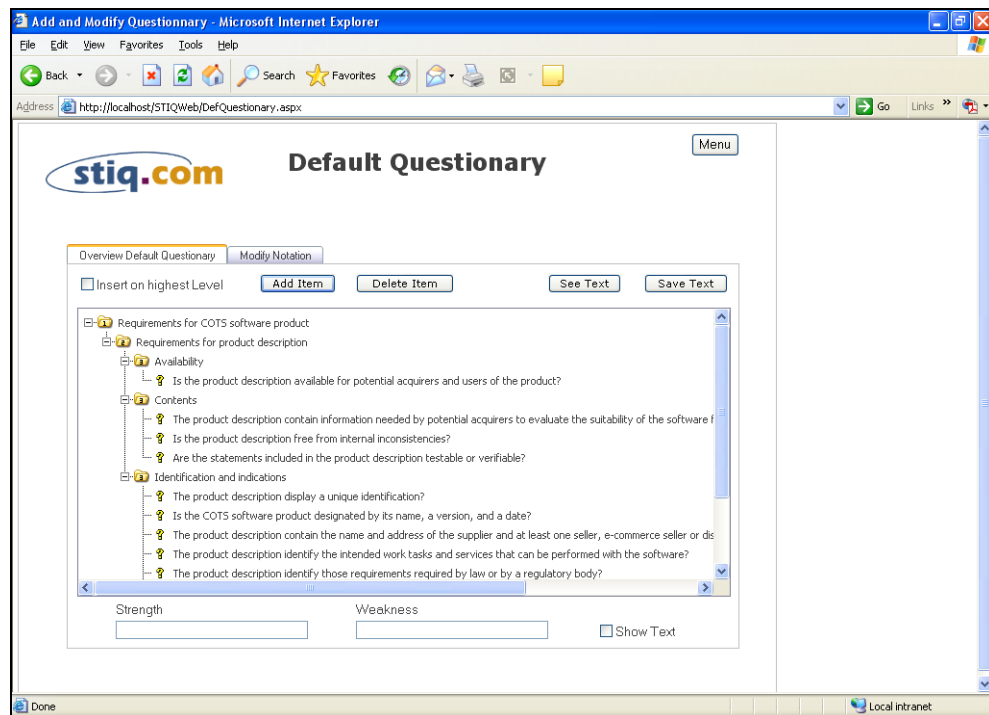


Figure 11.11 Questionnaire ISO 25051 dans le logiciel d'évaluation.

Pour les échelles de réponses, la figure 11.12 présente les différentes possibilités de réponse à ce questionnaire.

The screenshot shows a web browser window titled 'Notation Methods - Microsoft Internet Explorer'. The address bar shows 'http://localhost/STIQWeb/MasterDetailGrids.aspx'. The page header includes the 'stiq.com' logo and the title 'Notation Methods'. Below the header, there are two tables:

Notation

Code Notation	Description	Date	Edit Command
1	Availability	10-13-2008	Edit Delete
2	Inconsistencies	10-13-2008	Edit Delete
3	Yes / No	10-13-2008	Edit Delete
4	Support	10-13-2008	Edit Delete
5	Functionalities	10-13-2008	Edit Delete

Notation Details

Item	Value	Notation	Edit Command
1	Yes, it is available	100	Edit Delete
2	No, it is not available	0	Edit Delete

Figure 11.12 Échelles de réponses du Questionnaire ISO 25051 Dans le logiciel d'évaluation.

L'assignation des échelles des réponses aux questions est présentée à la figure 11.13.

The screenshot shows a web browser window titled 'Choice Notation - Microsoft Internet Explorer'. The address bar shows 'http://localhost/STIQWeb/ChoiceNotation.aspx'. The page header includes the 'stiq.com' logo and the title 'Notation for Questions'. Below the header, there are three dropdown menus for selection:

Select a Questionary: ISO 25051 Audit
 Select a Level: Theme
 Select: Requirements for COTS software product

Questions

Question ID	QuestionName_Fr
4	Is the product description available for potential acquirers and users of the product?
6	The product description contain information needed by potential acquirers to evaluate the suitability o...
7	Is the product description free from internal inconsistencies?
8	Are the statements included in the product description testable or verifiable?
10	The product description display a unique identification?
11	Is the COTS software product designated by its name, a version, and a date?
12	The product description contain the name and address of the supplier and at least one seller, e-com...

Chose Notation Details

Item	Notation	Date Modified	Edit Command
1	Availability	10-13-2008	Edit Delete

Figure 11.13 Assignation des échelles de réponses du Questionnaire ISO 25051 dans le logiciel d'évaluation.

Finalement, la figure 11.14 présente le début d'une évaluation avec le logiciel d'évaluation.

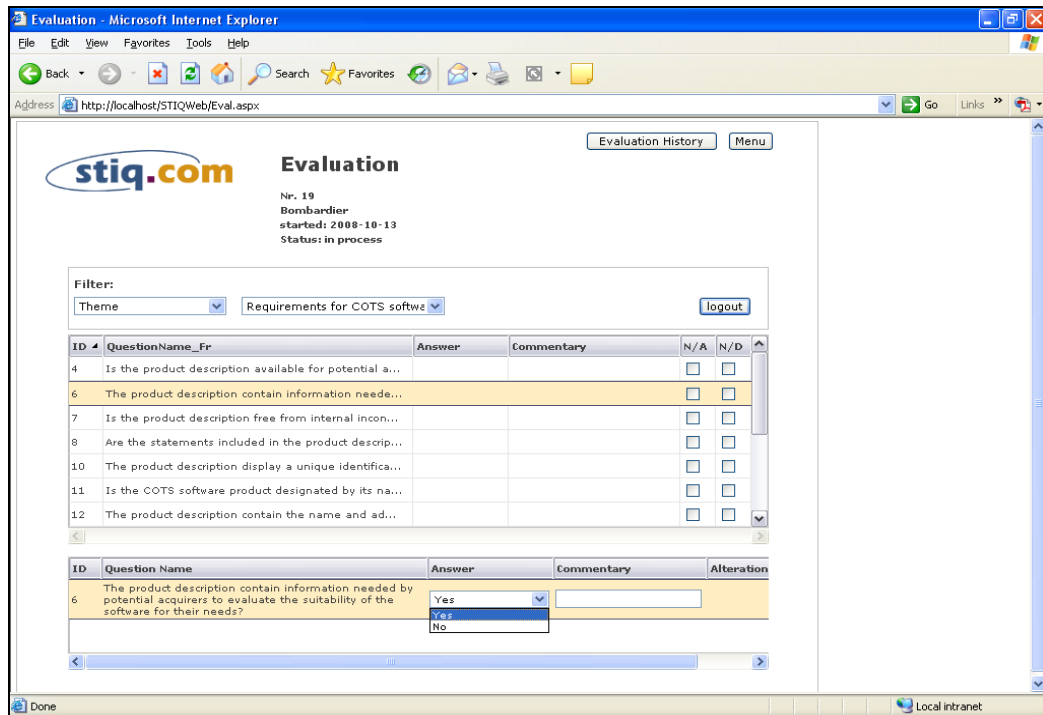


Figure 11.14 Évaluation en cours avec le questionnaire ISO 25051 dans le logiciel d'évaluation.

11.6 Résumé

La configuration et l'introduction des nouveaux contenus dans le logiciel d'évaluation permettent de constater la facilité de paramétrisation, ainsi que la robustesse du logiciel.

Un test a été réalisé principalement avec le contenu de la norme ISO 25051 sur ce même logiciel d'évaluation, pour en vérifier la fonctionnalité et la variété d'utilisations.

Des tests additionnels sont requis pour valider le logiciel et la configuration de chacun des contenus introduits aux fins d'utilisation à l'échelle industrielle dans la certification des entreprises et des logiciels. La vérification doit se faire principalement sur les résultats des évaluations pour ajuster la notation au fur à mesure que l'évaluateur le juge nécessaire.

Par exemple, en faisant deux (2) évaluations dans deux entreprises différentes dont les performances connues sont différentes et en comparant les résultats obtenus avec le logiciel, l'évaluateur va ajuster les échelles construites (dans le cas où il faut ajouter de nouvelles options aux échelles ou des échelles nouvelles). Il va aussi ajuster le poids des réponses si nécessaire, de manière à obtenir la situation réelle des entreprises évaluées. Le logiciel sera ainsi bien ajusté pour faire des évaluations de ce genre et obtenir des résultats fiables et récurrents.

Les contenus donnent seulement un aperçu des capacités du logiciel d'évaluation, et une tâche ultérieure consistera à le tester avec d'autres contenus aux fins de certification et de vérification des modèles de processus.

CONCLUSION

Les praticiens et les chercheurs ont consacré beaucoup d'efforts ces dernières années à l'évaluation de la performance des entreprises. Pendant des décennies, les mesures financières ont été largement utilisées pour l'évaluation de la performance organisationnelle, mais au cours de la décennie 1980 les entreprises ont commencé à se rendre compte que, faisant face à une complexité croissante tant en ce qui les concernait qu'en ce qui concernait les marchés, les mesures financières n'étaient plus le seul critère qu'elles devaient considérer pour évaluer leur performance dans le marché.

Comme il a été mentionné au chapitre de la revue de littérature, plusieurs cadres d'évaluation sont apparus avec pour objectif d'aider les entreprises à définir un ensemble de mesures qui reflètent leurs objectifs et qui évaluent leur performance adéquatement. Ces cadres d'évaluation incluent maintenant des mesures non financières.

Le présent projet de recherche a permis de concevoir la modélisation du traitement des meilleures pratiques en matière de mesure de la performance des entreprises manufacturières, ainsi que le développement de prototypes du logiciel associés, avec d'importantes améliorations pour son utilisation en milieu industriel, plus précisément dans l'entreprise partenaire de cette recherche - Sous-Traitance Industrielle Québec (STIQ).

Pour STIQ et l'équipe de génie mécanique partenaires de notre recherche, nos résultats de recherche ont été pertinents parce qu'il a été possible d'améliorer le contenu (exemple: le nombre des questions a doublé avec le travail de l'équipe de génie mécanique pour l'incorporation des nouvelles meilleures pratiques), diminuer l'impact de la subjectivité de la part de l'évaluateur au moment d'assigner la notation à la réponse reçue et de l'interviewé dû principalement à l'amélioration de la rédaction des questions à poser dans le processus d'évaluation) ainsi que par la standardisation des choix de réponses aux questions et qui ont été utilisés pour la construction des échelles paramétrées. Ces améliorations ont permis d'améliorer la reproductibilité des évaluations indépendamment de l'évaluateur.

De plus l'incorporation des liens entre les questions a permis d'ajouter de la flexibilité dans le traitement des questions en ne se limitant pas à uniquement un traitement hiérarchique: ces liens ont permis d'appliquer la théorie des arbres de défaillance sûreté de fonctionnement au moment de l'établissement des liens de performance entre les meilleures pratiques utilisées dans l'évaluation.

Pour la communauté de recherche, d'autres avenues de recherche ont été explorées, comme:

- le potentiel d'utilisation des échelles de validation trouvées dans des approches psychologiques comme le MMPI-2,
- le potentiel d'application de la logique floue pour effectuer la notation numérique des réponses en langage naturel et pour des traitement des réponses numériques qui doivent être évaluées au delà d'une notation de 0 ou de 100, par exemple, des ratios financiers qui ont une valeur cible à attendre, et pour lesquels il est aussi important de donner une notation à la valeur obtenue par l'entreprise étant évaluée.

Quant au domaine technologique, l'incorporation des nouvelles technologies (langages de programmation plus performantes, des outils graphiques améliorés et la puissance de la technologie Web) pour faciliter la tâche et traitement des questions ainsi que l'automatisation des approches proposés pour l'amélioration de l'ancien outil logiciel ont permis de réduire le temps de l'évaluation et générer des résultats et rapports de l'évaluation d'une façon efficiente.

L'originalité de cette thèse porte sur l'application des concepts des sciences de la gestion et de génie logiciel au domaine de l'évaluation de la performance des entreprises manufacturières. Elle propose donc une approche améliorée qui inclut des éléments pertinents allant du design de la méthode de mesure jusqu'à l'utilisation des résultats de l'évaluation, par exemple la standardisation des réponses ainsi que sa notation, l'inclusion des liens cause-conséquence qui améliorent les rapports de l'évaluation, entre autres.

Deux (2) objectifs ont été proposés dans cette recherche: d'abord une nouvelle modélisation de l'évaluation de l'utilisation des meilleures pratiques pour mesurer la performance d'une entreprise, surtout dans le secteur manufacturier, et ensuite la conception et le développement d'un outil logiciel pour supporter cette modélisation.

Objectif de recherche 1:

Modélisation de l'évaluation de la performance. Contributions clés et limitations.

Pour atteindre le premier objectif, une revue de la littérature a été faite dans les domaines de la gestion ainsi que dans le domaine du génie logiciel. La révision de la littérature nous a confirmé que les systèmes d'évaluation de la performance ne satisfaisaient pas les entreprises, surtout les mesures financières qu'elles jugeaient inappropriées à elles seules pour leur signaler les défis auxquels elles faisaient face quotidiennement. Il s'ensuit que de nouveaux cadres plus complets avec des mesures financières et non financières sont apparus, le plus populaire étant le *Balanced Scorecard* de (Kaplan et Norton, 1993), lequel a été pris comme cadre de référence au niveau affaires pour cette recherche. Ultérieurement, l'utilisation des meilleures pratiques dans cette recherche a été révisée comme approche pour améliorer, et bien sûr mesurer, la performance des entreprises.

Au niveau du logiciel, le modèle de processus de Jacquet et Abran (Jacquet et Abran, 1997) a été utilisé pour concevoir la modélisation de la mesure des meilleures pratiques (en passant pour les quatre étapes que mentionne ce modèle), en plus de la norme ISO 15939 pour la conception de la structure du logiciel associé. Plusieurs autres normes ont été aussi considérées et utilisées pour soutenir la démarche de construction du logiciel et lui donner validité et fiabilité.

Le but du modèle d'évaluation est d'examiner si les entreprises suivent les meilleures pratiques, et dans ce contexte le modèle de processus de Jacquet et Abran (Jacquet et Abran, 1997) a apporté à la validation de l'assignation des choix des réponses ainsi qu'à la définition

et à l'application des règles d'assignation numérique pour donner une valeur à la réponse choisie. Ceci a permis de diminuer le risque de biais de la part des évaluateurs et des personnes interviewées. Suite à cela, ce modèle a permis de considérer la meilleure façon d'obtenir et analyser les résultats, pour aboutir au résultat final qui est de savoir dans quelle mesure les entreprises utilisent ces pratiques, en leur donnant une notation qui reflète cette situation.

La prise en compte de la norme ISO 15939 a permis de bien planifier le processus de mesure, spécialement dans la collecte des données, et dans les procédures d'analyse et émission des rapports, ainsi que dans la sélection et déploiement des technologies pour l'automatisation du processus. Dans l'activité de prise de mesure, cette norme a contribué à la modélisation de la collecte et sauvegarde des données avec toute l'information nécessaire pour bien évaluer les réponses (par exemple, l'ajout des commentaires au moment de l'évaluation, ainsi que des descriptions additionnelles (forces et faiblesses) comme partie des questions utilisées). De plus, l'ajout de produits d'information (i.e. rapports avec les types de réponses et information additionnelle capturée) a été suggéré par des experts pour améliorer la communication et évaluation des résultats.

Également, des améliorations dans l'étape d'application et d'utilisation des résultats ont été recueillies par la moyenne des évaluations demandées aux évaluateurs et du chercheur associé à cette recherche (de l'équipe de génie mécanique de l'ETS), pour bien analyser l'information résultant de l'évaluation et la comparer avec d'autres évaluations des entreprises (dans le même secteur industriel, si c'est possible). Tout cela permet de fournir aux entreprises de l'information valide (rapports d'évaluation) qui reflète leur situation réelle et des façons de concevoir des alternatives d'amélioration (comme partie du rapport d'évaluation).

Il a ainsi été possible d'ajouter de la rigueur à la modélisation de l'évaluation par l'incorporation de ces deux (2) normes et le modèle de processus de Jacquet et Abran (Jacquet et Abran, 1997) par exemple, a permis de vérifier des choix des réponses et des

règles d'assignation numérique à toutes les questions pour permettre de standardiser tout le questionnaire (aujourd'hui plus de 1000 questions). La norme ISO 15939 a permis de définir les composants du logiciel d'appoint à développer ainsi qu'à concevoir la nouvelle structure de base de données pour supporter l'évaluation et par suite, d'obtenir un modèle plus robuste qui élimine les effets des biais associés à l'évaluation et ajoute la reproductibilité des évaluations par les évaluateurs, en ayant toutes les questions et les réponses paramétrés et surtout un rapport d'évaluation plus complet et fiable qui reflète l'incidence des mauvaises pratiques de gestion ou la manque d'application des meilleures pratiques dans l'entreprise.

L'apport d'autres normes ISO, comme l'ISO 9126 qui a contribué à identifier des mesures de vérification de qualité au moment de la construction, ainsi que dans l'utilisation du logiciel a permis de développer un outil « robuste » qui a donné satisfaction aux utilisateurs et partenaires de recherche. Les différents modèles de processus mentionnés dans cette recherche (i.e. la norme ISO 14598 et ISO 15504) ont aussi permis de fournir les fondements qu'exigeait la construction d'un logiciel plus fiable: par exemple, elles ont contribué avec l'ajout de nouvelles spécifications au contenu de l'évaluation, ainsi que dans la réconciliation des différentes approches pour l'évaluation. D'autre part, les deux (2) cadres pratiques mentionnés dans la revue de littérature (CMMi et PSM) ont aidé dans la démarche de construction et l'amélioration du processus de mesure.

Objectif de recherche 2 :

Développement du logiciel associé à l'évaluation. Contributions clés et limitations.

Cet objectif avait pour défi de construire une version améliorée du logiciel associé à l'évaluation de la performance faite par STIQ.

La conception et le développement d'un logiciel pour évaluer la performance des entreprises sur la base des meilleures pratiques avec l'implantation des liens de cause à effet entre les différentes questions, la paramétrisation des choix de réponses et leurs règles associées, ainsi

que la génération préliminaire du rapport d'évaluation en ayant compte des liens de cause à effet ont représenté un défi tout comme la production d'un système d'évaluation qui ne soit pas abandonné peu après son implantation.

À cette fin, la recherche a basé la construction sur l'application des standards en génie logiciel. Le premier exemple a été avec l'application de la norme ISO 9126 avec son apport pour définir les spécifications plus égard aux mesures de qualité interne et externe à utiliser pendant le développement de l'outil logiciel ainsi que pour les mesures d'utilisation qui ont permis d'établir des mesures pour vérifier l'utilisation du logiciel pendant les tests qui se sont produits, et pour identifier les critères d'acceptation de l'outil une fois livré à l'entreprise partenaire. De plus, l'application des normes IEEE 1061 et IEEE 1012 a permis de hausser la qualité du logiciel résultant, ainsi que l'ajout des spécifications de qualité, et des procédures pour la validation et vérification du modèle d'évaluation. Ensuite, l'utilisation de la norme IEEE 1012 a été très important parce qu'elle a permis de faire une dernière vérification de l'outil logiciel avant la livraison au client (e.g. pour démontrer qu'il est conforme aux spécifications recueillies à l'étape d'analyse et qu'il satisfait les standards et les pratiques de développement de logiciel). Quant au processus de validation, cette norme a permis de valider si le logiciel satisfaisait les attentes et les besoins de l'entreprise partenaire et s'il avait résolu le problème que présentait la version du logiciel SEMS étudiée au début de cette recherche. De plus, la norme IEEE 1061 a permis d'établir des critères et des standards d'acceptation et a aidé à détecter des anomalies ou problèmes potentiels dans le logiciel avant sa livraison: à cette fin plusieurs tests ont été réalisés pendant et après le développement du logiciel. En conséquence, l'utilisation de ces normes a permis d'obtenir des prototypes robustes et de qualité qui respectent les règles applicables aux produits logiciels.

L'utilisation de la méthodologie *Rational Unified Process* qui englobe les six (6) meilleures pratiques de développement logiciel a également été utilisée, ce qui a permis de donner de la robustesse à la construction du logiciel, en plus de hausser la qualité et d'assurer que les spécifications des utilisateurs aient été prises en compte dans le développement.

Ce développement a été englobé par la démarche *Design for Six Sigma* qui a garanti que les spécifications de client aient été bien identifiées et prises en compte aussi bien pendant le design du logiciel que dans l'optimisation et la validation du design du logiciel. De plus, ceci a permis de développer les processus de support pour assurer une intégration adéquate du logiciel et son utilisation dans le cadre de l'évaluation de la performance des entreprises manufacturières.

Ce que cette recherche a exploré sous l'angle du logiciel a permis d'incorporer des fonctionnalités qui visaient entre autre à éliminer le biais associé aux réponses au moment de l'évaluation et comment améliorer la reproductibilité et la fiabilité des résultats de l'évaluation.

De plus, cette recherche a permis de tenir compte de fondations au niveau théorique pour améliorer l'évaluation de la performance des entreprises manufacturières basée sur l'utilisation des meilleures pratiques, en y ajoutant des approches de la psychologie comme le MMPI-2 avec la construction d'échelles pour la validation des réponses (autant pour la cohérence que pour la consistance des réponses aux questions par la part des personnes interviewées) et la logique floue pour le traitement des réponses en langage naturel ou des réponses numériques qui doivent s'évaluer dans différents contextes (des exemples des fonctions d'appartenance pour le traitement des réponses on été suggérées dans l'annexe XIX – voir aussi section 12.1.3 pour les échelles MMPI-2 proposées).

Recherches futures

Même si cette recherche a été réalisée dans le cadre d'une collaboration entre STIQ et l'ETS pour les industries manufacturières, les résultats pourront être utilisés dans d'autres contextes et d'autres industries. Ainsi au chapitre 11, cette recherche a illustré qu'il était possible d'améliorer le modèle pour son utilisation dans d'autres domaines. Quelques exemples ont été présentés, tels que des prototypes pour un laboratoire de certification en génie logiciel en ayant comme contenu la norme ISO 25051, et pour la validation de pratiques sur la

maintenance de logiciel à l'intérieur des organisations (April, Abran et Dumke, 2003b) avec le questionnaire S^{3m}, ainsi que pour la validation des processus en génie logiciel au niveau de SWEBOK.

Ceci souligne le potentiel d'utilisation pour l'évaluation des entreprises en génie logiciel avec de nouveaux cadres de référence, l'établissement des niveaux de maturité pour les entreprises manufacturières ainsi que pour des initiatives visant à la création de pratiques améliorées dans des domaines autres que le secteur manufacturier.

Exploration des nouvelles voies d'utilisation

L'importance croissante des entreprises de services à tous les niveaux et dans toutes les activités a mis en évidence le besoin de modèles et d'outils de mesure et d'évaluation de la performance qui permettent aux entreprises de rester concurrentielles.

Il y a lieu de profiter de la position de l'université comme facilitateur des services à l'industrie pour explorer la possibilité de convertir le modèle d'évaluation en outil générique servant à évaluer la performance d'autres secteurs industriels. Il serait intéressant qu'à partir de l'utilisation de nouveaux contenus, ce modèle puisse aussi servir de modèle de certification, par exemple en génie logiciel où les besoins sont plus élevés en raison de l'augmentation de la quantité de normes, et du besoin subséquent de certification des entreprises par rapport à ces normes.

Dans le cas de certification des logiciels, la majorité des méthodes actuelles sont basées sur le processus, c'est-à-dire que la certification doit donner lieu à un suivi des processus et des standards de développement adoptés par l'entreprise qui développe un logiciel X; elle doit aussi fournir des statistiques sur la performance de l'outil. Comment le faire? En utilisant des contenus fournis pour les normes dans le génie logiciel.

Est-ce que le logiciel résultant de cette recherche a été évalué? Oui, le chercheur a utilisé la norme ISO 25051 pour évaluer ce logiciel dans les catégories de cette norme (c.-à-d. description du produit, spécifications pour la documentation de l'utilisateur, spécifications de qualité pour le logiciel, en plus des spécifications pour la documentation des tests à réaliser sur le logiciel). Le résultat de cette évaluation apparaît à l'annexe XX.

1- Laboratoires de certification

La certification de logiciel en est encore à une étape émergente et ce sont encore les organisations de développement de logiciels qui s'assurent elles-mêmes que leur produit est libre de défauts sans toutefois être en mesure de garantir que c'est vraiment le cas. Dans beaucoup de cas en pratique, ce sont toutefois les utilisateurs qui vérifient eux-mêmes que le produit qu'ils ont à acheter ne présente pas de défauts.

Des laboratoires de certification pourraient étudier l'opportunité d'intervenir dans la certification par exemple de la qualité des logiciels. L'utilisation du modèle d'évaluation construit dans cette recherche pourrait ajouter de la consistance à la méthode de mesure en plus d'offrir des tests communs, ce qui est un des objectifs de la certification du logiciel. Il en résulterait une infrastructure des tests utilisant des procédures et standards internationalement acceptés.

2- Techniques spécialisées à utiliser dans le modèle d'évaluation

Des approches comme le MMPI-2 et la logique floue vont donner encore plus des possibilités pour le traitement de questions basées sur les meilleures pratiques, ce qui va hausser la qualité des évaluations faites avec ce nouveau modèle et logiciel associé.

Le MMPI-2 et ses échelles de validation, ainsi que la logique floue pour des traitements des réponses en langage naturel.

3- Démarche MMPI-2

L'approche psychologique *Minnesota Multiphasic Personality Inventory* (MMPI-2) développée par StarkeHataway and J.C. McKinley en 1940 et révisée en 1989 par J.N. Butcher, W.G. Dahlstrom, J.R. Graham, A. Tellegan, and B. Kaemmer tous de l'Université de Minneapolis, Minnesota, est un questionnaire vrai/faux qui mesure plusieurs composants de la personnalité. L'approche MMPI-2 est utilisée principalement pour évaluer les caractéristiques que reflète l'inadaptation sociale et personnelle d'un individu.

L'utilisation de MPPI-2 est intéressante dans le cadre de cette recherche parce que cette approche contient des échelles de validité des réponses des individus : étant donné les besoins par rapport à l'évaluation, MMPI-2 peut être utilisé comme une amélioration très intéressante pour la validation et vérification des réponses des personnes interviewées.

Le tableau 11.4 contient les échelles utilisées, une description de son utilité à l'intérieur de MMPI-2 et la possible utilisation dans le cas de notre recherche.

Tableau 11.4

Échelles de validation du cadre MMPI-2

Échelle	Utilisation dans MMPI-2	Adaptation à l'évaluation des entreprises
Validation des réponses	Inclut des éléments avec des fautes humaines les plus communes, qui pourront être admis par un être humain. Si ce n'est pas le cas, il est possible que la personne soit en train de mentir ou d'exagérer ses qualités.	Une possible utilisation pourrait être la construction d'une échelle pour vérifier l'absence ou présence des pratiques qui sont incontournables dans l'industrie manufacturière.
Vérification des réponses	Permet de détecter des inconsistances ou contradictions des réponses.	Il sera intéressant de construire une échelle pour vérifier si des contradictions se font au moment de l'évaluation (par exemple, si dans une question l'interviewé répond oui à une question, plus tard dans l'évaluation il faut qu'il répond oui à une question reliée).

Tableau 11.4 (suite)

Échelles de validation du cadre MMPI-2

Échelle	Utilisation dans MMPI-2	Adaptation à l'évaluation des entreprises
Correction	Valider si la personne interviewée est en train de se présenter de la meilleure manière.	Inclure dans une échelle des pratiques auxquelles qu'il est très difficile d'atteindre, donc en vérifiant les réponses avec les observations ou conclusions faites lors de l'évaluation, l'évaluateur sera en mesure de découvrir ces réponses biaisés.
Pas de réponse	Prend en compte les questions auxquelles la personne interviewée n'a pas de réponse.	Même utilisation, il permettra de vérifier l'implication des personnes interviewées dans l'accomplissement des pratiques à l'intérieur de l'entreprise.

Dans un questionnaire avec beaucoup des questions comme celui utilisé dans l'évaluation des entreprises, ces échelles vont jouer un rôle important pour le contrôle des réponses, en laissant plus de temps aux évaluateurs pour se concentrer à d'autres activités à valeur ajoutée comme l'observation et la vérification des installations à l'intérieur de l'entreprise.

Une autre recommandation faite pour l'utilisation de ce cadre est l'introduction 'a priori' de certaines questions pour vérifier le degré de compréhension des personnes interviewées. Cette situation a été observée par le chercheur lors de l'administration d'une évaluation dans une entreprise à Saint-Laurent, Québec.

Utilisation de la Logique Floue (Fuzzy Logic)

La logique floue a été développée par Zadeh (en 1965) et depuis son apparition plusieurs travaux de recherche ont testé l'application de cette logique. Zadeh a introduit la théorie des ensembles flous (*Fuzzy Sets*) où un ensemble peut avoir plusieurs degrés d'appartenance et il peut être représenté par une fonction.

Cette théorie fournit les outils pour effectuer des raisonnements approximatifs quand l'information disponible est incertaine, incomplète, imprécise et vague.

La fonction d'appartenance d'un ensemble classique A est définie par:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in A \\ 0 & \text{si } x \notin A \end{cases}$$

et $\mu_A(x)$ est appelé le degré d'appartenance de x dans le ensemble flou μ_A . Le choix de la fonction μ_A est subjectif et dépendant du contexte (Nguyen et Walker, 2000).

L'exemple présenté en (Idri, Abran et Kjiri, 2000) présente graphiquement un ensemble classique et un ensemble flou de la valeur 'Trop Cher'² d'un ordinateur pour une population d'étudiants. Voir la figure 11.15.

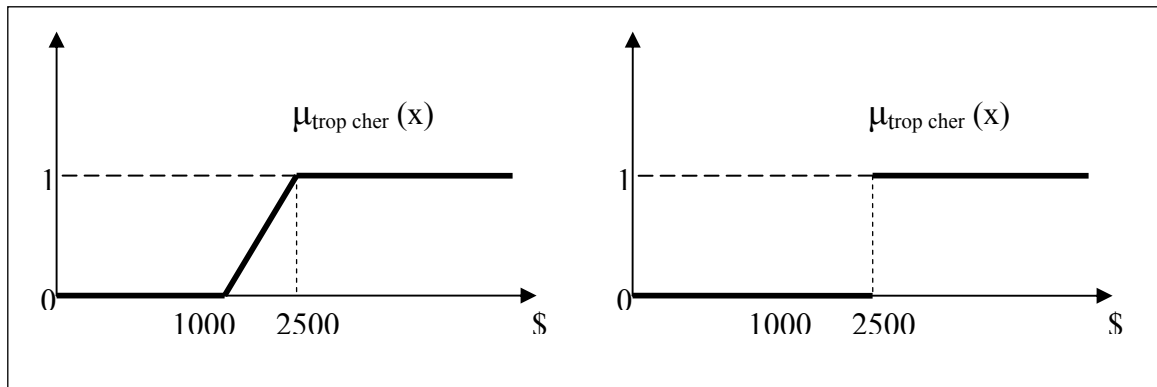


Figure 11.15 Représentations graphiques d'ensembles classiques et flous.

Dans le domaine d'affaires les questionnaires sont utilisés pour recueillir de l'information abstraite et numérique des personnes ressources dans l'entreprise. Les données montrent les

² Un PC ayant un prix supérieur ou égal à \$2,500 sera 'déclaré' 'trop cher'

attitudes et perceptions des entreprises envers des meilleures pratiques (ce qui est le cas dans le questionnaire de DIAGNO-STIQ, version logiciel évaluée lors de cette recherche).

Cette théorie permet que la modélisation de ces concepts à travers d'ensembles flous donne la possibilité de donner de la signification mathématique aux phrases en langage naturel. Voir annexe XIX pour des exemples d'application de la logique floue au questionnaire.

Limitations de la recherche

Au début de la recherche la stratégie de développement adoptée avait été de produire et valider six prototypes avec différentes fonctionnalités. Cette stratégie a par la suite été modifiée par le partenaire industriel pour que seulement les trois premiers prototypes puissent être utilisés comme base pour concevoir un logiciel plus complet avec robustesse industrielle pour l'utilisation dans le contexte des évaluations de STIQ. En cours de route certaines fonctionnalités des prototypes proposées (et acceptées initialement) ont été donc retranchées (ex. logique floue).

Ainsi, une fois le prototype 3 complété le partenaire industriel a préféré le développement d'un logiciel opérationnel en industrie et pour ajouter de la robustesse à l'outil logiciel pour supporter le processus d'évaluation de l'entreprise partenaire de cette recherche. Ce travail de développement de la version industrielle du logiciel a été effectué avec l'aide d'une équipe de travail formé par trois stagiaires au Laboratoire de recherche en logiciel de l'ETS.

Dans la version finale du logiciel développé dans ce projet de recherche, toutes les fonctionnalités développées dans les trois premiers prototypes de recherche, ainsi que des fonctionnalités d'administration du logiciel d'évaluation ont été prises en compte et intégrés dans la version industrielle qui a été livrée à l'entreprise partenaire en février 2005.

Il serait bien entendu possible de développer une version plus élaborée en intégrant d'autres approches, comme:

- la logique floue (pour des notations plus précises avec des évaluations numériques surtout avec les mesures ou question reliées aux fonctions de finances et de l'ingénierie),
- des échelles similaires à celles de MMPI-2 (mentionnées plutôt), et qui ont été proposées dans la stratégie de construction des prototypes exploratoires (annexe III).

Ceci permettrait d'ajouter de la flexibilité au logiciel pour l'évaluation des réponses numériques en ne limitant pas les évaluations à des valeurs discrètes et en ajoutant de la continuité aux notations. D'autre part les échelles de cohérence et consistance mentionnées dans le tableau 11.4 ajouteraient la validation des réponses des personnes interviewées et permettrait de vérifier si certaines pratiques incontournables se font à l'intérieur de l'entreprise, détecter s'il y a des inconsistances dans les réponses et le plus important, de vérifier s'il y a des biais au moment de répondre aux questions en essayant de présenter l'entreprise de la meilleure manière aux yeux de l'évaluateur.

En conséquence, l'ajout de ces caractéristiques pourrait:

- rendre au logiciel plus versatile au moment de l'évaluation de la performance des entreprises manufacturières,
- introduire d'autres contenus utiles, autant pour l'industrie manufacturière que pour le génie logiciel dans les laboratoires de certification.

Bien entendu cette versatilité se reflétera dans le calcul de la notation résultant, ainsi que dans la génération du rapport de l'évaluation.

Une autre voie intéressante à explorer serait la création de niveaux de maturité relativement aux meilleures pratiques pour les entreprises manufacturières, niveaux qui pourraient être similaires à ceux du modèle CMMi. Dans le questionnaire actuel, plus de 1000 questions ont été proposées par le chercheur partenaire de cette recherche: en plus de leur organisation par fonction de l'entreprise, ces meilleures pratiques pourraient être organisées par niveaux de complexité et difficulté à atteindre, ce qui donnerait des niveaux de maturité similaires à ceux du modèle CMMi.

Il serait également intéressant d'explorer la possibilité de créer une entité (potentiellement associée à l'université) pour permettre de définir et maintenir à jour les meilleures pratiques pour les différentes industries : aéronautique, industrie du bois, de l'acier, du meuble, secteur automobile, génie logiciel évidemment, etc. Il serait ainsi possible de maintenir à jour les contenus utilisés à l'intérieur des systèmes d'évaluation de la performance de ces industries et d'être à l'avant-garde par rapport aux événements qui affectent les entreprises.

ANNEXE I

MAPPING DESIGN FOR SIX SIGMA (DFSS) ET RATIONAL UNIFIED PROCESS (RUP)

Tableau 1.1

Mapping DFSS et RUP

Phases	Étapes	Outils	Analogie RUP
Identifier les spécifications = Phase de commencement (RUP)	Draft project charter	Critical to Satisfaction (CTS) metrics to conceive and optimize better designs	Business Rules template Target-Organization Assessment
	Identify customer and business requirements	<p>Quality function deployment (QFD) Kano analysis</p> <p style="text-align: center;">Then</p> <p>Appropriate set of CTSs metrics are determined and numerical limits and targets for each are established.</p> <p>Tasks in this step:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identify methods of obtaining customer needs and wants. • Obtain and transform them into the voice-of-customer (VOC) list. • Translate VOC into functional and measurable requirements. • Finalize requirements: Establish minimum requirements definitions, identify and fill gaps in customer-provided requirements, validate application and usage environments. 	Business Vision Requirements Management Plan Stakeholder Requests Vision

Tableau 1.1 (suite)

Mapping DFSS et RUP

Phases	Étapes	Outils	Analogie RUP
	Identify customer and business requirements	<p>Tasks in this step:</p> <ul style="list-style-type: none"> Identify CTSs as critical to quality (CTQ), critical to delivery (CTD), critical to cost (CTC). Quantify CTSs : establish metrics for CTSs, establish acceptable performance levels and operating windows, perform flowdown of CTSs. <p>DFSS tools in this phase are:</p> <ul style="list-style-type: none"> Market / customer research, Quality function deployment, Kano Analysis, Risk analysis. 	Business Vision Requirements Management Plan Stakeholder Requests Vision
Caractériser le design = Phase d'élaboration (RUP)	Translate customer requirements (CTSs) to product / process functional requirements	QFD used to translate them.	Software Requirements Specification
	Generate design alternative	<p>Develop design entities able to deliver those functional requirements, the options are:</p> <ul style="list-style-type: none"> The technology exists, A new design concept need to be developed: TRIZ method and axiomatic design tools can be used. 	Software Architecture Document
	Evaluate design alternatives	The Pugh concept selection technique, design reviews, design vulnerability analysis and FMEA can be used.	Configuration Management Plan

Tableau 1.1 (suite)

Mapping DFSS et RUP

Phases	Étapes	Outils	Analogie RUP
	Evaluate design alternatives	DFSS tools in this phase are: <ul style="list-style-type: none"> • TRIZ, QFD, • Axiomatic Design, • Robust design, • Design for X, • DFMEA and PFMEA (design and performance failure mode-effect analysis), • Design review, • CAD / CAE (computer aided design / engineering), • Simulation, • Process management. 	Configuration Management Plan
Optimiser le design = Phase de Construction (RUP)	As the concept design is finalized, there are still a lot of design parameters that can be adjusted and changed.	DFSS tools in this phase are: <ul style="list-style-type: none"> • Design / simulation tools, • Design of experiment, • Taguchi methods, parameter, design, tolerance design, • Reliability-based design, • Robustness assessment. 	Configuration Management Plan
Vérifier le design = Phase de Transition-RUP	Pilot test and refining	Design failure mode-effect analysis (DFMEA) and pilot and small-scale implementations to test and evaluate real-life performance.	Test Plan
	Validation and process control		Quality Assurance Plan
	Full commercial rollout and handover to new process owner	DFSS tools in this phase are: <ul style="list-style-type: none"> • Process capability modeling, • DOW, • Reliability testing, • Poka-Yoke, error proofing, • Confidence analysis, • Process control plan, • Training. 	Deployment Plan

ANNEXE II

FAMILIARISATION ET ÉVALUATION DU LOGICIEL CHEZ STIQ

Suite aux visites chez STIQ pour débiter l'étape de familiarisation, en se basant sur des observations et entrevues avec le personnel de STIQ, un inventaire était réalisé pour évaluer la technologie actuelle et les caractéristiques de l'outil d'évaluation SEMS utilisé à ce moment-la. Le détail est le suivant:

Technologie utilisée chez STIQ pour le logiciel initial Système d'Évaluation et de Suivi des fournisseurs (*SEMS* en anglais)

La première version du logiciel *SEMS* a été développée en 1998 et il a par la suite été amélioré entre les années 2000 et 2001. La plateforme de développement a été Windows, et le langage de programmation FOXPRO, un langage de troisième génération.

Cette technologie était désuète en 2003 et il devenait nécessaire de faire une migration vers de nouveaux langages de programmation et des bases des données relationnelles. Une plateforme technologique plus récente et avec des actualisations au niveau de matériel et système d'exploitation devrait être en mesure de supporter une nouvelle application.

Évaluation de l'outil

Voici une liste de caractéristiques identifiées suite à l'évaluation du logiciel SEMS:

- La plupart des questions sont ouvertes, et seulement quelques unes utilisent des réponses préétablies comme OUI et NON ».
- Cet outil utilise quatre niveaux dans le questionnaire, le dernier le niveau étant celui avec les questions (mesures).

- La navigation à l'intérieur du questionnaire se fait en cliquant sur chaque niveau: une fois rendu au niveau des questions, une fenêtre avec le point d'évaluation qui contient toutes les questions à répondre est affichée, une boîte pour la réponse est affichée à côté de chaque question une fois fini, l'évaluateur donne la note sur le point d'évaluation, sur la base de la perception de l'évaluateur à ce moment-là.
- Une navigation hiérarchique pour le questionnaire (liste des questions).

Technologie utilisée

Des serveurs Microsoft Windows Server 2000, un réseau TCP/IP au niveau de l'entreprise et un serveur Web pour l'accès à d'autres services que STIQ offre à ses affiliés, étaient les technologies utilisées par le partenaire industriel au début de cette recherche.

Orientations technologiques

Étant donné les infrastructures matérielles utilisées chez STIQ au début de cette recherche, la décision d'aller à l'avant avec la technologie Microsoft allait de soi. En conséquence, l'utilisation de la plateforme Windows comme système d'exploitation et de SQL Serveur comme plateforme de base des données, était un choix facile, d'autant plus que le partenaire industriel avait déjà utilisé SQL Serveur pour une autre application et que celle-ci était toujours en opération chez le partenaire industriel.

Pour la décision de choisir la plateforme de développement, une matrice de décision a été construite avec le Directeur de systèmes de la compagnie et l'ingénieur évaluateur chef de STIQ. La décision, suite à l'utilisation de cette matrice de décision, a été d'aller à l'avant avec la technologie Web, et pour suivre la plateforme Windows, la technologie .net avec asp.net a été choisie, pour développer la nouvelle application dans la plateforme Web.

D'autres décisions comme acheter des « add-ins » pour accélérer le développement ont été prises, principalement avec des interfaces pour l'utilisateur.

Maintenance du logiciel

Peu après le développement de la deuxième version du logiciel SEMS, la personne qui avait fait le travail n'était plus disponible pour faire des améliorations au logiciel. Au début de cette recherche, STIQ ne possédait plus l'expertise pour faire des modifications au logiciel SEMS. Cette situation a été aussi un des déclencheurs pour décider la migration vers un nouvel outil plus robuste et avec une technologie supérieure à celle utilisée au début de notre recherche.

Choix technologique pour le développement des prototypes

Les prototypes ont été développés sur la base des standards .Net et une base de données comme Microsoft Access, laquelle était suffisamment robuste pour développer les premiers prototypes de recherche.

Pour le premier prototype de recherche, l'introduction du XML sera explorée pour profiter des robustesses des bases des données comme le SQL Serveur 2003 ou des versions postérieures qui incorporent de façon native ce langage, ce qui fait que ce développement pourrait prendre avantage de cette technologie en applications des bases des données. Une fois les prototypes testés, une version plus robuste de l'outil logiciel sera développée en utilisant une base des données comme SQL Serveur.

Le langage de programmation choisi est l'ASP.Net. Ce langage a été utilisé pour le développement des prototypes car il est très portable (c'est une plateforme indépendante), il est très facile pour expérimenter et faire évoluer le prototype selon les spécifications données dans le document « Stratégie de construction de prototypes exploratoires pour le projet STIQ-ETS ».

La méthodologie de développement utilisée a été le *Rational Unified Process* parce qu'elle incorpore les six meilleures pratiques du développement du logiciel; de plus c'est le choix de méthodologie utilisé par l'ETS dans son programme de formation en génie logiciel.

Cette recherche vise à garder des interfaces utilisateurs très conviviaux dans les prototypes à développer.

ANNEXE III

STRATEGIE DE CONSTRUCTION DES PROTOTYPES EXPLORATOIRES

Pour le projet nous développerons des prototypes qui incorporent des fonctions progressivement de plus en plus complexes.

Ces prototypes seront de types exploratoires pour illustrer divers aspects fonctionnels qui pourraient être incorporées dans une version industrielle à être développée plus tard dans l'environnement de STIQ, une fois que les choix technologiques de STIQ seront finalisés.

Ces prototypes exploratoires seront également développés sur une plateforme technologique familière à l'étudiant qui les développe, soit :

- Microsoft Access comme Base de Données
- ASP.Net comme langage de programmation

Ces prototypes exploratoires sont également de type 'jetable' dans le sens qu'ils sont développés uniquement pour fin d'illustration de divers traitements des fonctions, et non pour rencontrer des normes de durabilité, fiabilité et maintenabilité requis de tout logiciel de type industriel.

Une fois que STIQ aura choisi sa plateforme technologique, il faudra bien entendu que ce choix technologique soit respecté pour le développement de la version industrielle. À la base de cette information, nous allons détailler chaque prototype et leur besoin d'information, tant de la part de STIQ comme de l'ETS (équipe de Génie Mécanique).

Cependant, pour chaque prototype nous aurons besoin de certain pré-requis, à être fournis par les équipes de STIQ et l'ETS:

1. Des petits « Case Study », c'est-à-dire, des questionnaires complétés, comme exemples des cas possibles d'entrée de données, et des exemples des traitements.

2. Une programmation de validation des prototypes, comme:
- a. Des plans de tests usagers,
 - b. Données des tests,
 - c. Exécution des tests,
 - d. Rapports des tests.

Le tableau 3.1 montre les prototypes proposés pour ce projet :

Tableau 3.1

Prototypes exploratoires

Prototypes	Information requise de l'équipe de Génie Mécanique et STIQ
<p><u>Prototype 1</u></p> <p>Défi : Paramétrisation des réponses.</p> <p>Choix des types de réponses choisis pour ce prototype:</p> <ul style="list-style-type: none"> • OUI/NON, • Échelle Numérique, • Échelle linguistique. <p>Contrainte : Toutes les questions doivent être répondues dans ce prototype.</p>	<p><u>Tâche équipe STIQ:</u></p> <p>Donner les règles pour les notations des questions sélectionnées.</p> <p>Discuter la façon de faire le calcul de la notation finale de l'évaluation au complet.</p> <p>Discuter la validité de la pondération du questionnaire au niveau de thème, sous-thème, etc.</p> <p><u>Tâche équipe ETS (Génie Mécanique):</u></p> <p>Donner un aperçu des réponses attendues aux questions pour le choix de notation dans ce prototype.</p> <p>Discuter la validité de la pondération du questionnaire et les poids à mettre dans chaque thème, sous-thème, point d'évaluation et question (Exemple, en parties égales par tout).</p> <p>Discuter la façon de faire le calcul de la notation finale de l'évaluation au complet.</p>

Tableau 3.1 (suite)

Prototypes exploratoires

Prototypes	Information requise de l'équipe de Génie Mécanique et STIQ
<p><u>Prototype 2</u></p> <p>Défi : Travailler dans une version sans limite dans les niveaux des questions.</p> <p>Choix des types de réponses ajoutées pour ce prototype:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Traitement des réponses NON APLICABLE, • Traitement des réponses NON DISPONIBLE, • Traitement des réponses NE SAIS PAS ? • Logique Floue – fonction linéaire. 	<p><u>Tâche équipe STIQ:</u> Discuter défi du prototype.</p> <p>Donner les règles pour les notations des questions sélectionnées.</p> <p>Discuter la façon de faire le calcul de la notation finale de l'évaluation au complet.</p> <p>Pour la fonction en logique floue définir les valeurs limites pour chaque thème, sous-thème, etc.</p> <p>Pour les réponses <u>non disponibles</u>, définir le traitement (en principe, sa notation était définie comme une échelle).</p> <p>Pour les réponses <u>Ne sais pas</u> définir si est applicable ou non.</p> <p><u>Tâche équipe ETS (Génie Mécanique):</u> Donner un aperçu des réponses attendues aux questions pour le choix de notation dans ce prototype.</p> <p>Définir le traitement des niveaux sans limites dans le questionnaire.</p> <p>Discuter la façon de faire le calcul de la notation finale de l'évaluation au complet.</p>
<p><u>Prototype 3</u></p> <p>Défi : Ajouter des liens entre questions.</p> <p>Choix des types de réponses:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liens entre questions avec des probabilités ou pondération pour chacune d'elles pour comptabiliser la notation finale de la question initiale. 	<p><u>Tâche équipe STIQ:</u> Discuter défi du prototype.</p> <p>Donner les règles pour les notations des questions sélectionnées.</p> <p>Introduire la notion de lien cause effet dans les questions.</p>

Tableau 3.1 (suite)

Prototypes exploratoires

Prototypes	Information requise de l'équipe de Génie Mécanique et STIQ
<p><u>Prototype 3</u></p> <p>Défi : Ajouter des liens entre questions.</p>	<p><u>Tâche équipe STIQ:</u></p> <p>Discuter la façon de faire le calcul de la notation finale de l'évaluation au complet.</p>
<p><u>Prototype 3</u></p> <p>Défi : Ajouter des liens entre questions.</p>	<p><u>Tâche équipe ETS (Génie Mécanique):</u></p> <p>Donner un aperçu des réponses attendues aux questions pour le choix de notation dans ce prototype.</p> <p>Discuter les liens possibles à définir entre les questions, ainsi que le niveau ultime à le faire.</p> <p>Discuter la pondération ou probabilité à assigner à chaque lien pour la notation finale.</p> <p>Discuter la façon de faire le calcul de la notation finale de l'évaluation au complet.</p>
<p><u>Prototype 4</u></p> <p>Défi : Ajouter une approche de Système Expert.</p> <p>Choix des types de réponses choisis pour ce prototype:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Établissement des règles cause effet en profitant des liens entre questions, • Ces règles permettront d'ajouter la fonctionnalité d'aide à la génération des rapports au logiciel qui est un des objectifs du projet. 	<p><u>Tâche équipe STIQ:</u></p> <p>Discuter défi du prototype.</p> <p>Introduire la notion de règles cause effet (if then) dans les questions, ainsi que le niveau ultime à le faire.</p> <p>Donner les règles cause effet pour les notations des questions sélectionnées dans des fonctions spécifiques (pour cela nous aurons besoin des liens entre questions).</p> <p>Discuter la pondération ou probabilité à assigner à chaque règle pour la notation finale.</p> <p>Discuter la façon de faire le calcul de la notation finale de l'évaluation au complet.</p>

Tableau 3.1 (suite)

Prototypes exploratoires

Prototypes	Information requise de l'équipe de Génie Mécanique et STIQ
<p><u>Prototype 4</u></p> <p>Défi : Ajouter une approche de Système Expert.</p>	<p><u>Tâche équipe ETS (Génie Mécanique):</u></p> <p>Donner un aperçu des réponses attendues aux questions pour le choix de notation dans ce prototype.</p> <p>Discuter les règles possibles cause effet (if then) à définir entre les questions, ainsi que le niveau ultime à le faire.</p> <p>Discuter la pondération ou probabilité à assigner à chaque règle pour la notation finale.</p> <p>Discuter la façon de faire le calcul de la notation finale de l'évaluation au complet.</p>
<p><u>Prototype 5</u></p> <p>Défi : Ajouter la possibilité de limiter l'ampleur du questionnaire en profitant des réponses qui pourront affecter la visibilité des questions liées.</p>	<p><u>Tâche équipe STIQ:</u></p> <p>Discuter défi du prototype.</p> <p>Donner les règles pour les notations des questions sélectionnées.</p> <p>Discuter la façon de faire le calcul de la notation finale de l'évaluation au complet.</p> <p>Discuter l'élaboration d'un questionnaire préliminaire que permet de limiter l'ampleur du questionnaire total.</p> <p>Discuter la façon de faire la pondération ou la probabilité à assigner à chaque question pour la notation finale, étant donné que l'ampleur des questions sera rétrécie ou augmenté.</p>

Tableau 3.1 (suite)

Prototypes exploratoires

Prototypes	Information requise de l'équipe de Génie Mécanique et STIQ
<p><u>Prototype 5</u></p> <p>Défi : Ajouter la possibilité de limiter l'ampleur du questionnaire en profitant des réponses qui pourront affecter la visibilité des questions liées.</p>	<p><u>Tâche équipe STIQ:</u></p> <p>Discuter la possibilité d'inclure au niveau du questionnaire des champs booléens pour permettre de faire visible ou non les questions au moment de faire l'évaluation.</p> <p><u>Tâche équipe ETS (Génie Mécanique):</u></p> <p>Donner un aperçu des réponses attendues aux questions pour le choix de notation dans ce prototype.</p> <p>Discuter l'élaboration d'un questionnaire préliminaire que permet de limiter l'ampleur du questionnaire total.</p> <p>Discuter la façon de faire la pondération ou la probabilité à assigner à chaque question pour la notation finale, étant donné que l'ampleur des questions sera rétrécie ou augmenté.</p> <p>Discuter la façon de faire le calcul de la notation finale de l'évaluation au complet.</p>
<p><u>Prototype 6</u></p> <p>Défi : Incorporer des notions de psychologie avec le MMPI-2, pour permettre d'effectuer des vérifications de cohérence des réponses, ainsi que la consistance de réponses.</p> <p>Choix des types de réponses:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Élaborer des échelles (groupes des questions) pour vérifier la cohérence et consistance (entre autres) des réponses, • Établir les réponses adéquates que les échelles doivent avoir pour un 100% de certitude, 	<p><u>Tâche équipe STIQ:</u></p> <p>Discuter défi du prototype.</p> <p>Donner les règles pour les notations des questions sélectionnées.</p> <p>Discuter la façon de faire le calcul de la notation finale de l'évaluation au complet.</p> <p>Discuter l'élaboration des échelles pour effectuer des vérifications de cohérence et consistance.</p>

Tableau 3.1 (suite)

Prototypes exploratoires

Prototypes	Information requise de l'équipe de Génie Mécanique et STIQ
<p><u>Prototype 6</u></p> <p>Défi : Incorporer des notions de psychologie avec le MMPI-2, pour permettre d'effectuer des vérifications de cohérence des réponses, ainsi que la consistance de réponses.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Établir la qualification à donner aux réponses des questions partielles ou contraires à celles attendues dans les échelles. <ul style="list-style-type: none"> • Ex : 100 % réponses correctes (certitude) = cohérence totale, 50% - ? 	<p><u>Tâche équipe STIQ:</u></p> <p>Discuter la qualification à donner aux réponses partielles ou contraires à celles attendues dans les échelles.</p> <p>Discuter la façon de faire la pondération ou la probabilité à assigner à chaque question, étant donnée le résultat obtenu à travers les échelles construites.</p> <p><u>Tâche équipe ETS (Génie Mécanique):</u></p> <p>Donner un aperçu des réponses attendues aux questions pour le choix de notation dans ce prototype.</p> <p>Discuter la façon de faire le calcul de la notation finale de l'évaluation au complet.</p> <p>Discuter l'élaboration des échelles pour effectuer des vérifications de cohérence et consistance, ou autres.</p> <p>Discuter la qualification à donner aux réponses partielles ou contraires à celles attendues dans les échelles.</p> <p>Discuter la façon de faire la pondération ou la probabilité à assigner à chaque question pour la notation finale, étant donnée le résultat obtenu à travers les échelles construites.</p>

ANNEXE IV

CRITÈRES DE VÉRIFICATION DU LOGICIEL

Critères de vérification et comparaison des prototypes de l'outil d'évaluation. Les critères sont les suivants:

- 1 Contenu:
 - a. Les points d'évaluation dans l'ancien questionnaire doivent tous être inclus dans le nouveau questionnaire;
 - b. Si un point d'évaluation de l'ancien questionnaire n'est pas dans le nouveau, alors il faut prouver que le point n'est plus valide;
 - c. Il peut ainsi avoir, dans le nouveau questionnaire, plus de points d'évaluation que dans l'outil de première génération de STIQ;
 - d. Tous les nouveaux points d'évaluation doivent avoir une justification ou une référence.

- 2 Temps:
 - a. Il faut pouvoir faire un diagnostic complet en moins de temps qu'avec l'utilisation du logiciel de première génération de STIQ;
 - b. Il faut pouvoir passer moins de temps chez le client avec le nouvel outil qu'avec le logiciel de première génération;
 - c. La rédaction du rapport doit être moins longue avec le nouvel outil qu'avec le logiciel de première génération.

- 3 Notation:
 - a. L'utilisation de nouvel outil doit être moins subjective au niveau de la notation;
 - Il faut faire un test entre deux évaluateurs pour vérifier la reproductibilité dans les résultats.

- b. Il doit y avoir plus de flexibilité dans les choix de notation avec l'utilisation du nouvel outil.
- 4 Facilité d'utilisation:
- a. L'utilisation du nouvel outil doit être plus facile que celle du logiciel de première génération;
 - b. La rédaction du rapport doit être plus facile avec le nouvel outil.
- 5 Client:
- a. Est-ce que le rapport est plus facile à comprendre pour le client avec l'utilisation du nouvel outil?

ANNEXE V

DOCUMENT VISION

Cette annexe qui est référée au chapitre 6 ne sera pas publiée, étant donné qu'elle est de caractère confidentiel.

ANNEXE VI

BESOINS ET SPÉCIFICATIONS FONCTIONNELLES DU LOGICIEL

Cette annexe qui est référée au chapitre 6 ne sera pas publiée, étant donné qu'elle est de caractère confidentiel.

ANNEXE VII

LISTE DES DOCUMENTS PRODUITS DANS LA RECHERCHE

Plusieurs documents ont été produits au cours de cette recherche. Les plus importants sont :

- Familiarisation et évaluation du logiciel chez STIQ,
- Options de traitement au questionnaire,
- Stratégie de construction de prototypes exploratoires pour le Projet STIQ-ETS,
- Document Vision – RUP,
- Document Besoins et spécifications fonctionnelles du logiciel – RUP,
- Comptes rendu des réunions de travail chez STIQ et à l'ETS,
- Critères de vérification du logiciel,
- Diagrammes de cas d'utilisation,
- Descriptions de cas d'utilisation,
- Diagrammes de séquence.

ANNEXE VIII

OPTIONS DE TRAITEMENT ENVISAGÉ DU QUESTIONNAIRE

Pour automatiser la notation du questionnaire il est nécessaire d'établir des règles pour le faire. Différentes options ont été proposées pour le faire. Voici quelques réflexions à ce sujet.

Oui / Non

- Est-ce que **oui** est équivalent à 100%?
- Est-ce que **non** est équivalent à 0%?

Échelle numérique

Fixe

- Utilisation d'une échelle 1 3 5 7 dans toutes les questions?

Variable

- Utilisation des échelles différentes dans les questions?

Échelle linguistique

Fixe

- Utilisation des catégories associées à des poids?

Ex :

Tout	5
Partiel	3
Aucun	0

Variable

- Utilisation d'échelles différentes dans les questions?

Non disponible

- Est-ce qu'il faut calculer la notation en prenant les questions répondues **non disponibles** ou faut-il les enlever pour des effets de calcul?

Ne sais pas

- Est-ce qu'il faut calculer la notation en prenant les questions répondues **ne sais pas** ou faut-il les enlever pour des effets de calcul?

Probabilité

Arbres de décision

- Par exemple, construire un arbre pour chaque point d'évaluation dans lequel les branches seront les questions et dans lesquelles des probabilités seront assignées à chaque valeur obtenu comme réponse aux questions.

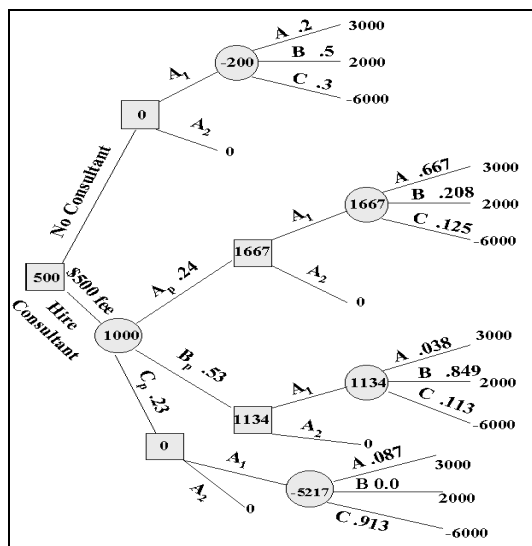


Figure 8.1 Exemple d'arbre de décision.

Logique floue

Les valeurs cibles seront les valeurs obtenues des meilleures pratiques des entreprises manufacturières.

Fonction linéaire

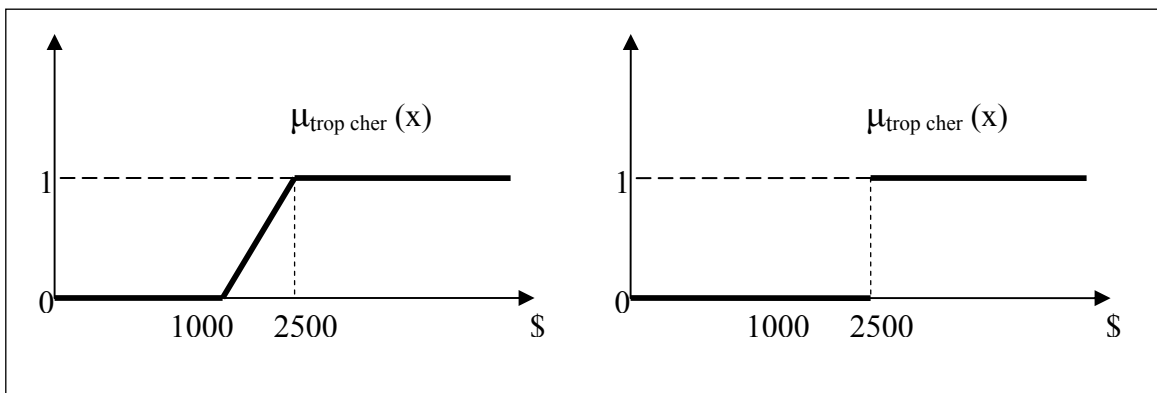


Figure 8.2 Exemple de fonction linéaire.

La notation assignée sera d'entre 0 et 1 selon la valeur répondue.

Fonction trapézoïdale

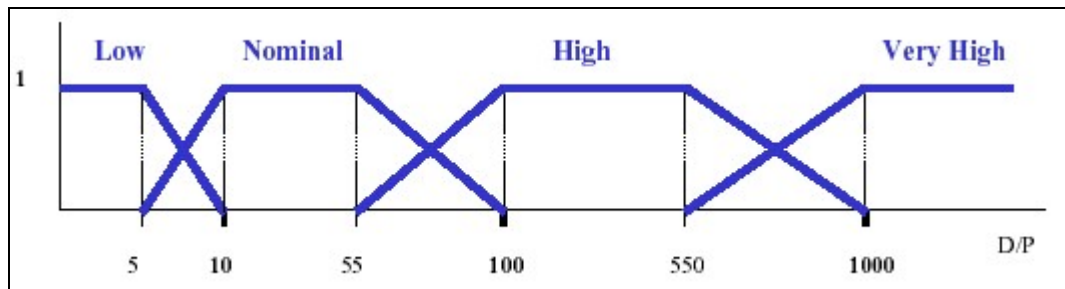


Figure 8.3 Exemple de fonction trapézoïdale.

Par exemple, la notation assignée sera de 100% si la réponse est dans les valeurs données dans la fonction, qui peuvent être représentés par des valeurs linguistiques comme dans la figure 8.3.

Fonction triangulaire

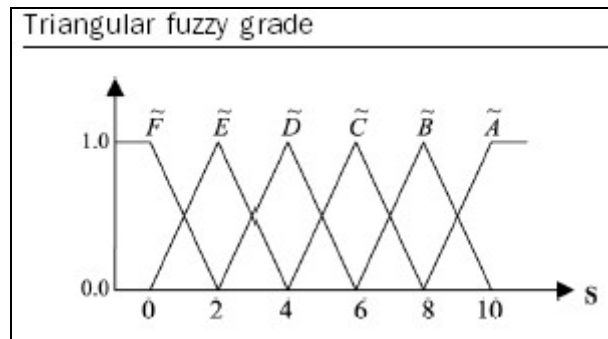


Figure 8.4 Exemple de fonction triangulaire.

Dans ce cas, il faut donner le maximum de la notation si la réponse s'est trouvée dans un des intervalles.

Autres traitements

- Traitement croisé

Dans ce cas il faut indiquer les liens entre questions, pour effet de la notation. C'est-à-dire, assigner du poids à chaque question liée pour avoir le poids de la question principale posée lors d'une évaluation.

- MMPI-2

Élaboration des échelles de vérification et cohérence des réponses.

ANNEXE IX

INTERFACE UTILISATEUR DU PROTOTYPE 1

Les écrans suivants montrent la fonctionnalité des rapports de ce premier prototype.

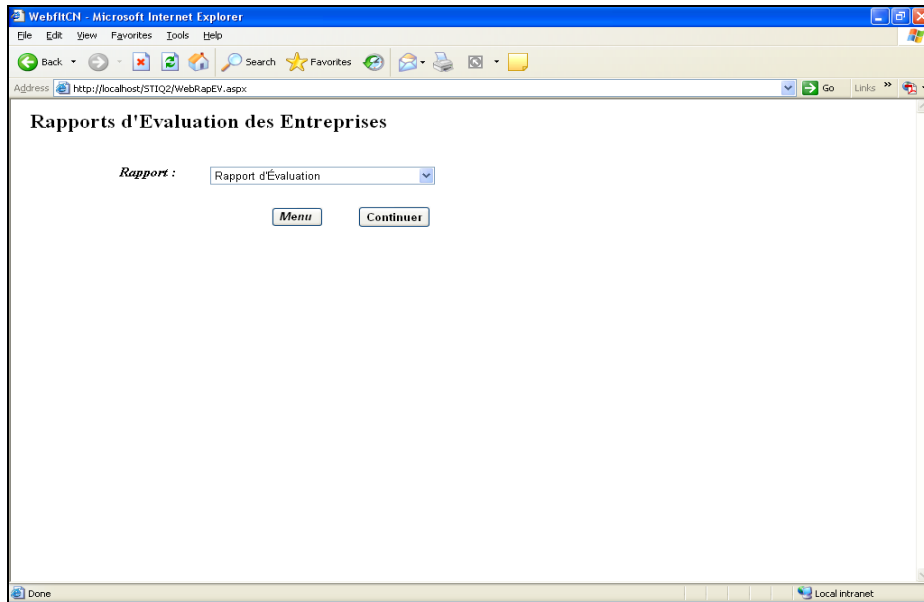


Figure 9.1 Menu de rapports d'évaluation.

Le premier rapport est le rapport de l'évaluation et montre le résultat de l'évaluation.

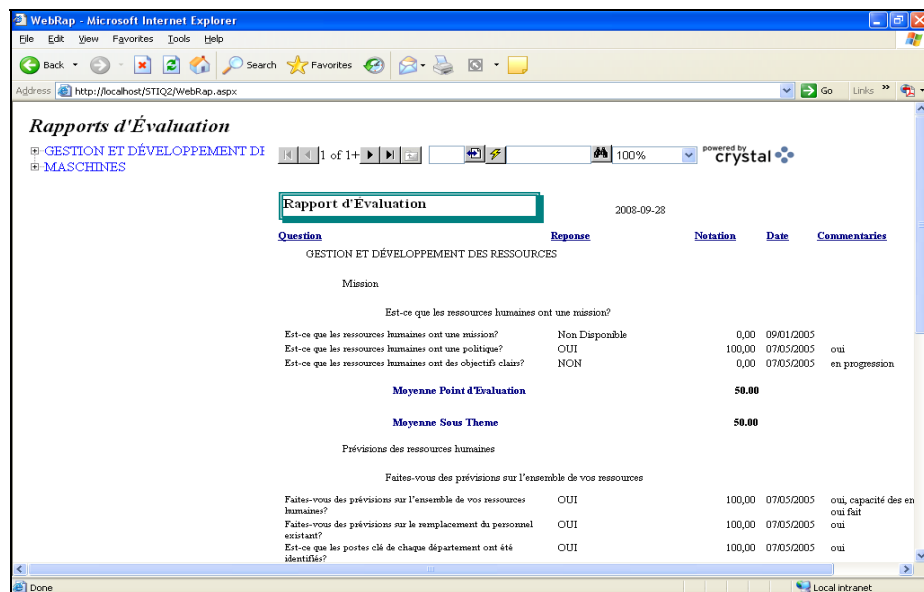


Figure 9.2 Rapport de résultat de l'évaluation.

Le deuxième rapport montre les questions du questionnaire avec leurs réponses une fois l'évaluation complétée.

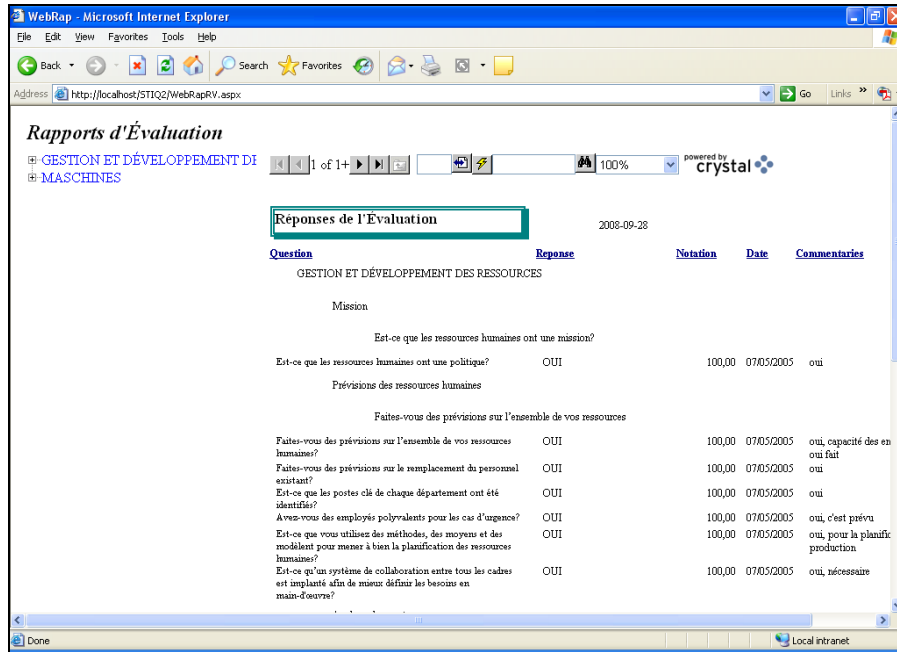


Figure 9.3 Rapport de réponses de l'évaluation.

Un rapport avec le résultat de l'évaluation, avec une fonctionnalité (« drill-down »).

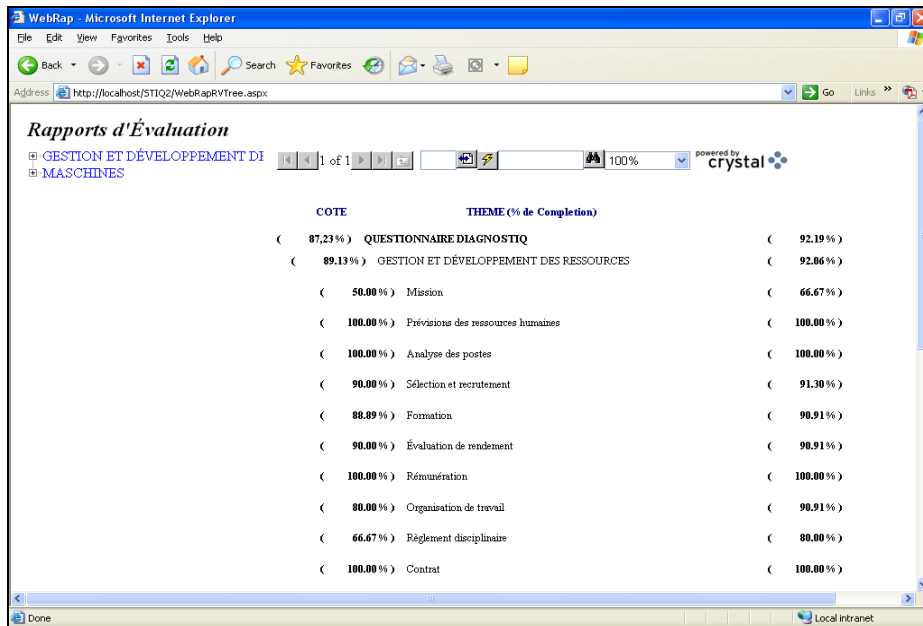


Figure 9.4 Notation (drill-down) de l'évaluation.

ANNEXE X

CARACTÉRISTIQUES ADDITIONNELLES DU PROTOTYPE 2

Écran pour la saisie des méthodes de notation des questions.

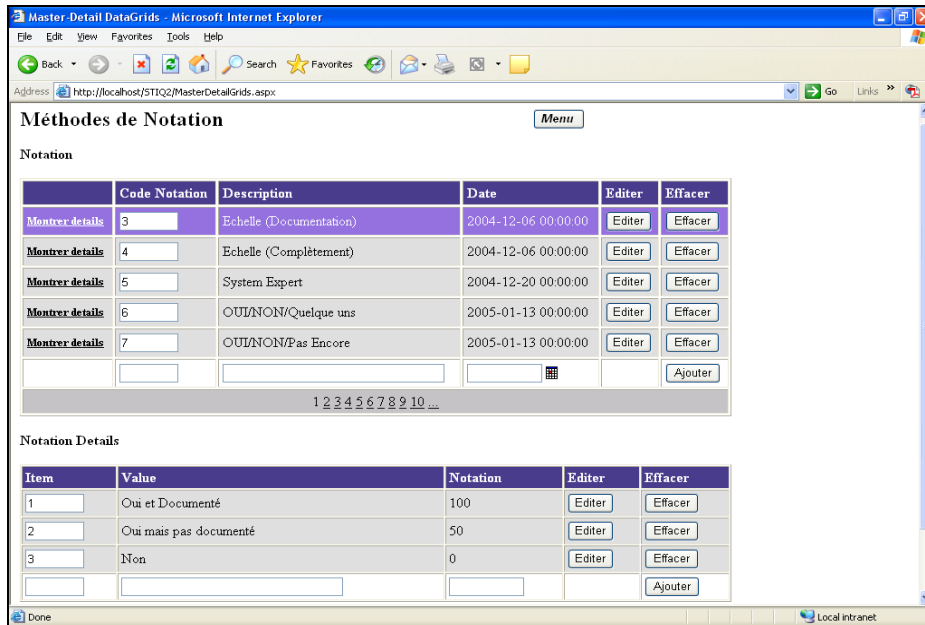


Figure 10.1 Méthodes de notation.

Écran pour l'assignation des choix de notation des questions.

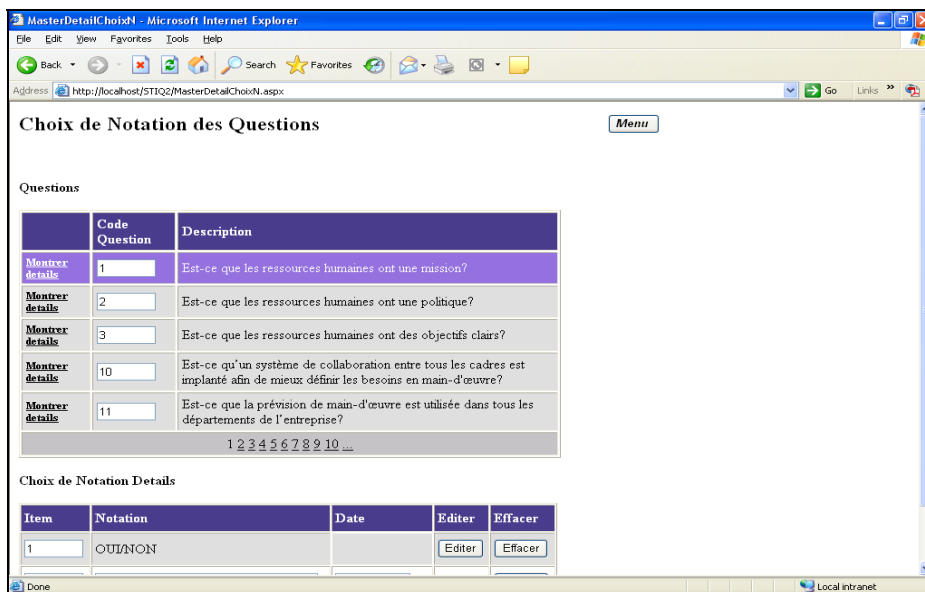


Figure 10.2 Assignation des méthodes de notation.

Écran qui montre l'historique des évaluations faites avec le prototype.

Evaluation	Entreprise	Date	Évaluateur	Questionnaire	% Completion	Note	Éditer
1	STIQ	2005-05-10 00:00:00	Carmine Zanni	STIQ			Éditer
2	STIQ Fer	2005-05-17 00:00:00	Fernando Romero	STIQ	0	0	Éditer
3	STIQ 3	2005-05-26 00:00:00	Carmine Zanni	STIQ	0	0	Éditer
4	STIQ Benoit	2005-05-26 00:00:00	Benoit St-Denis	STIQ	0	0	Éditer
5	SIDO	2005-07-05 00:00:00	Bertrand Julien	STIQ	0	0	Éditer

Figure 10.3 Historique des évaluations.

Déroulement à faire pour démarrer une nouvelle évaluation. La première débute avec la saisie de l'information pour l'évaluation. Après il faut sélectionner le niveau du questionnaire à répondre, pour finalement passer à effectuer la réponse aux questions.

Information de l'Évaluation

Numéro :

Nom d'Entreprise :

Nom de L'Évaluateur :

Questionnaire :

Figure 10.4 Saisie de l'information de l'évaluation.

WebEvaCN - Microsoft Internet Explorer

Address http://localhost/STIQ2/WebEva.aspx

Evaluation des Entreprises

Niveau : Theme

Choisir : GESTION ET DÉVELOPPEMENT DES RESS

Menu Continuer

Done Local intranet

Figure 10.5 Sélection du niveau du questionnaire.

WebEva - Microsoft Internet Explorer

Address http://localhost/STIQ2/WebEvaMD.aspx

Évaluation

Menu

Code Question	Description	Reponse	Commentaire	Editer
1	Est-ce que les ressources humaines ont une mission?	OUI		Actualiser Annuler
2	Est-ce que les ressources humaines ont une politique?			Editer
3	Est-ce que les ressources humaines ont des objectifs clairs?			Editer
4	Faites-vous des prévisions sur l'ensemble de vos ressources humaines?			Editer
5	Faites-vous des prévisions sur le remplacement du personnel existant?			Editer

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...

Done Local intranet

Figure 10.6 Écran d'évaluation.

Dans ce dernier écran si une des réponses comme N/A ou N/D est choisi, l'évaluateur ne pourra pas répondre à la question avec une échelle associée. Par contre s'il choisi de répondre à la question, une liste avec les options de notation assignées à la question sera montrée pour qu'il puisse choisir sa réponse, ainsi que saisir un commentaire.

Les écrans suivant montrent les rapports ajoutés dans le deuxième prototype. Le premier écran est le rapport des réponses NON, le rapport des réponses OUI est similaire.

Rapports d'Évaluation
GESTION ET DÉVELOPPEMENT DES RESSOURCES

Réponses de l'Évaluation 2008-09-28

Question	Réponse	Notation	Date	Commentaires
Mission				
Est-ce que les ressources humaines ont une mission?	NON	0,00	07/05/2005	en progression
Sélection et recrutement				
Est-ce que l'entreprise a un processus de recrutement?	NON	0,00	07/05/2005	non, aucun processus respect pas documenté
Formation				
Est-ce qu'un programme de formation est en place?	NON	0,00	07/05/2005	non
Les concurrents;	NON	0,00	07/05/2005	non
Le marché;	NON	0,00	07/05/2005	non
Évaluation de rendement				

Figure 10.7 Rapport des réponses NON.

Ensuite il y a des rapports des réponses NON DISPONIBLE, qui sont similaires pour des réponses NON APPLICABLE.

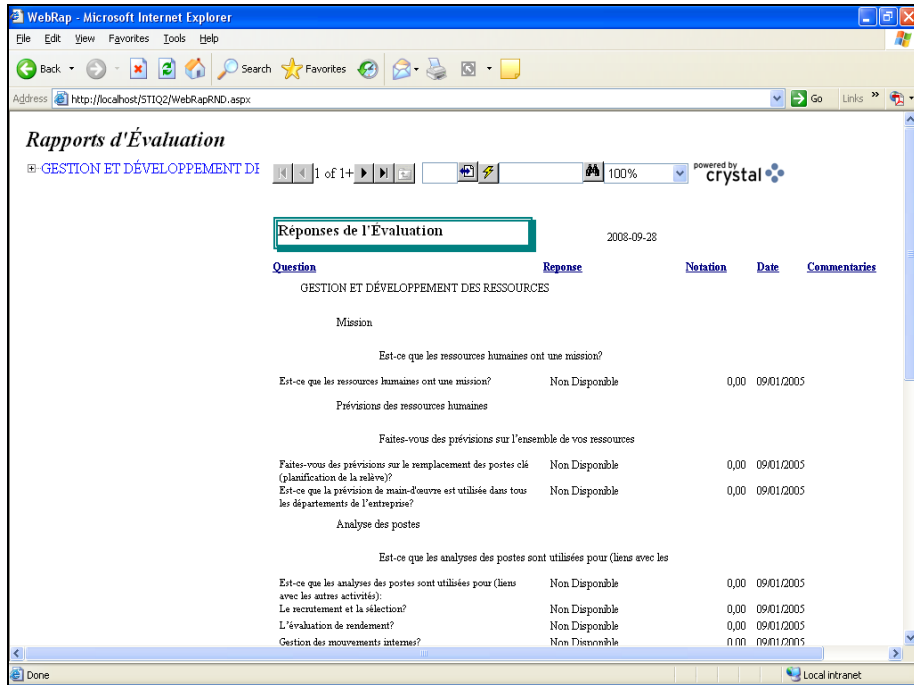


Figure 10.8 Rapport des réponses Non Disponible.

Finalement, le rapport avec le résultat de l'évaluation similaire à celui du prototype 1.

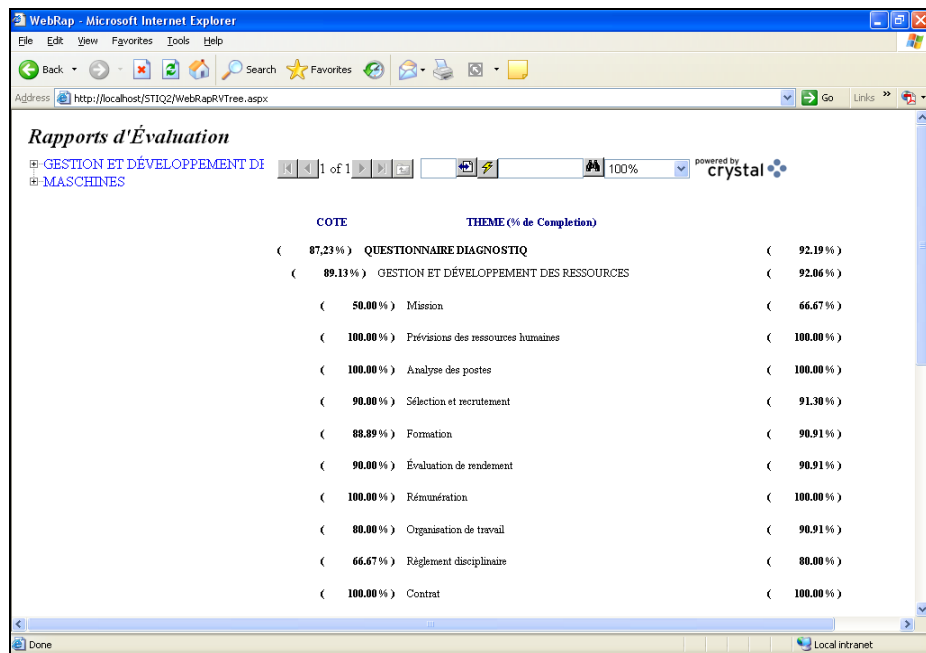


Figure 10.9 Notation (drill-down) de l'évaluation.

ANNEXE XI

CARACTÉRISTIQUES DU NOUVEAU QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION

Le nouveau questionnaire d'évaluation modélisé par l'équipe de génie mécanique est divisé en 11 sections (Bertrand, 2006; Desharnais et Abran, 1995). Chacune de ces sections représentent un département typique dans la structure organisationnelle d'une entreprise manufacturière (i.e. le premier niveau du questionnaire) et sont ensuite divisées en sous sections qui représentent le deuxième niveau et ainsi de suite jusqu'à un maximum du cinquième niveau (dans le cas de l'exemple du questionnaire en 'Santé et Sécurité au Travail', le sixième niveau vient du fait d'avoir ajouté un niveau hiérarchique, le nom du sous-thème). Chaque niveau supérieur précise l'idée ou le concept du niveau inférieur : par exemple, le niveau trois des questions précise l'idée correspondant dans le niveau deux.

Le questionnaire est modélisé dans un ordre préconçu d'idées. Si parfois les sections ont des particularités propres, elles ont toutefois toutes des similitudes. Cet ordre d'idées (ou cette structure) peut être vue comme suit:

1. Planification:
 - a. Vision;
 - b. Mission;
 - c. Objectifs;
 - d. Stratégies.
2. Organisation:
 - a. Engagement ou responsabilité;
 - b. Communication;
 - c. Structure sociale.
3. Direction:
 - a. Autorité;
 - b. Équipe;

- c. Animation;
- d. Motivation.

La plupart des premières sections des deuxièmes niveaux sont divisées de cette façon. Cette règle n'est toutefois pas appliquée à tous les deuxièmes niveaux. En effet, la structure du questionnaire dépend surtout de la manière dont les meilleures pratiques étaient élaborées dans la littérature. Cette structure a été amenée à la suite de la revue de la littérature pour standardiser les sections afin de faciliter la logique et le déplacement dans le questionnaire par l'évaluateur.

De plus, il est intéressant de noter que ces sections du deuxième niveau se répètent dans chacun des premiers niveaux du questionnaire. Le questionnaire est ainsi conçu pour être posé aux superviseurs de chacun des départements indiqués de l'entreprise répondante. Ainsi, par exemple, si chaque superviseur est au courant des objectifs opérationnels des autres superviseurs de l'entreprise, cela facilitera la vision systémique de celle-ci.

Ensuite, le questionnaire commence au deuxième niveau : c'est à ce niveau que les premières questions sont posées, le premier niveau étant celui des grandes sections ou des départements de la modélisation de l'entreprise. Ainsi, le questionnaire se développe à partir des niveaux inférieurs vers les niveaux supérieurs. Autrement dit, une réponse négative au niveau inférieur signifie que tous les niveaux supérieurs attachés à ce niveau seront automatiquement proscrits dans le questionnaire posé au répondant. Par exemple, dans le premier niveau de l'administration, du deuxième niveau de l'évaluation de la performance globale, l'on pose d'abord la question suivante : Est-ce que la haute direction connaît les indicateurs de performance de toutes ses fonctions ? Une réponse négative à cette question a pour conséquence d'éliminer l'utilité de poser les deux questions suivantes du troisième niveau:

- Est-ce que la haute direction utilise l'ensemble de ces indicateurs pour faire ses propres indicateurs ?
- Est-ce que l'entreprise a un programme d'amélioration continue?

De plus, par le fait qu'il n'est plus pertinent de poser ces questions, il ne devient plus pertinent de poser les questions correspondantes du quatrième niveau de ces sections et ainsi de suite. Chaque niveau est rattaché à son niveau supérieur et donc sa pertinence dépend de la réponse obtenue au niveau inférieur.

Les réponses du questionnaire sont pratiquement toutes les mêmes, soit oui ou non. Dans le questionnaire, l'ordre des réponses a une importance. En effet, si le oui est indiqué en premier (à gauche du non), cela veut dire que c'est au oui qu'il faudra donner le pointage unitaire et au non que l'on donnera le pointage nul. Au contraire, si le non est indiqué à gauche du oui, c'est en répondant non que l'on donnera le pointage unitaire dans le logiciel.

La colonne 'commentaires' du questionnaire existe pour donner des suggestions de possibilités de réponses au répondant. Ces suggestions ne doivent pas être toutefois être données au répondant. Ces suggestions indiquent à l'évaluateur ce que le répondant devrait lui fournir pour qu'une réponse positive soit indiquée dans le questionnaire. Un autre commentaire est celui des observations et questionnement. Ce commentaire suggère à l'évaluateur d'utiliser plus d'un répondant ou de faire certaines observations dans l'environnement manufacturier pour que ce point d'évaluation particulier ait une réponse positive.

ANNEXE XII

FONCTIONS ET ACTIVITÉS DU NOUVEAU QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION

Administration

- ADM 1. Planification globale des activités
- ADM 2. Organisation globale des opérations
- ADM 3. Directions d'opérations d'entreprises
- ADM 4. Évaluation de la performance globale

Production

- PRD 1. Planification de la production
- PRD 2. Organisation de la production
- PRD 3. Direction de la production
- PRD 4. Plan directeur de la production
- PRD 5. Ordonnancement de la production
- PRD 6. Systèmes de gestion des stocks
- PRD 7. Plan de besoin matière
- PRD 8. Étude et mesure du travail
- PRD 9. Mesure de travail
- PRD 10. Plan d'usine
- PRD 11. Analyse du flux de production
- PRD 12. Instruction de travail
- PRD 13. Aménagement du plancher
- PRD 14. Évaluation de la production

Ingénierie

- ING 1. Planification de l'ingénierie
- ING 2. Organisation de l'ingénierie
- ING 3. Direction de l'ingénierie
- ING 4. Processus de développement
- ING 5. Spécifications des produits et processus

ING 6. Outils de développement

ING 7. Revue de design

ING 8. Évaluation de l'ingénierie

Achats

ACH 1. Planification des achats

ACH 2. Organisation des achats

ACH 3. Sélection des fournisseurs

ACH 4. Évaluation des fournisseurs

ACH 5. Développement des fournisseurs

ACH 6. Processus de réception

ACH 7. Processus de réception

ACH. 8. Procédure d'urgence

ACH 9. Évaluation des achats

Marketing

MKT 1. Planification du marketing

MKT 2. Organisation du marketing

MKT 3. Système de gestion de l'information

MKT 4. Planification des prix

MKT 5. Promotion/visibilité

MKT 6. Sélection des transporteurs

MKT 7. Rétention de la clientèle

MKT 8. Traitement des commandes

MKT 9. Évaluation du marketing

Maintenance

MTN 1. Planification de la maintenance

MTN 2. Organisation de la maintenance

MTN 3. Santé et sécurité

MTN 4. Cédule de maintenance

MTN 5. État des équipements

MTN 6. Système de gestion des pièces

MTN 7. Sous-traitance

MTN 8. Évaluation de la maintenance

Comptabilité et financement

CFN 1. Planification de la comptabilité

CFN 2. Système comptable informatisé

CFN 3. États financiers

CFN 4. Analyse financière

Santé et sécurité

SAS 1. Planification de santé et sécurité

SAS 2. Organisation de santé et sécurité

SAS 3. Identification des risques

SAS 4. Registre d'accident

SAS 5. Analyse des données

SAS 6. Gestion des produits dangereux

SAS 7. Choix de solutions

SAS 8. Solutions de santé et de sécurité

SAS 9. Gestion des cas d'accidents

SAS 10. Gestion des situations d'urgence

SAS 11. Évaluation de la santé et de la sécurité

Qualité

QLT 1. Planification de la qualité

QLT 2. Organisation de la qualité

QLT 3. Système de gestion de l'information

QLT 4. Contrôle de la qualité

QLT 5. Source de consultation

QLT 6. Audits internes

QLT 7. Évaluation de la qualité

Environnement

ENV 1. Planification de l'environnement

ENV 2. Organisation de l'environnement

ENV 3. Communication environnementale

ENV 4. Évaluation environnementale

Ressources humaines

RHM 1. Planification des ressources humaines

RHM 2. Description des postes

RHM 3. Processus de recrutement

RHM 4. Programme de formation

RHM 5. Évaluation de rendement

RHM 6. Politique de rémunération

RHM 7. Règlement disciplinaire

RHM 8. Contrat de travail

RHM 9. Gestion des mouvements internes

RHM 10. Gestion des conflits

RHM 11. Évaluation des ressources humaines

ANNEXE XIII

DIAGRAMMES DE CAS D'UTILISATION

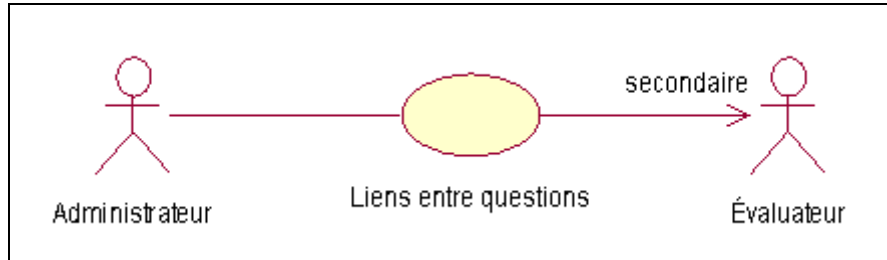


Figure 13.1 Liens entre questions.

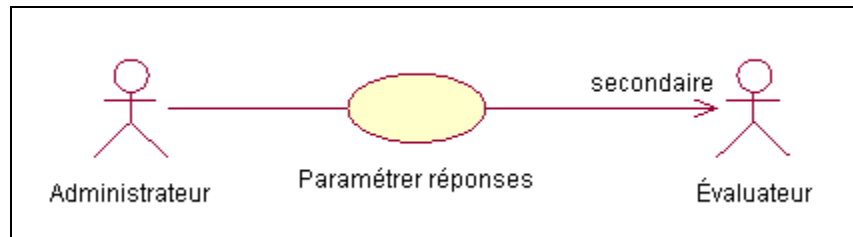


Figure 13.2 Paramétrisation des réponses.

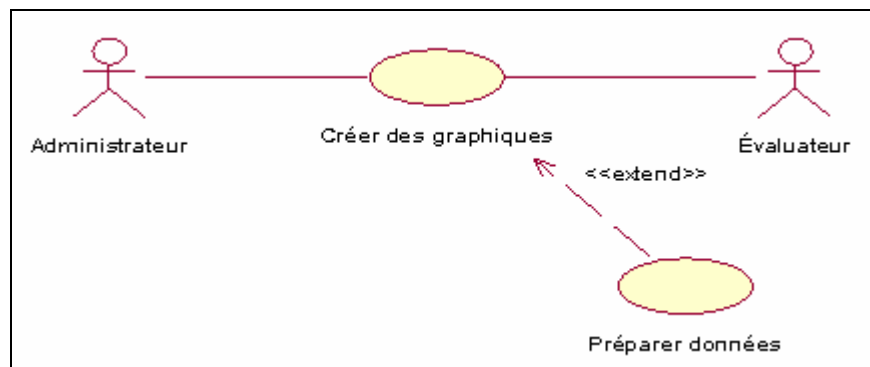


Figure 13.3 Préparation des graphiques des réponses.

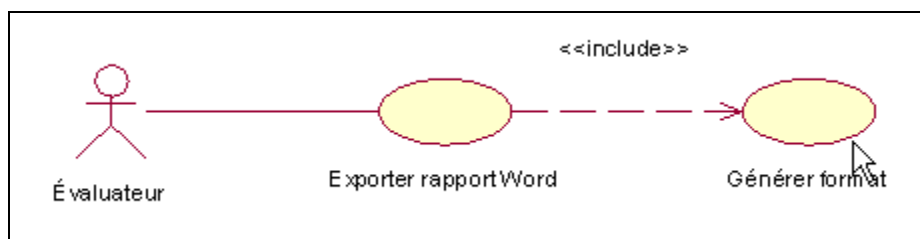


Figure 13.4 Exportation du rapport à Microsoft Word.

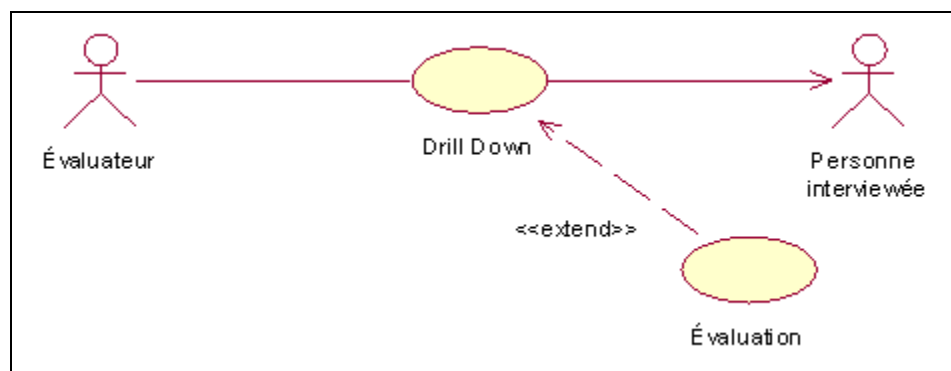


Figure 13.5 Drill down des rapports.

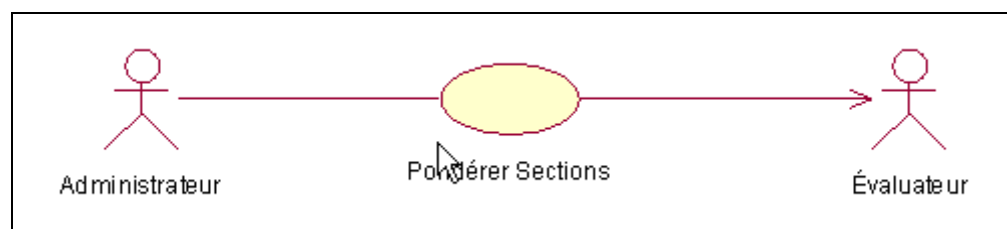


Figure 13.6 Pondération de notation des questions.

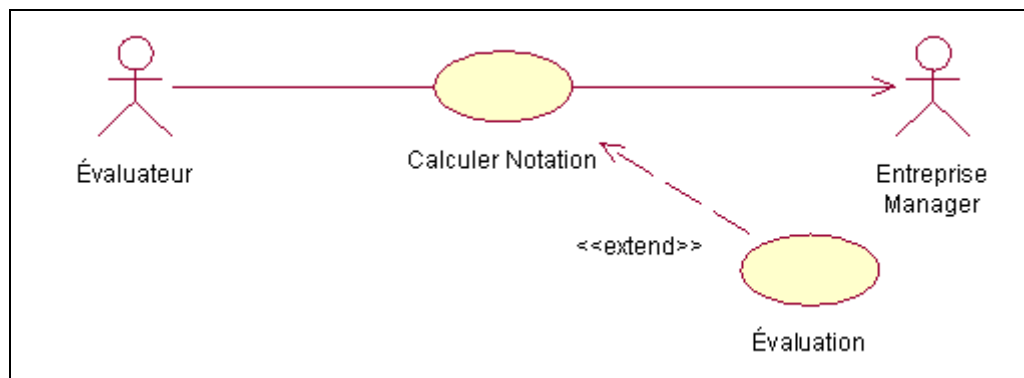


Figure 13.7 Calcul de la notation des questions.

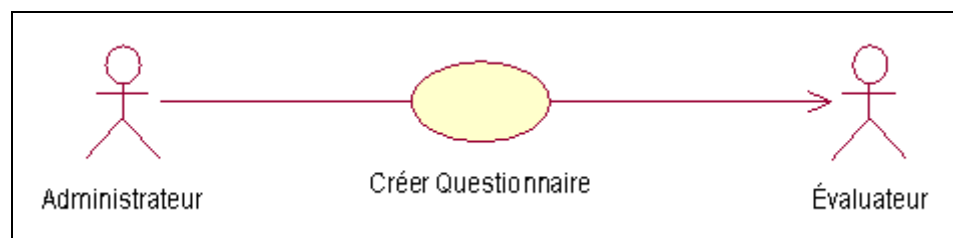


Figure 13.8 Création de questionnaire.

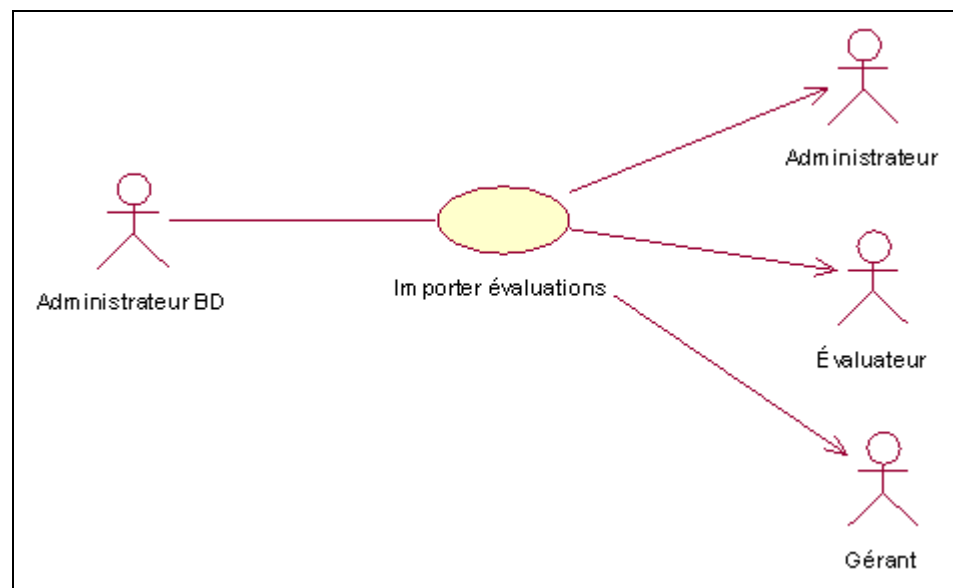


Figure 13.9 Histoire des évaluations.

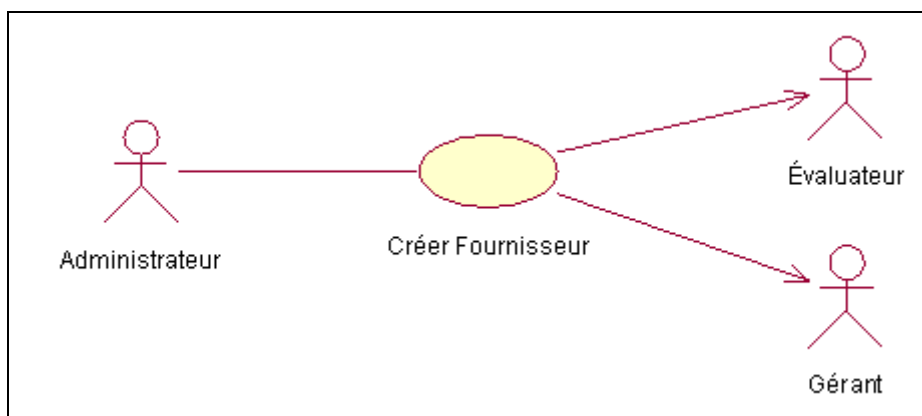


Figure 13.10 Création des fournisseurs.

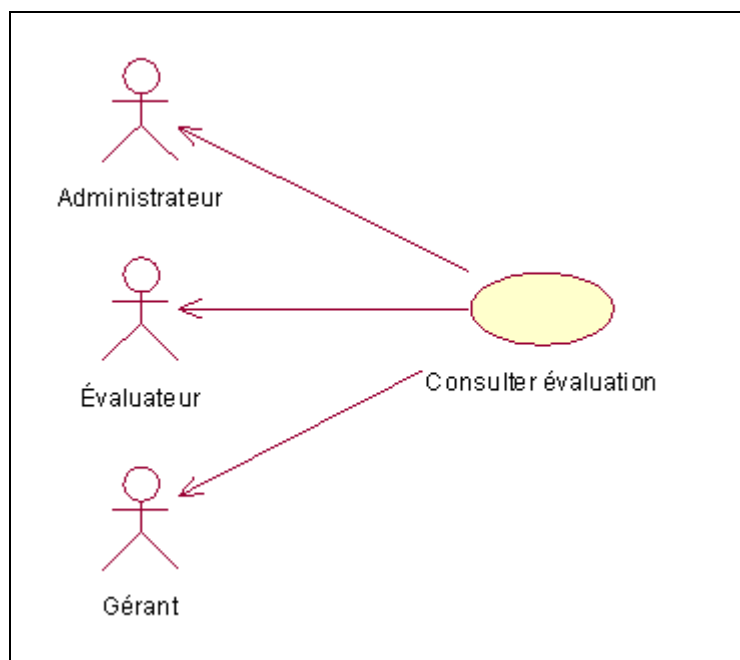


Figure 13.11 Consulte des évaluations.

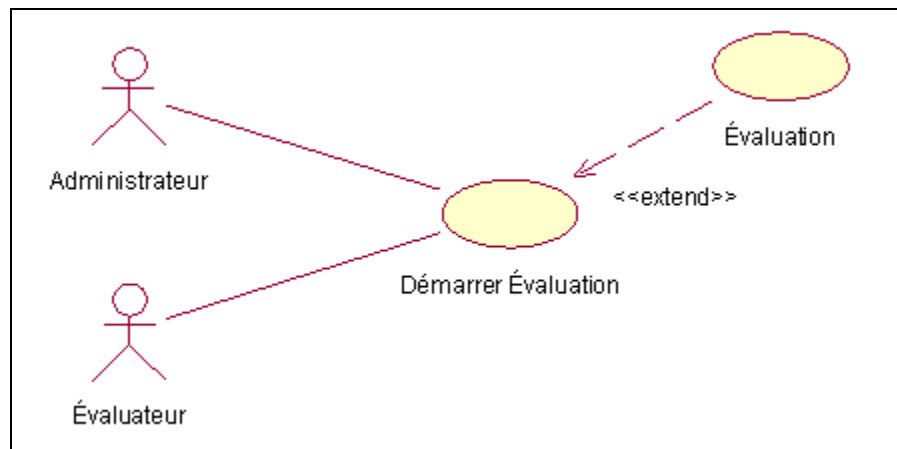


Figure 13.12 Démarrage d'une évaluation.

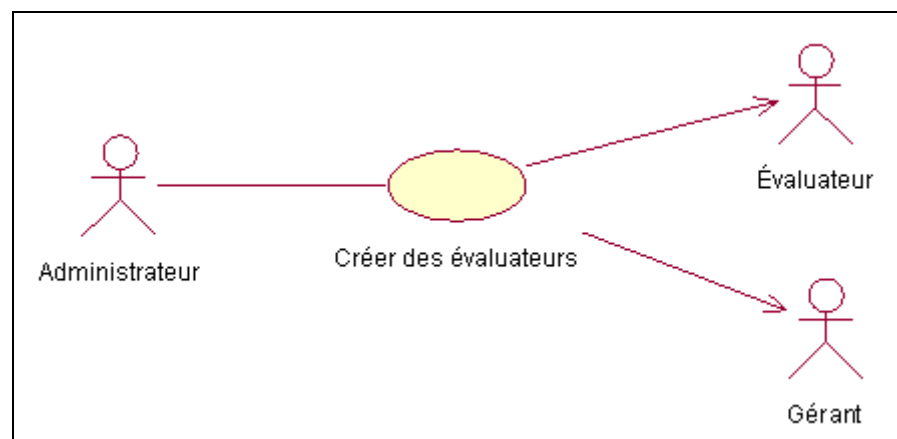


Figure 13.13 Création des évaluateurs.

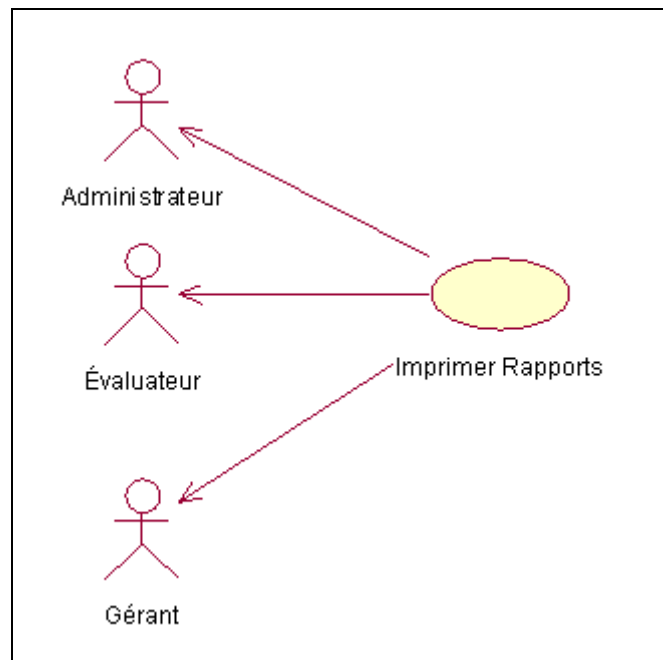


Figure 13.14 Impression des rapports.

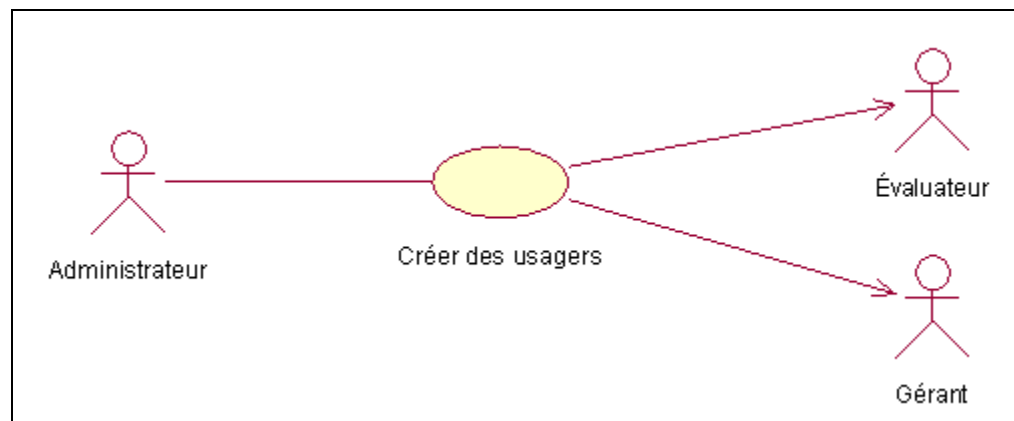


Figure 13.15 Gestion des usagers.

ANNEXE XIV

DESCRIPTION DES CAS D'UTILISATION

Ceux-ci sont des exemples de cas d'utilisation créés pour le système, le reste n'est pas publié parce qu'il s'agit des documents confidentiels.

Titre : Créer d'évaluateurs

But : Permettre de travailler avec les évaluateurs.

Résumé : Création de nouveaux évaluateurs, modifier ou effacer des évaluateurs.

Acteurs : Administrateur (Principal), Évaluateur, Gérant (Secondaire).

Date de création : 25/10/05

Version : 1.0

Responsable : Fernando Romero

Description des enchaînements

Pré conditions :

1. L'administrateur est authentifié.
2. Il existe au moins un évaluateur à créer, modifier ou effacer.

Enchaînements nominaux

Ce cas d'utilisation commence lorsque l'administrateur demande au système de créer un nouvel utilisateur, de modifier ou d'effacer un évaluateur existant.

Enchaînement (a) Créer un nouvel évaluateur.

L'administrateur doit fournir obligatoirement le nom, titre, numéro de téléphone et courriel de l'évaluateur.

Enchaînement (a) Modifier un évaluateur.

L'administrateur pourrait modifier tous les champs à exception du nom.

Enchaînement (c) Effacer un évaluateur.

L'administrateur pourrait effacer un évaluateur. Si l'évaluateur a déjà fait l'objet d'une évaluation, il faut exécuter.

[Exception 1 : Évaluation faite]

Ce cas d'utilisation se termine lorsque l'administrateur a:

- inséré le nouvel évaluateur,
- modifier les données de l'évaluateur ou,
- effacé l'évaluateur.

Exceptions :

[Exception 1 : Évaluation faite] : L'administrateur ne peut effacer l'évaluateur si celui-ci a déjà fait l'objet d'une évaluation. Un message d'avertissement s'affiche sur l'écran, disant que l'évaluateur a eu des évaluations.

Post conditions :

1. aucune

Titre : Créer de fournisseurs

But : Permettre de travailler avec les fournisseurs.

Résumé : Création de nouveaux fournisseurs, modifier ou effacer des fournisseurs.

Acteurs : Administrateur (principal), Évaluateur, Gérant (secondaire).

Date de création : 25/10/05

Version : 1.0

Responsable : Fernando Romero

Description des enchaînements

Pré conditions :

1. L'administrateur est authentifié.
2. Il existe au moins un fournisseur à créer, modifier ou effacer.

Enchaînements nominaux

Ce cas d'utilisation commence lorsque l'administrateur demande au système de créer un nouveau fournisseur, de modifier ou d'effacer un fournisseur existant.

Enchaînement (a) Créer un nouveau fournisseur.

L'administrateur doit fournir obligatoirement toutes ses données dont son nom, la catégorie d'industrie à laquelle appartient l'entreprise, ses coordonnées, les renseignements sur ses employés, l'information reliée aux activités, aux normes, aux prix pratiqués et encore aux produits que fabriquent, ses concurrents.

Enchaînement (a) Modifier un fournisseur.

L'administrateur pourrait modifier tous les champs à exception du nom.

Enchaînement (c) Effacer un fournisseur.

L'administrateur pourrait effacer un fournisseur. Si une évaluation de ce fournisseur a déjà été effectuée, il faut exécuter.

[Exception 1 : Évaluation faite]

Ce cas d'utilisation se termine lorsque l'administrateur a :

- inséré le nouveau fournisseur,
- modifié les données du fournisseur ou,
- effacé le fournisseur.

Exceptions :

[Exception 1 : Évaluation faite] : L'administrateur ne peut effacer le fournisseur si celui-ci a fait l'objet d'une évaluation. Un message d'avertissement s'affiche sur l'écran, disant que le fournisseur a eu des évaluations.

Post conditions :

1. aucune

ANNEXE XV

DIAGRAMMES DE SÉQUENCE

PROTOTYPE 1

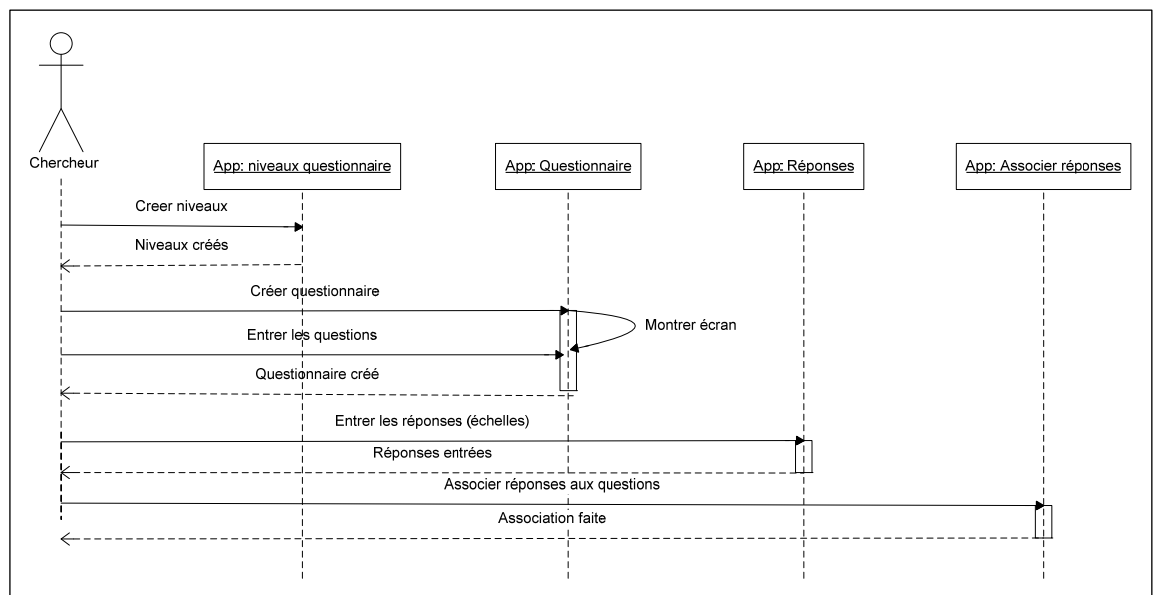


Figure 15.1 Diagramme de séquence du chercheur (Prototype 1).

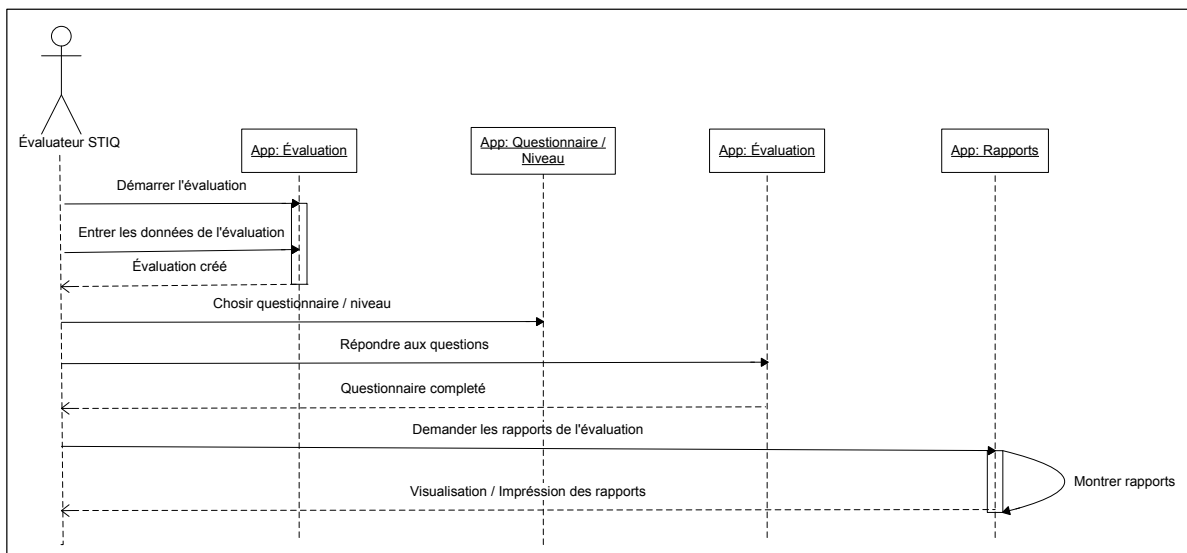


Figure 15.2 Diagramme de séquence de l'évaluateur (Prototype 1).

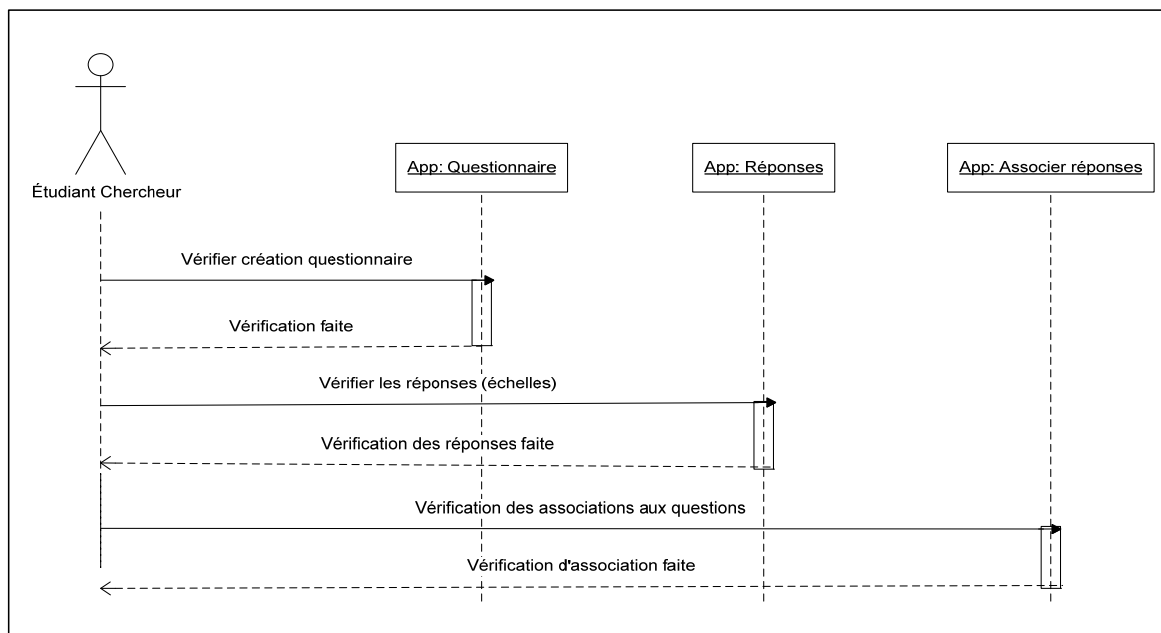


Figure 15.3 Diagramme de séquence du chercheur-génie mécanique (Prototype 1).

PROTOTYPE 2

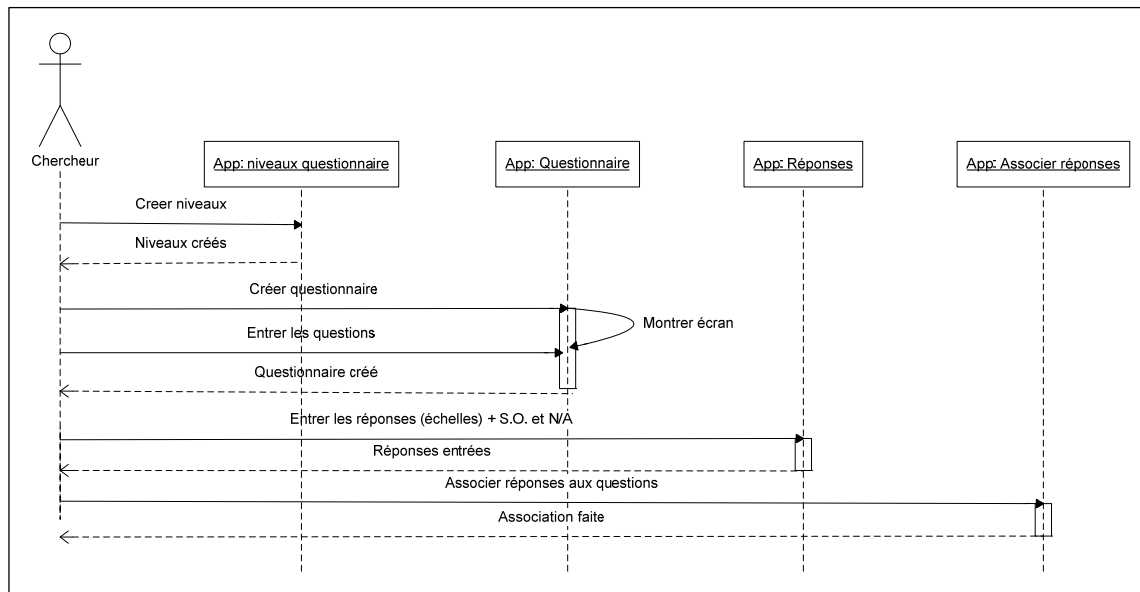


Figure 15.4 Diagramme de séquence du chercheur (Prototype 2).

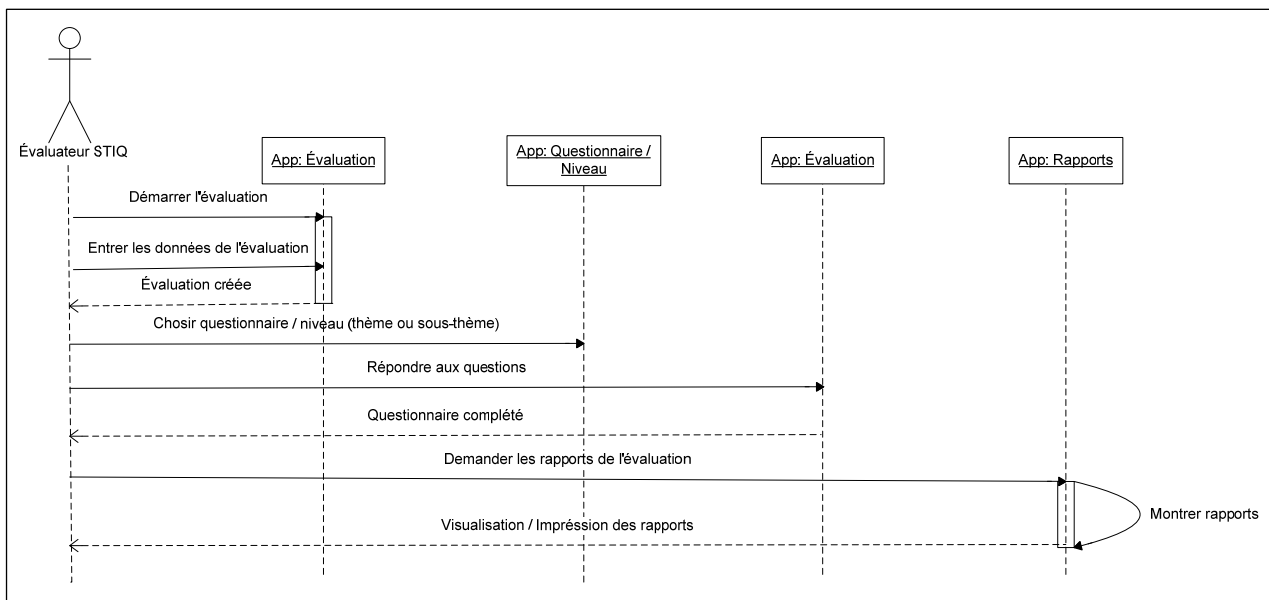


Figure 15.5 Diagramme de séquence de l'évaluateur (Prototype 2).

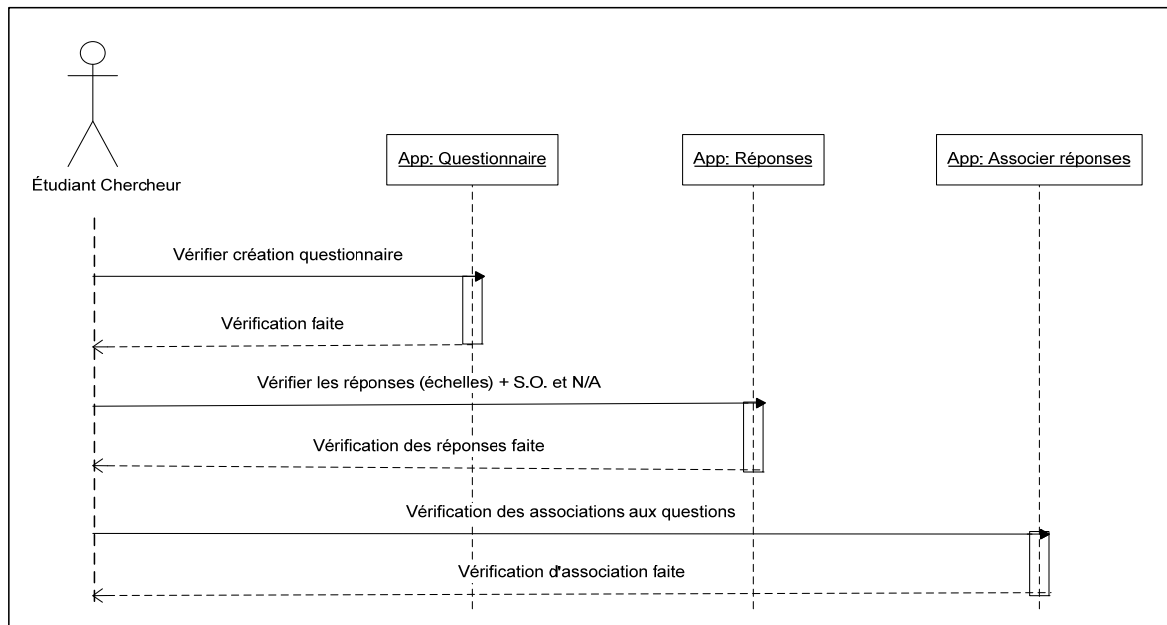


Figure 15.6 Diagramme de séquence du chercheur-génie mécanique (Prototype 2).

PROTOTYPE 3

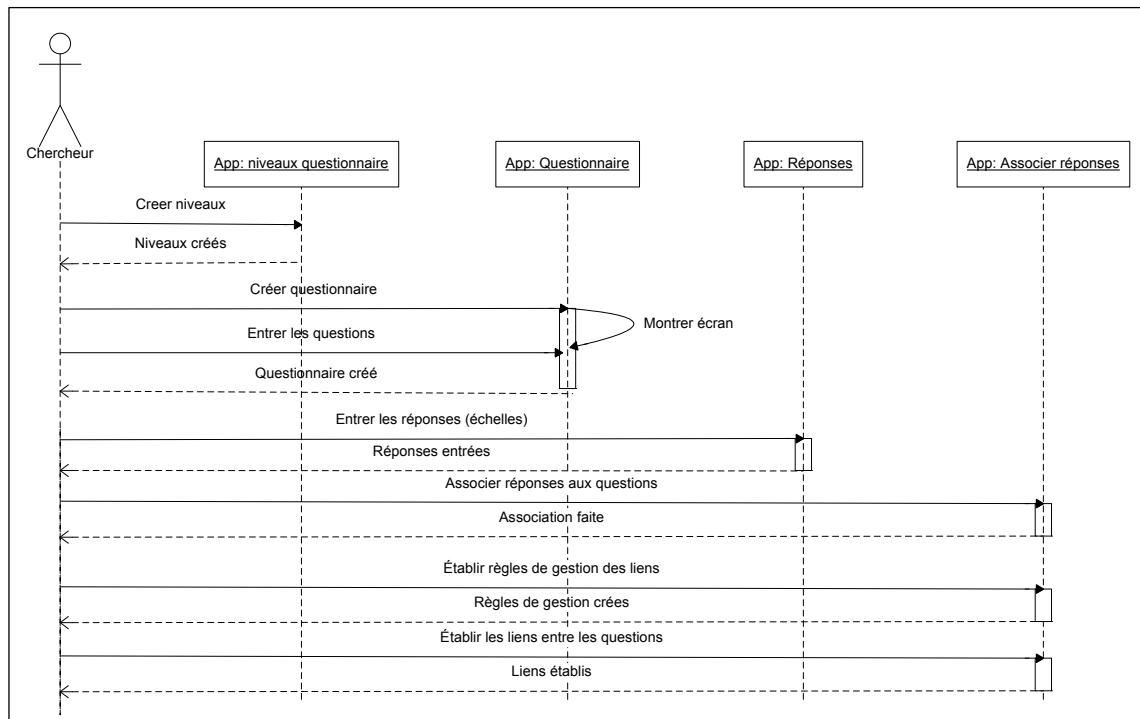


Figure 15.7 Diagramme de séquence du chercheur (Prototype 3).

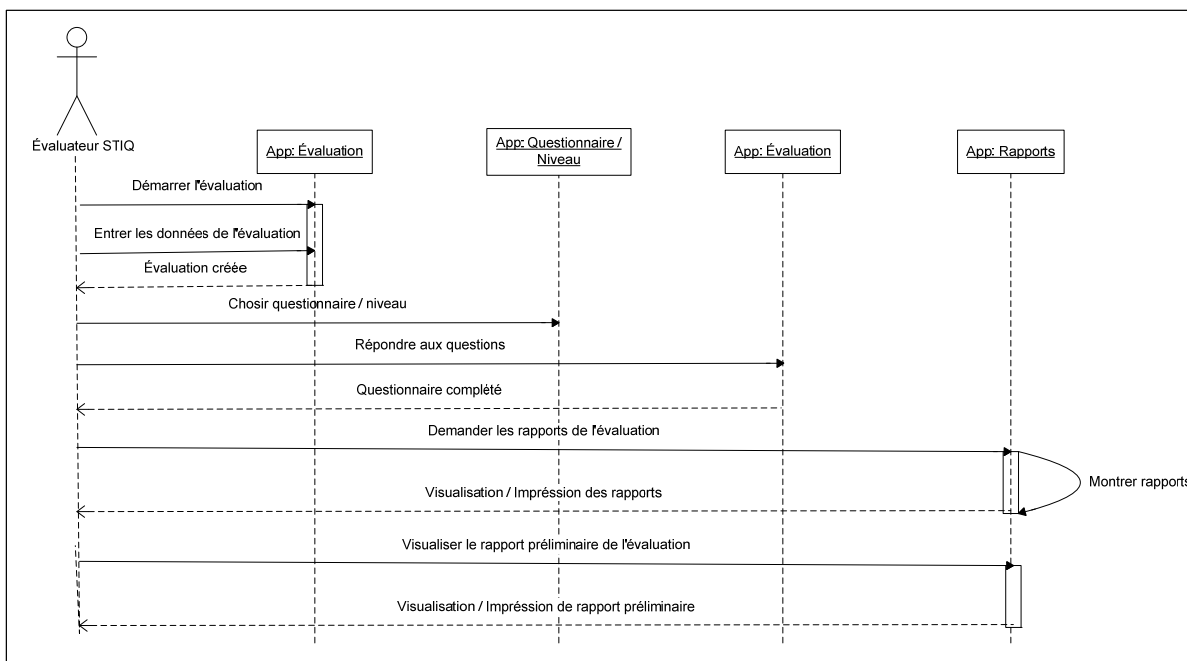


Figure 15.8 Diagramme de séquence de l'évaluateur (Prototype 3).

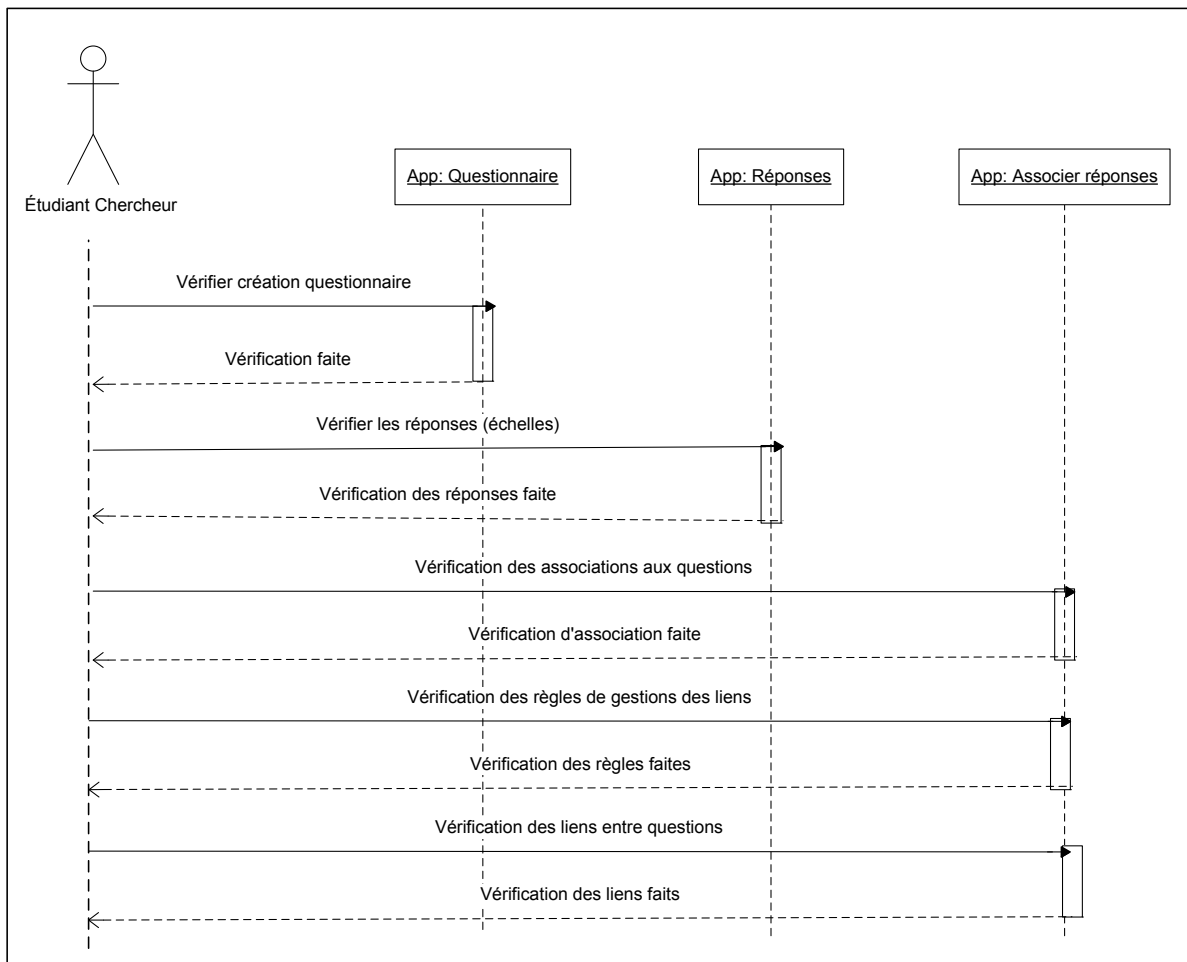


Figure 15.5 Diagramme de séquence du chercheur-génie mécanique (Prototype 3).

ANNEXE XVI

DESIGN DE LA BASE DES DONNÉES

Diagramme relationnel de la base des données.

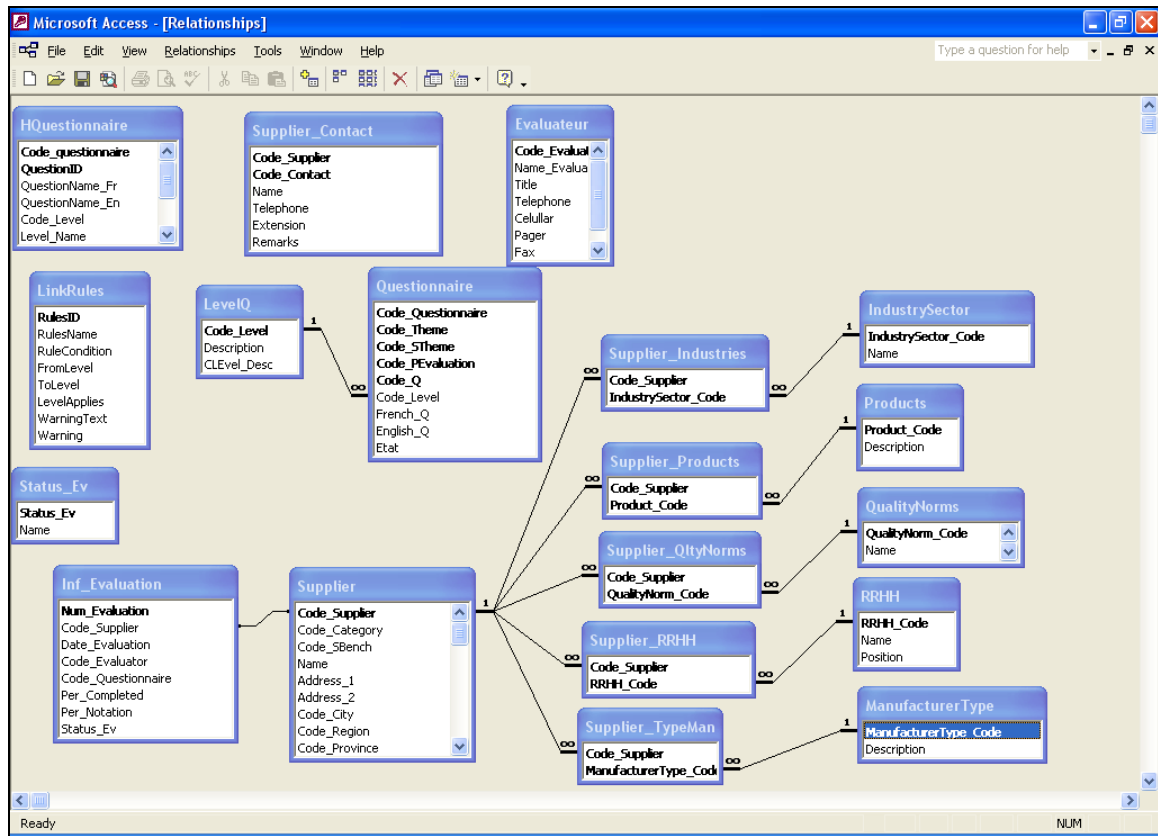


Figure 16.1 Diagramme entité-relation du logiciel d'évaluation.

Détail du design de la base des données

Cette partie de l'annexe qui est référée au chapitre 6 ne sera pas publiée, étant donné qu'elle est de caractère confidentiel.

ANNEXE XVII

INTERFACE DE L'UTILISATEUR



Figure 17.1 Écran principal du logiciel.

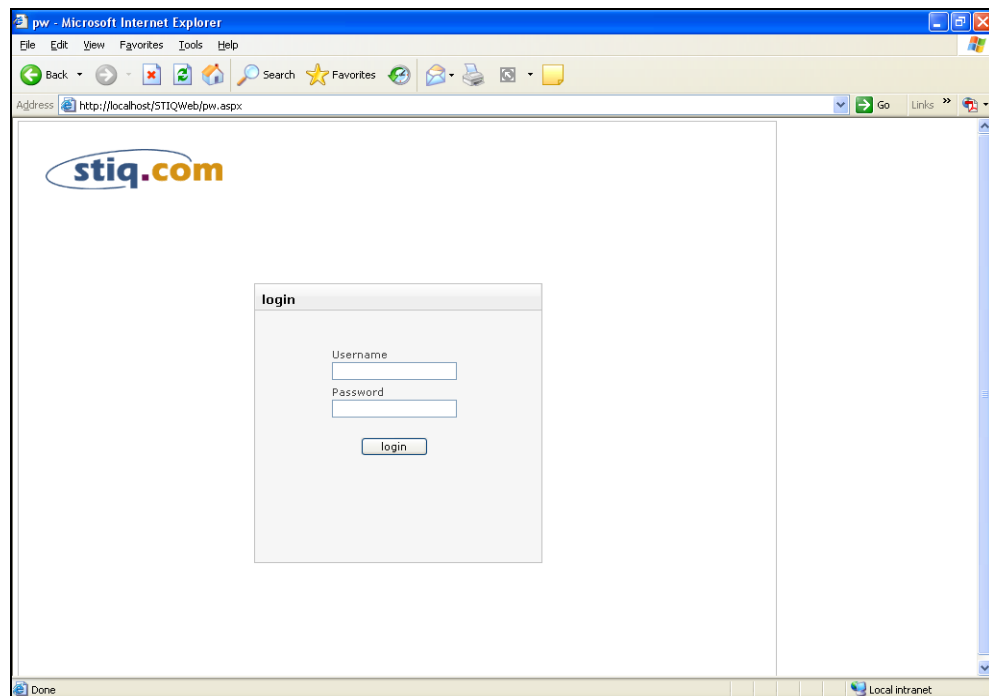


Figure 17.2 Écran de saisie du login de l'utilisateur.

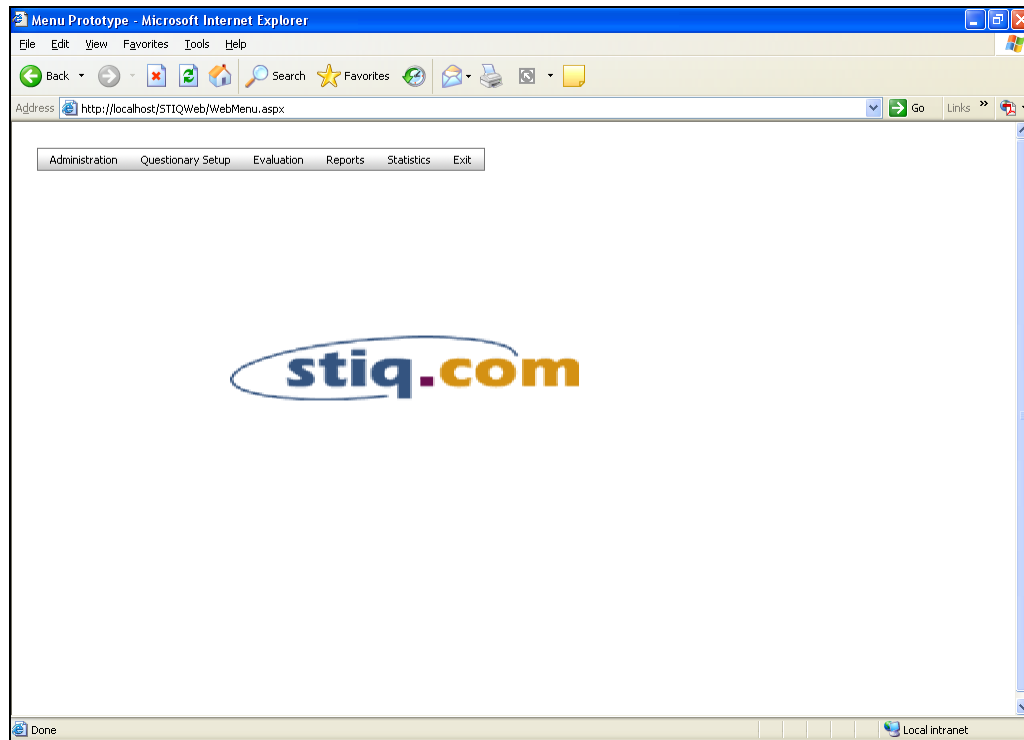


Figure 17.3 Menu principal du logiciel.

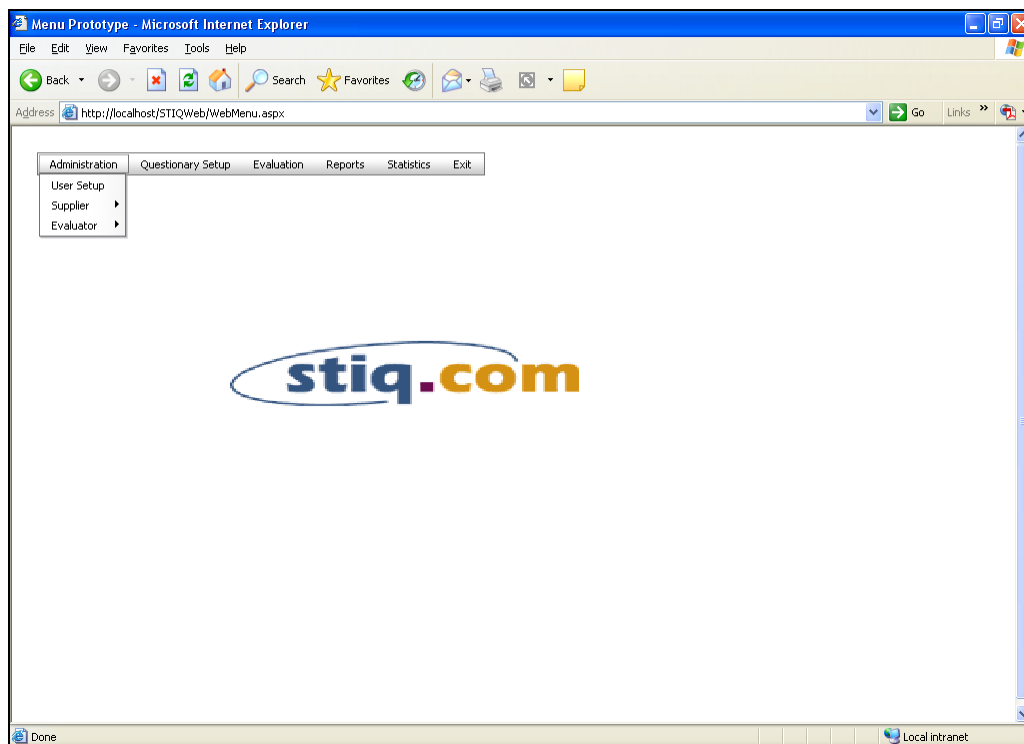


Figure 17.4 Menu administration du logiciel.

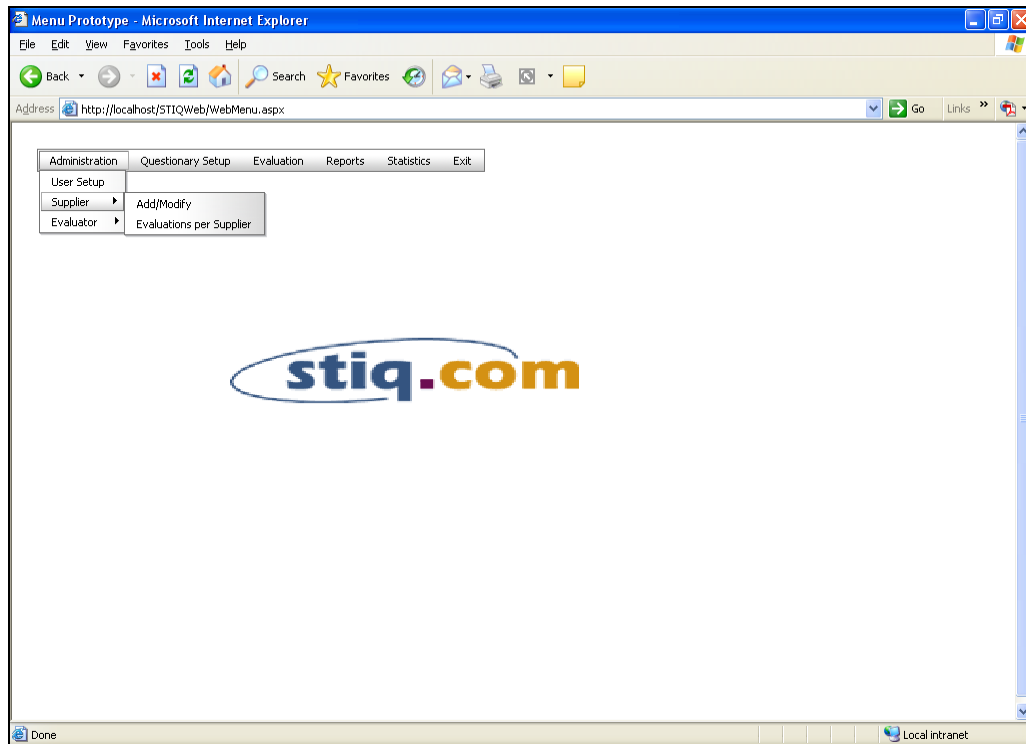


Figure 17.5 Menu du fournisseur.

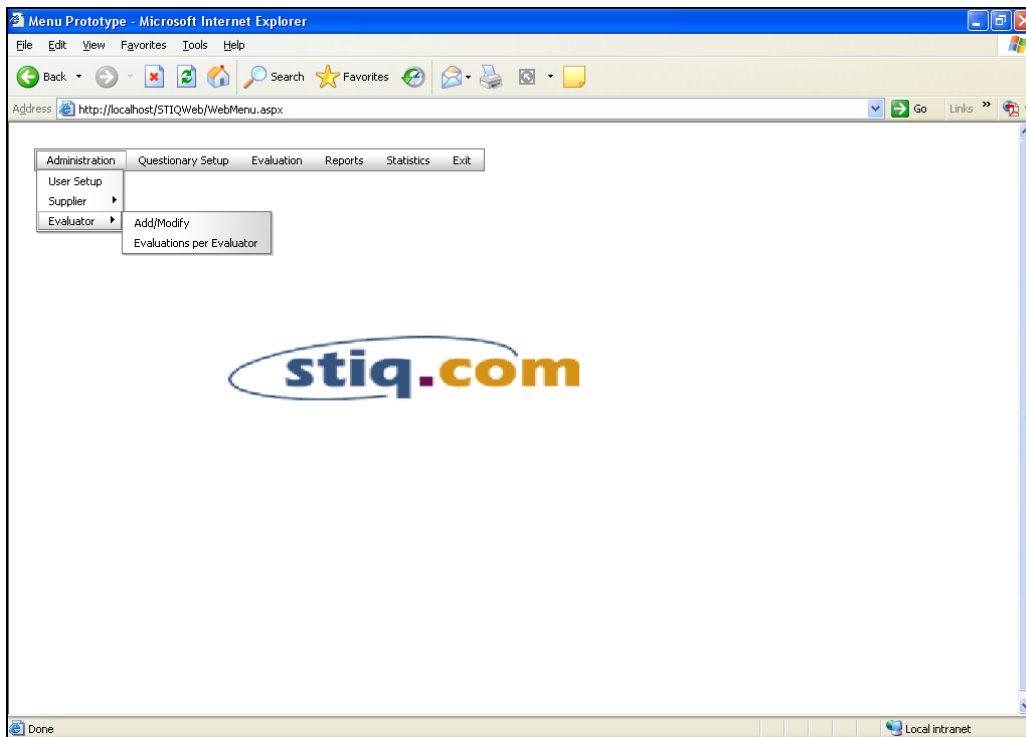


Figure 17.6 Menu de l'évaluateur.

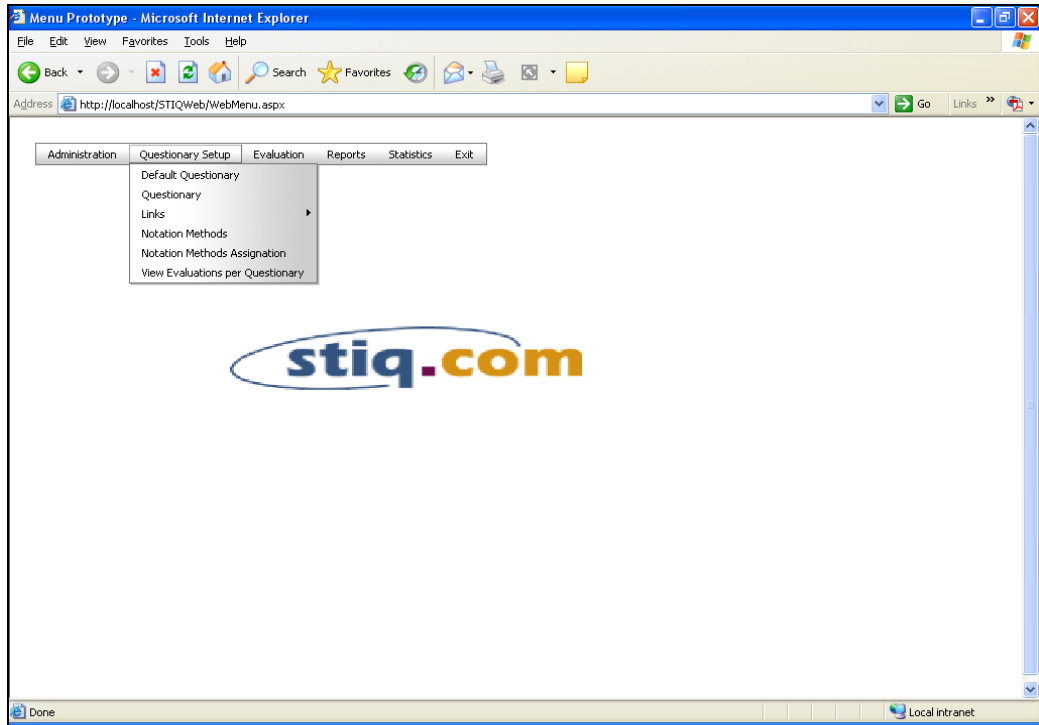


Figure 17.7 Menu questionnaire.

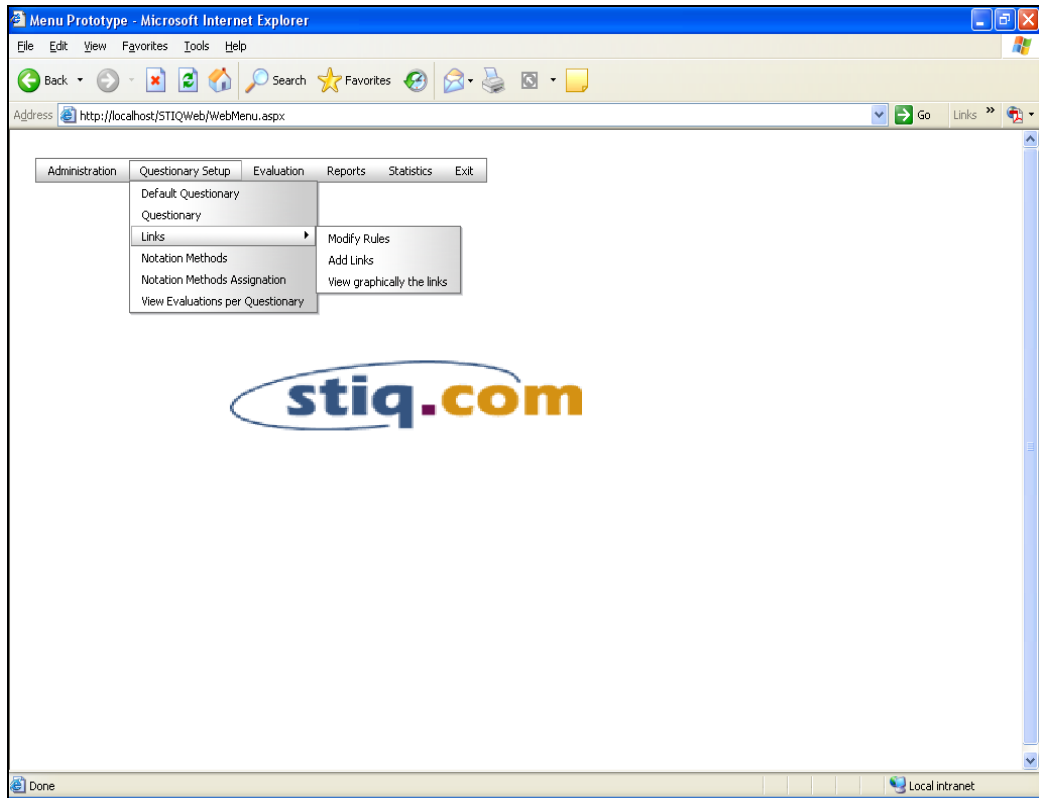


Figure 17.8 Menu des liens.

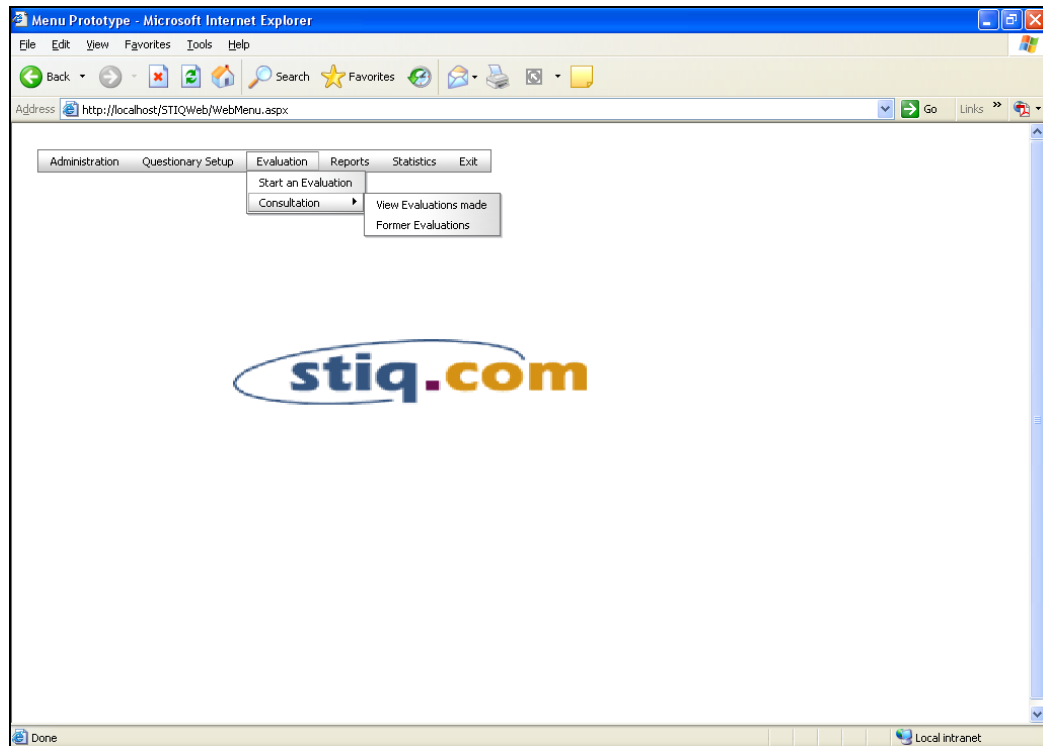


Figure 17.9 Menu d'évaluation.

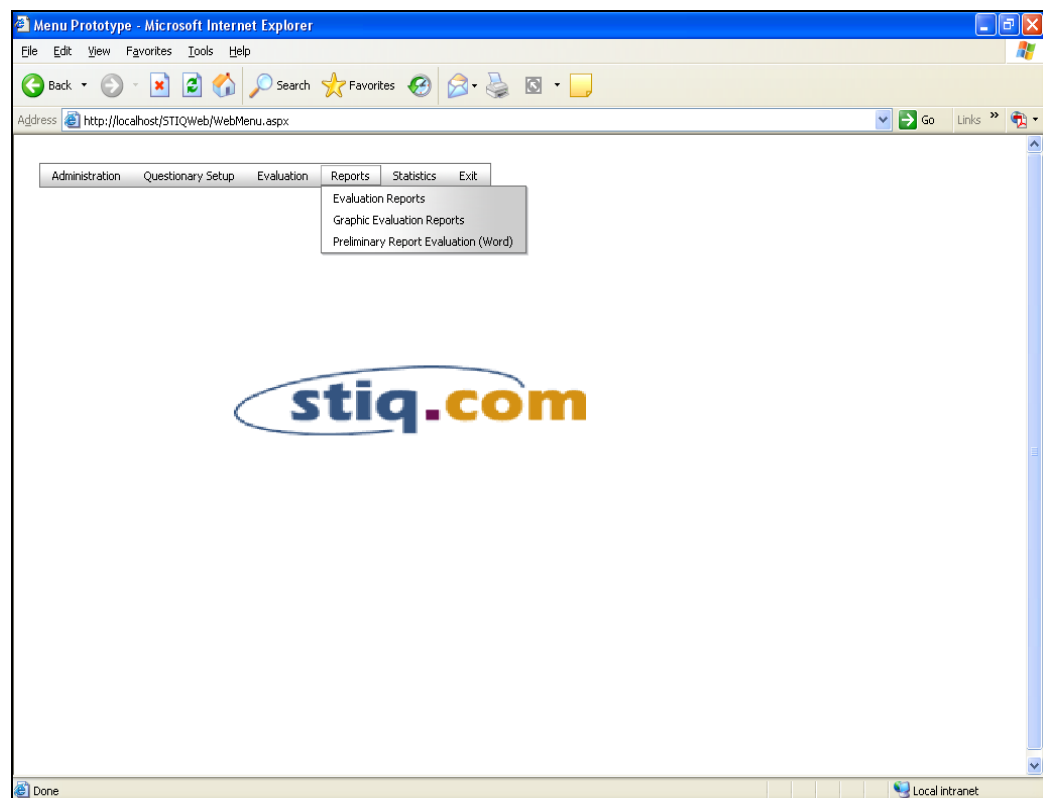


Figure 17.10 Menu des rapports.

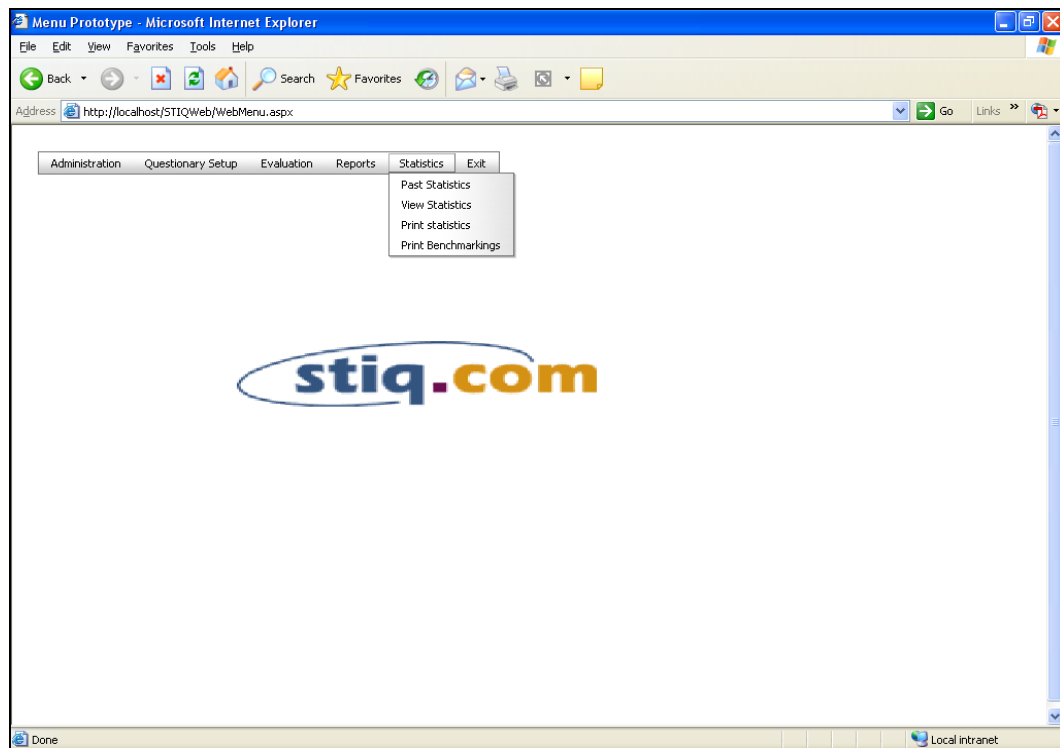


Figure 17.11 Menu des statistiques.

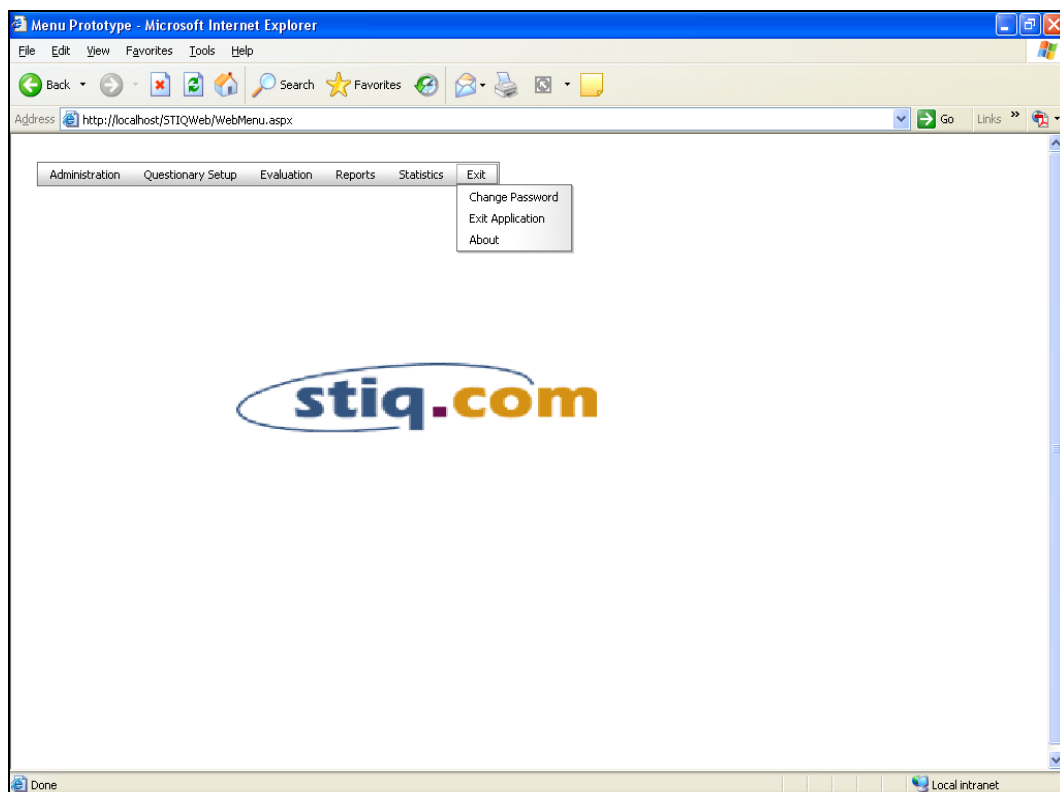


Figure 17.12 Menu de sortie.

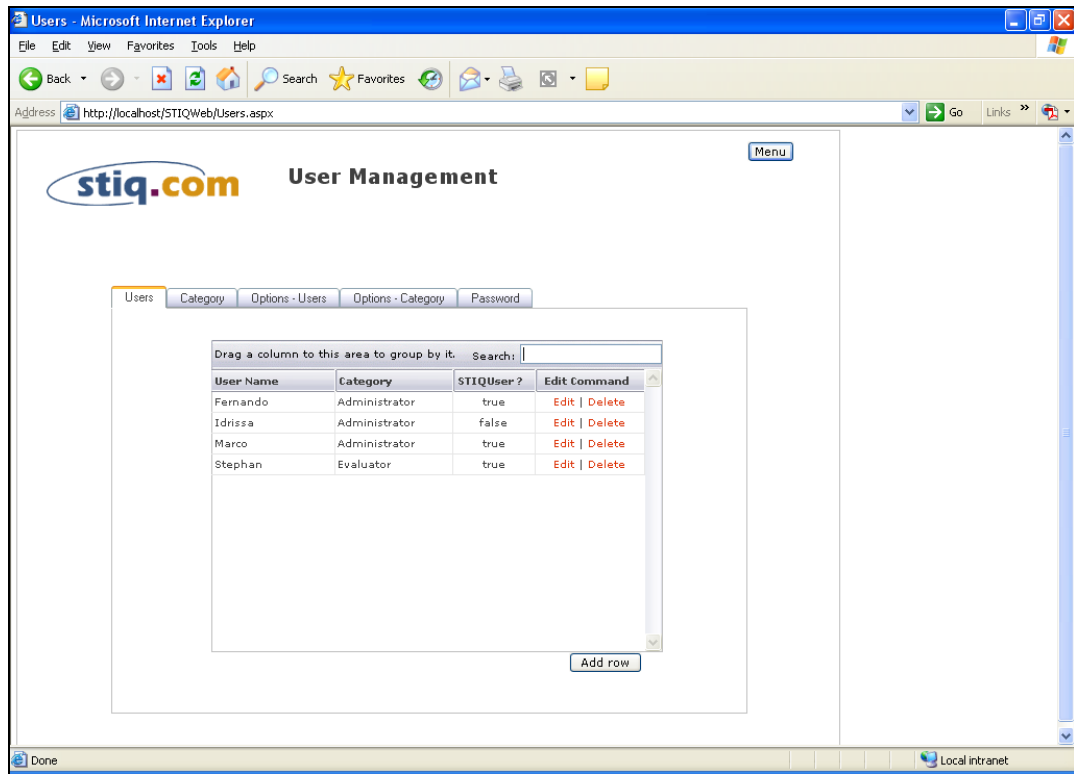


Figure 17.13 Écran pour l'administration des utilisateurs.

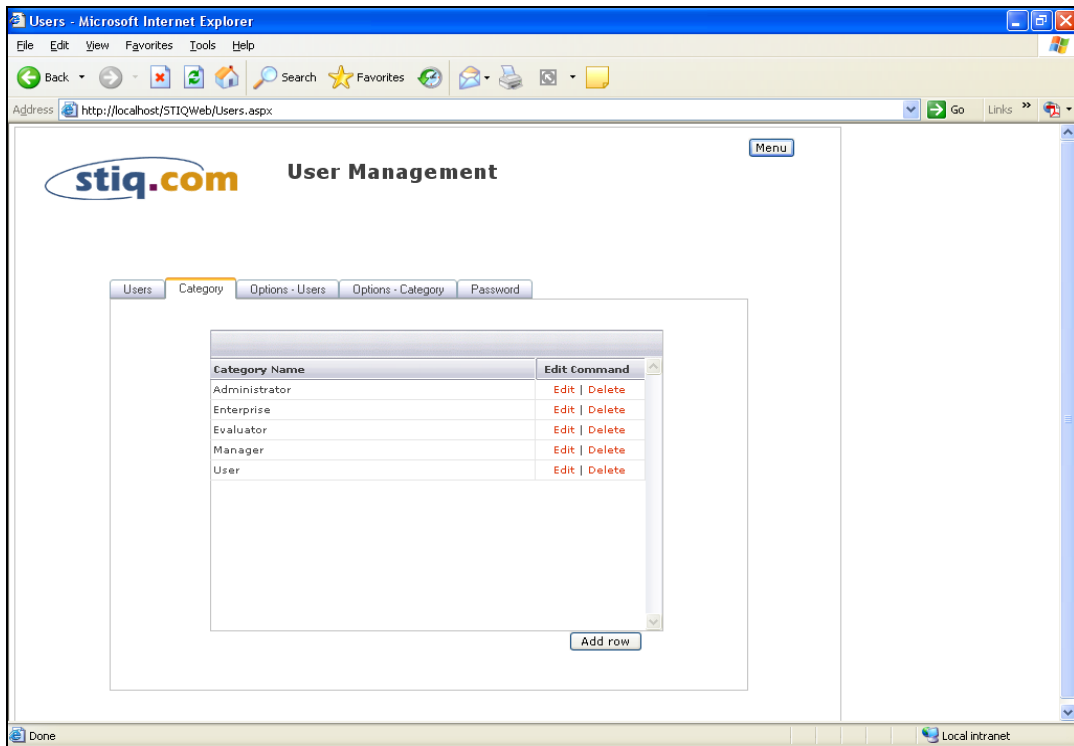


Figure 17.14 Écran pour les catégories des utilisateurs.

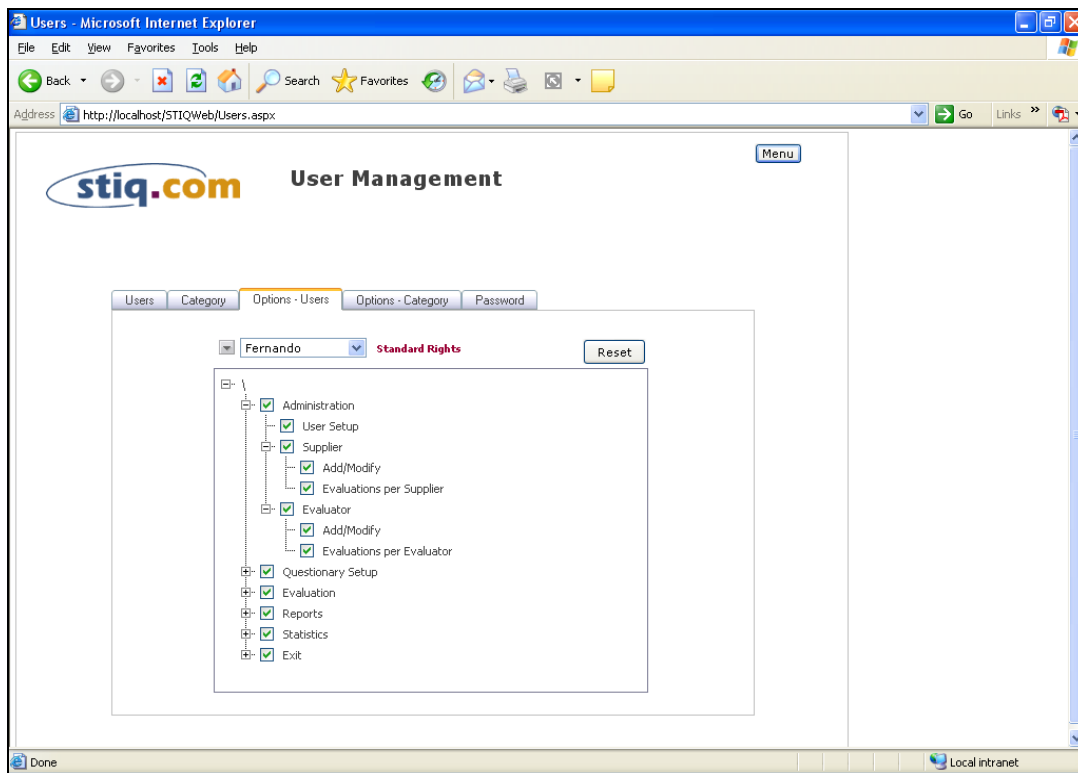


Figure 17.15 Écran pour les options de menu par utilisateur.

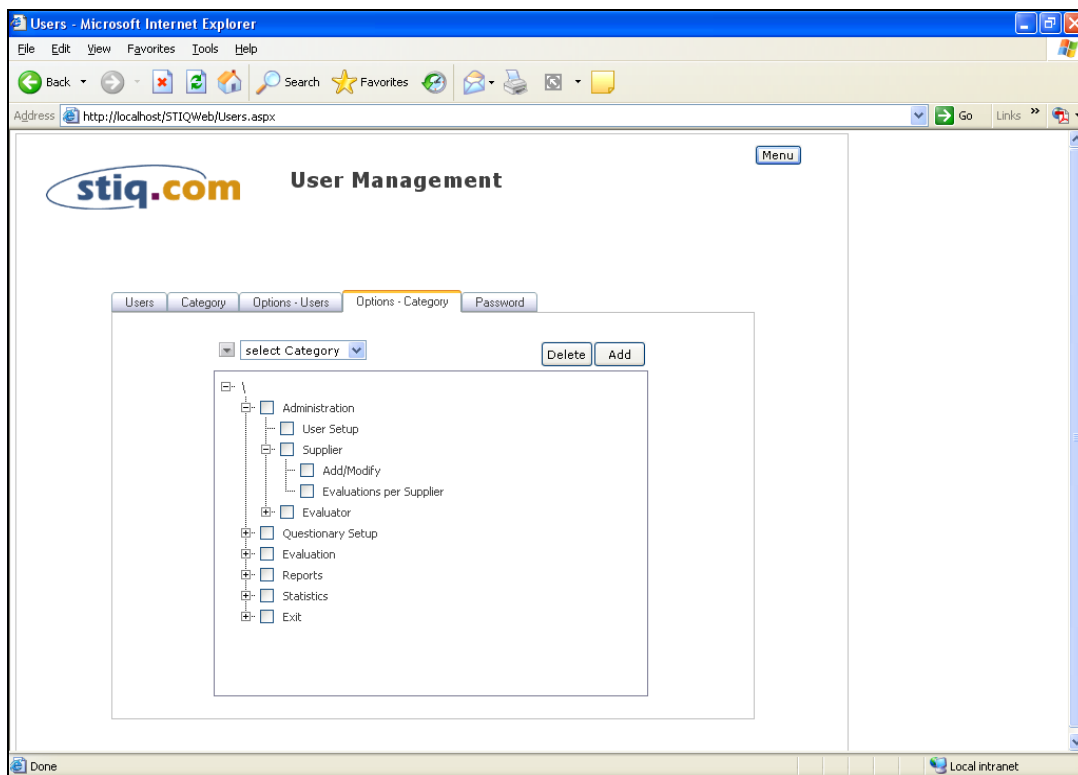


Figure 17.16 Écran pour les options de menu par catégorie.

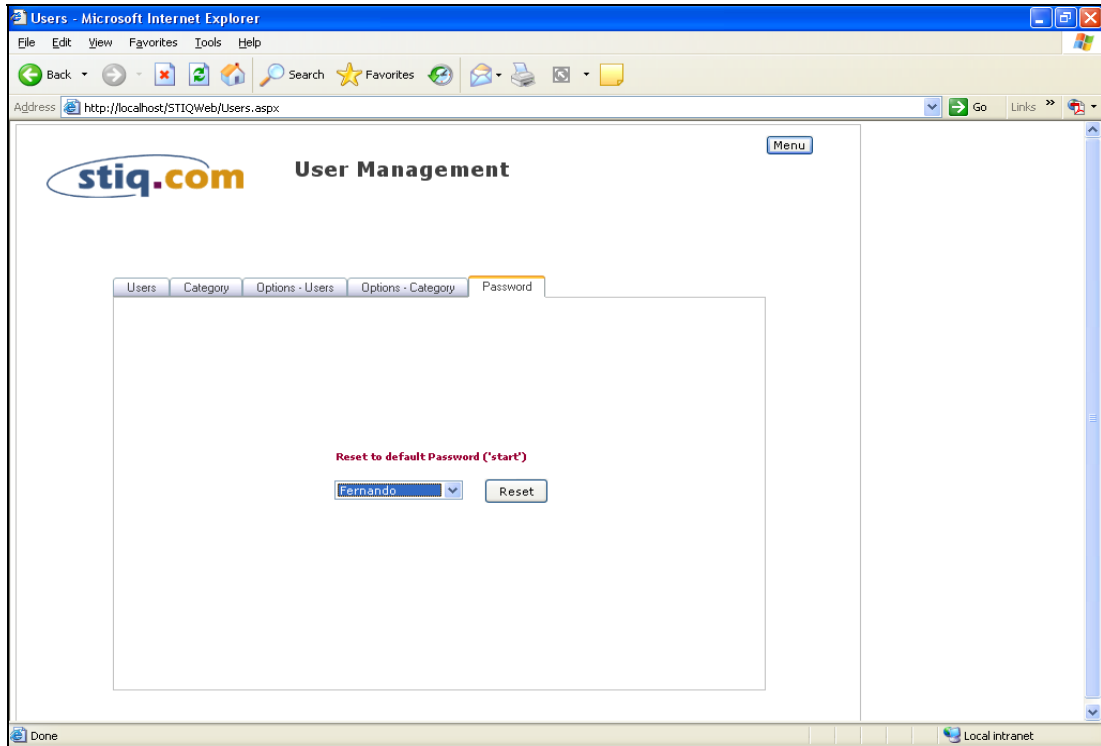


Figure 17.17 Écran pour initialiser le mot de passe des utilisateurs.

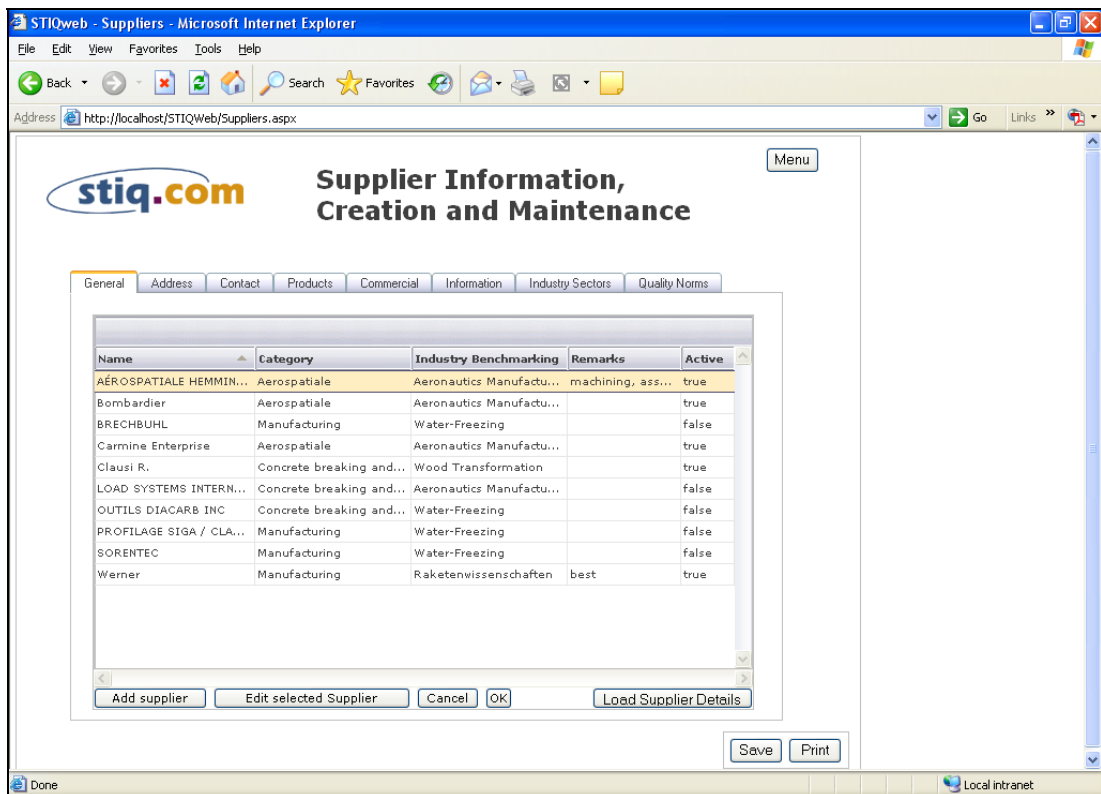


Figure 17.18 Écran pour la maintenance des fournisseurs.

STIQweb - Suppliers - Microsoft Internet Explorer

Address: http://localhost/STIQWeb/Suppliers.aspx

stiQ.com Supplier Information, Creation and Maintenance

Menu

General Address Contact Products Commercial Information Industry Sectors Quality Norms

Address_1 Telephone_2

Address_2 Fax_1

City Fax_2

Province Tel_1800

Country Web_Site

Postal_Code Corporate Email

Telephone_1

Save Print

Done Local intranet

Figure 17.19 Écran pour la maintenance des fournisseurs - adresse.

STIQweb - Suppliers - Microsoft Internet Explorer

Address: http://localhost/STIQWeb/Suppliers.aspx

stiQ.com Supplier Information, Creation and Maintenance

Menu

General Address Contact Products Commercial Information Industry Sectors Quality Norms

Name	Telephone	Extension	Remarks

Add row Cancel OK

Save Print

Done Local intranet

Figure 17.20 Écran pour la maintenance des fournisseurs - contacts.

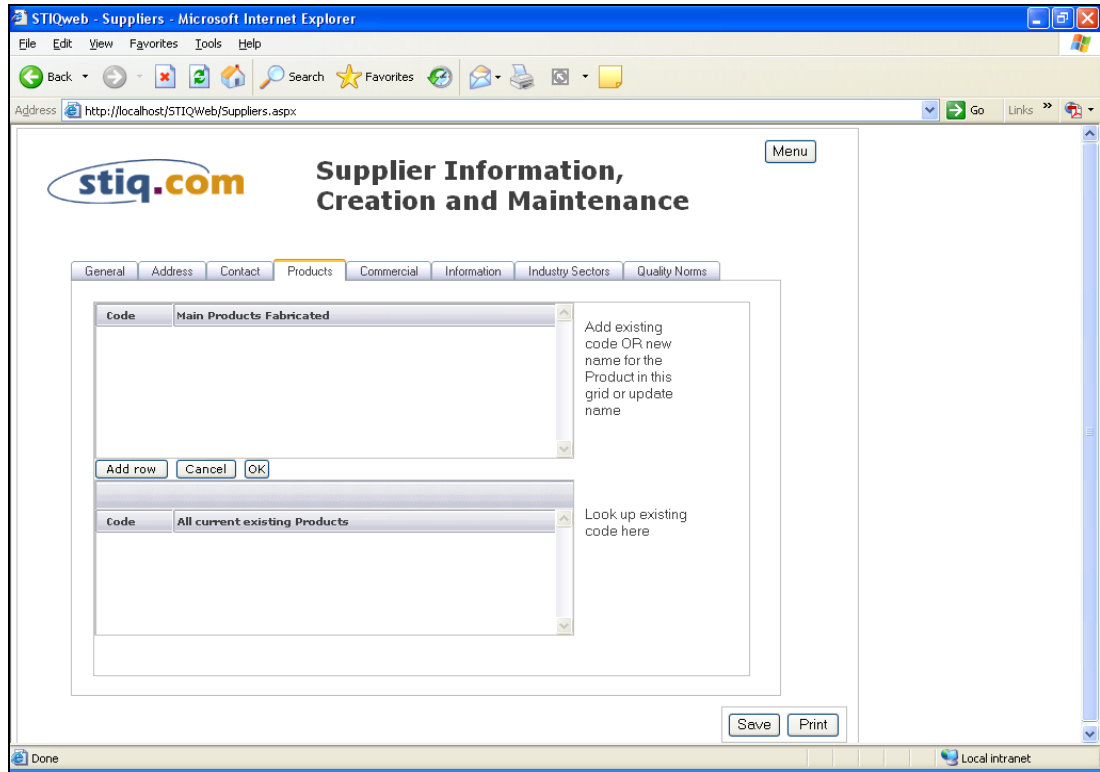


Figure 17.21 Écran pour la maintenance des fournisseurs - produits.

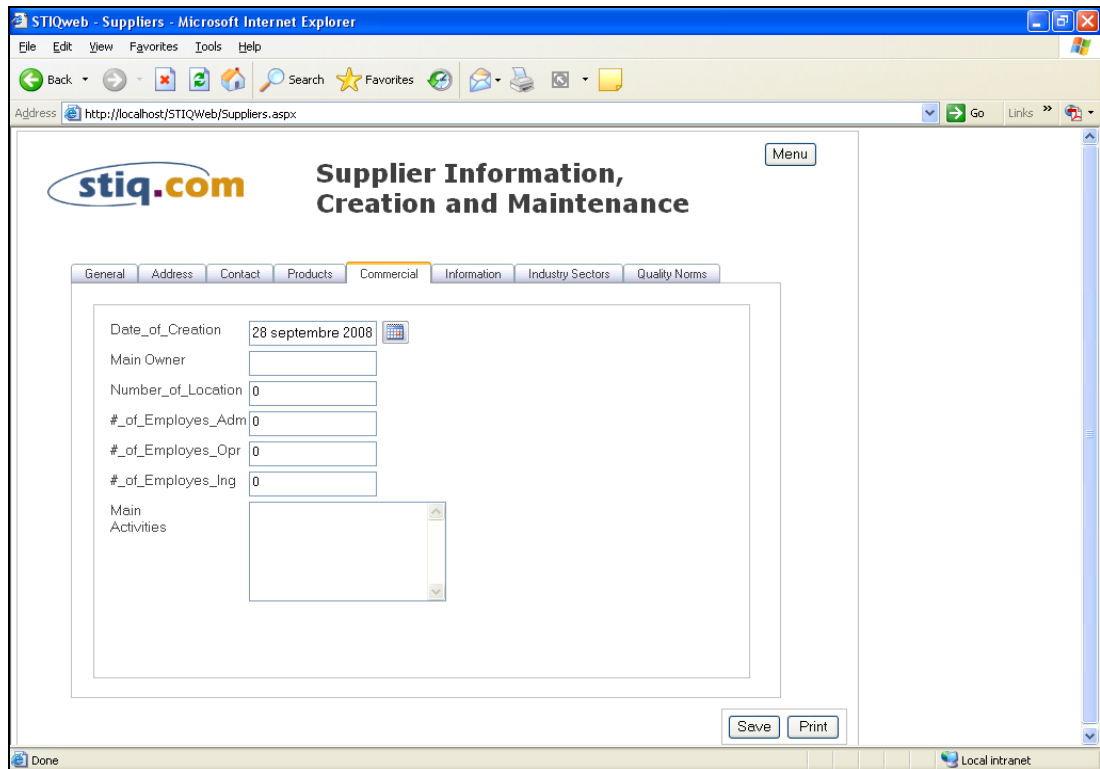


Figure 17.22 Écran pour la maintenance des fournisseurs - commercial.

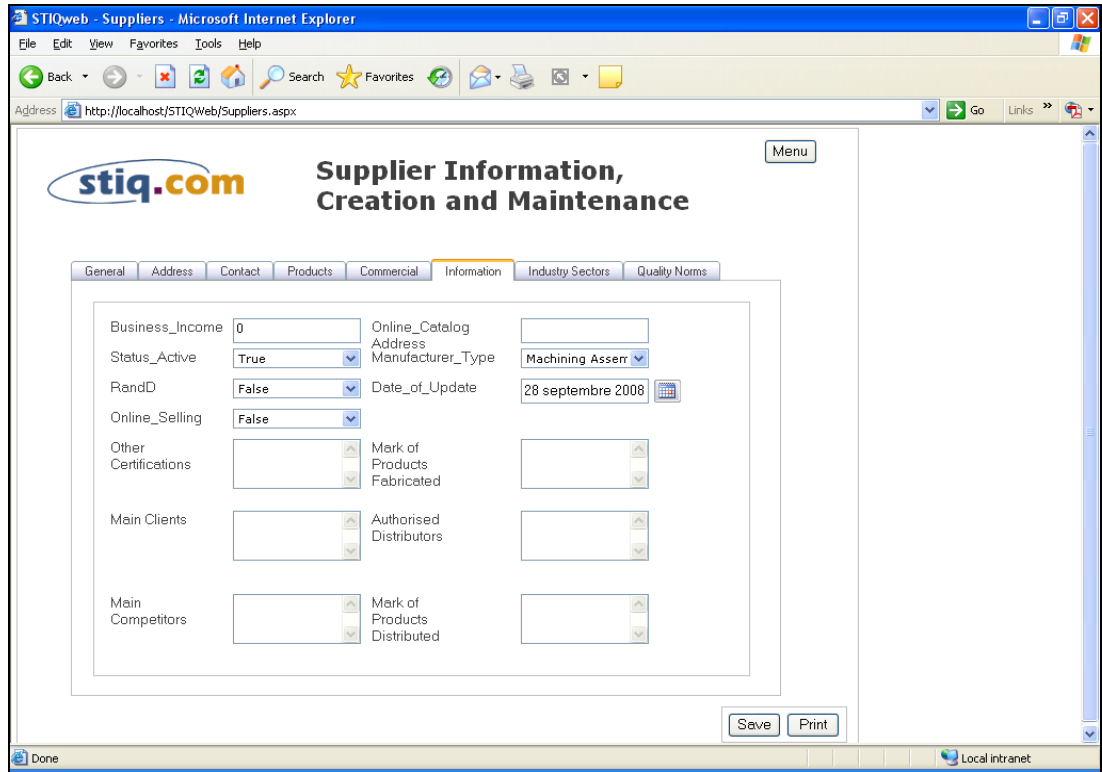


Figure 17.23 Écran pour la maintenance des fournisseurs - information.

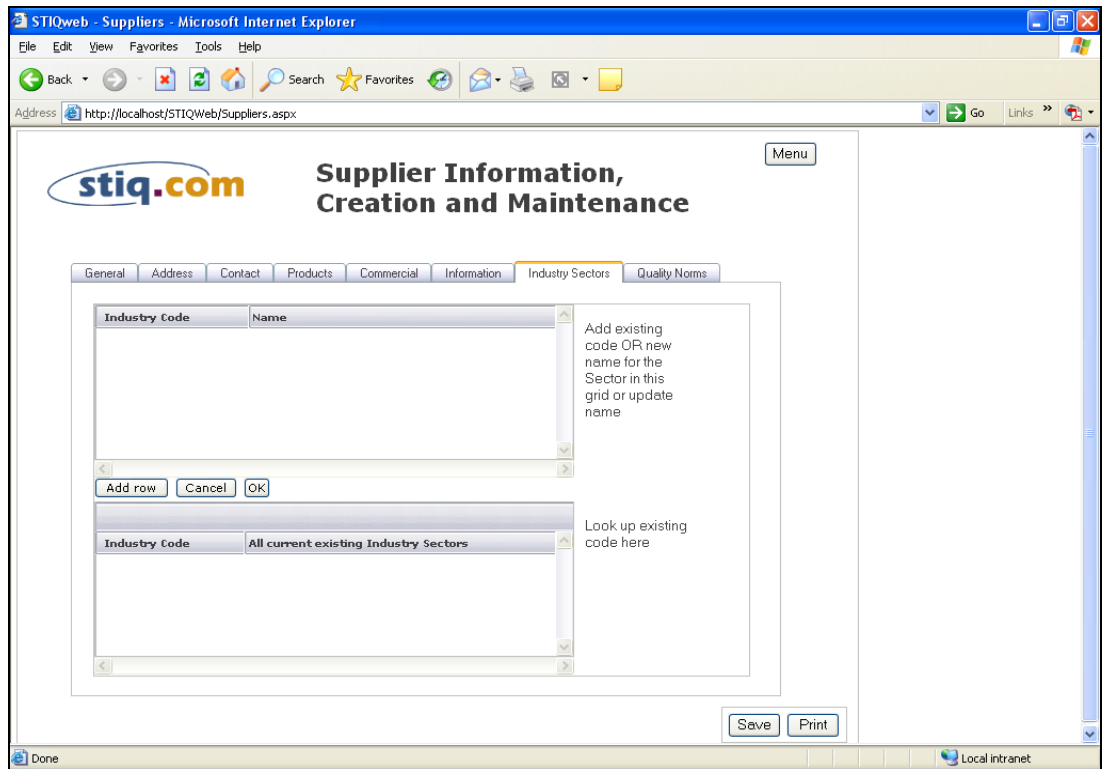


Figure 17.24 Écran pour la maintenance des fournisseurs – secteurs industriels.

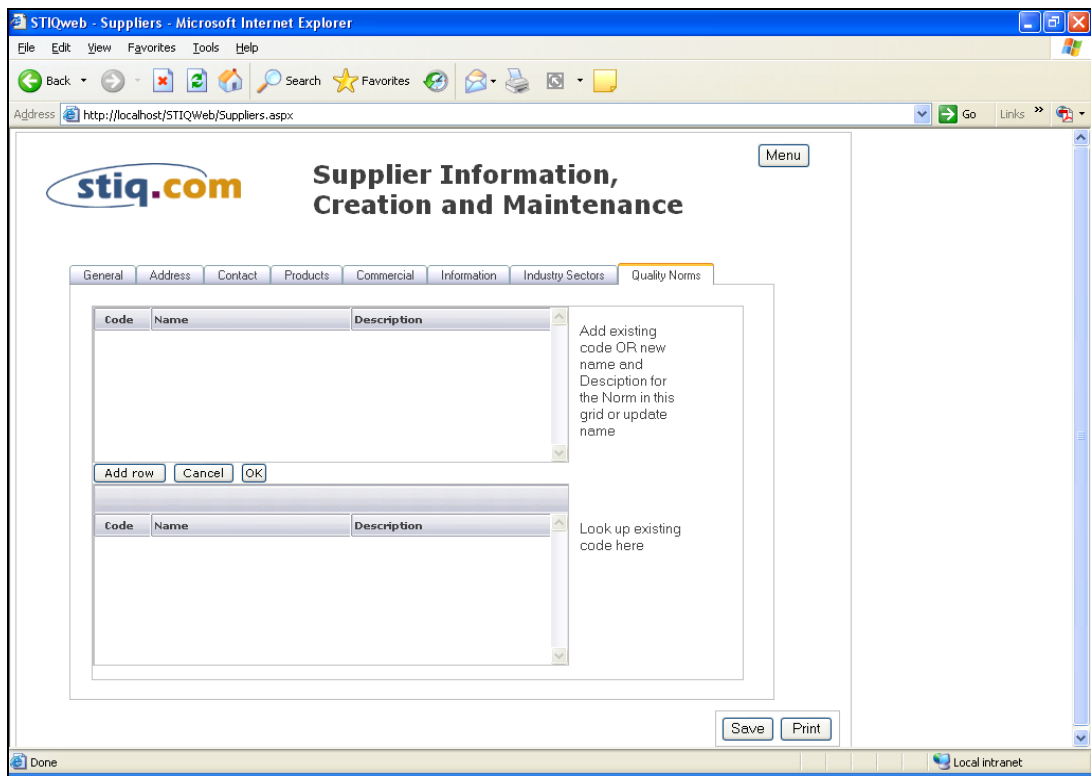


Figure 17.25 Écran pour la maintenance des fournisseurs – normes de qualité.

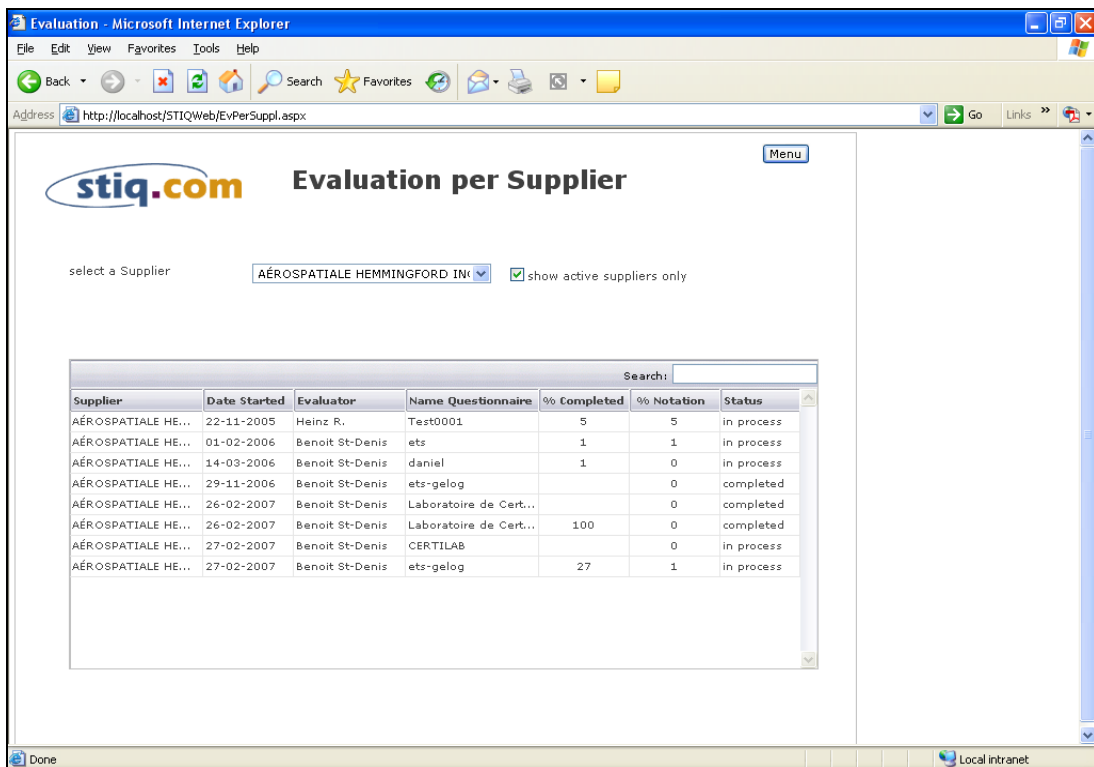


Figure 17.26 Écran d'évaluations per fournisseur.

stiq.com Add/Modify Evaluators

Name: Benoit St-Denis

Title: MIS

Telephone: 514-9999999

Mobile: nokia new

Pager:

Fax:

E-Mail:

Save

Figure 17.27 Écran de maintenance des évaluateurs.

stiq.com Evaluation per Evaluator

select an Evaluator: Benoit St-Denis

Supplier-Name	Date Started	Evaluator	Name Questionnaire	% Completed	% Notation	Status
Carmine Enterprise	1-26-2006	Benoit St-Denis	Small Questionnaire	10	3	in process
Carmine Enterprise	1-26-2006	Benoit St-Denis	NewStiq	100	17	completed
AÉROSPATIALE HE...	2-1-2006	Benoit St-Denis	ets	1	1	in process
AÉROSPATIALE HE...	3-14-2006	Benoit St-Denis	daniel	1	0	in process
AÉROSPATIALE HE...	11-29-2006	Benoit St-Denis	ets-gelog		0	completed
AÉROSPATIALE HE...	2-26-2007	Benoit St-Denis	Laboratoire de Cert...		0	completed
AÉROSPATIALE HE...	2-26-2007	Benoit St-Denis	Laboratoire de Cert...	100	0	completed
AÉROSPATIALE HE...	2-27-2007	Benoit St-Denis	CERTILAB		0	in process
AÉROSPATIALE HE...	2-27-2007	Benoit St-Denis	ets-gelog	27	1	in process

Figure 17.28 Écran d'évaluations par évaluateur.

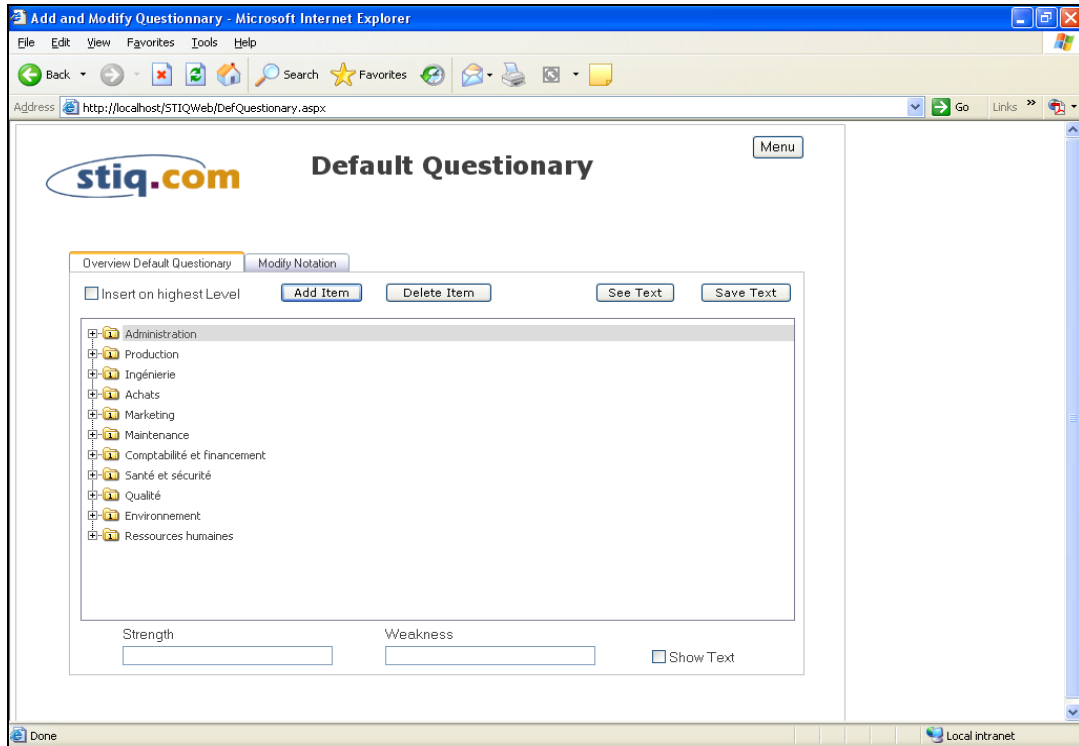


Figure 17.29 Écran de maintenance des questionnaires.

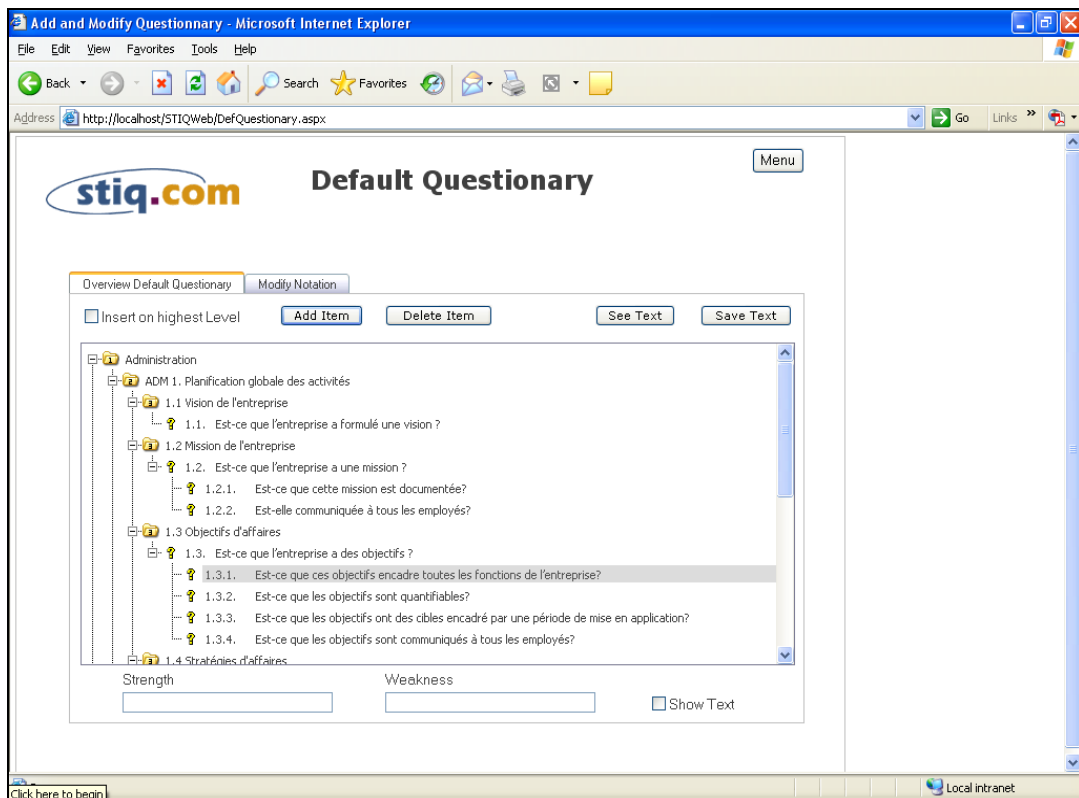


Figure 17.30 Questionnaire par default.

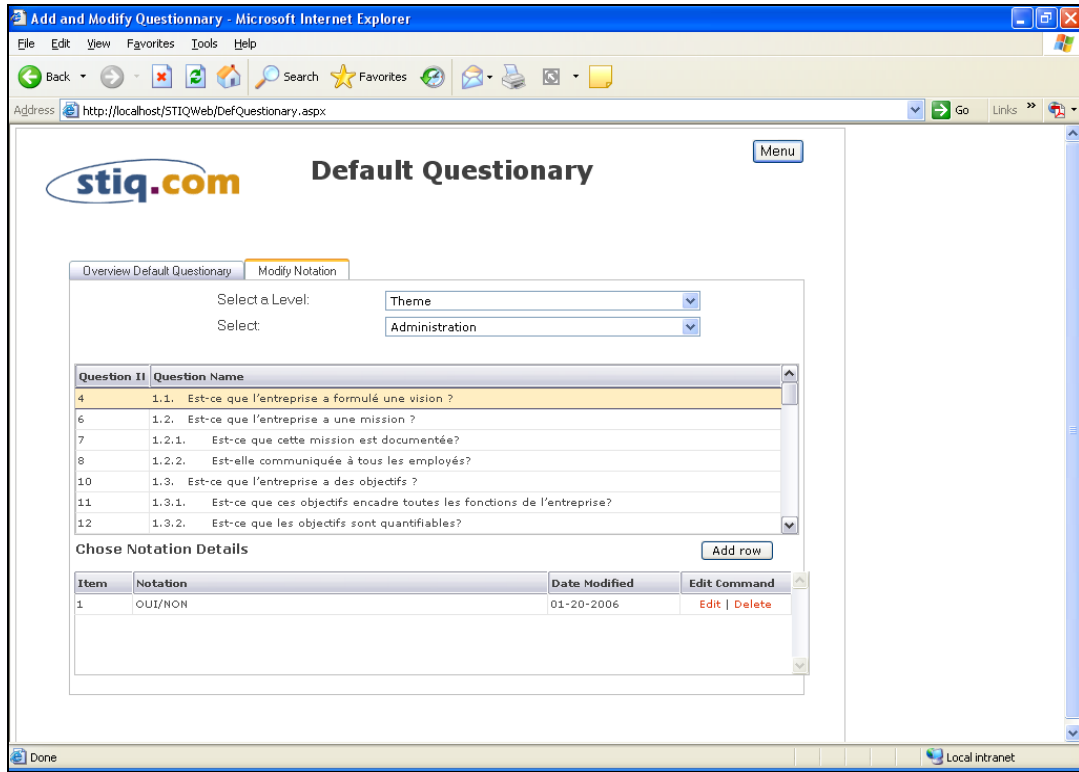


Figure 17.31 Écran d'assignation de notation du questionnaire.

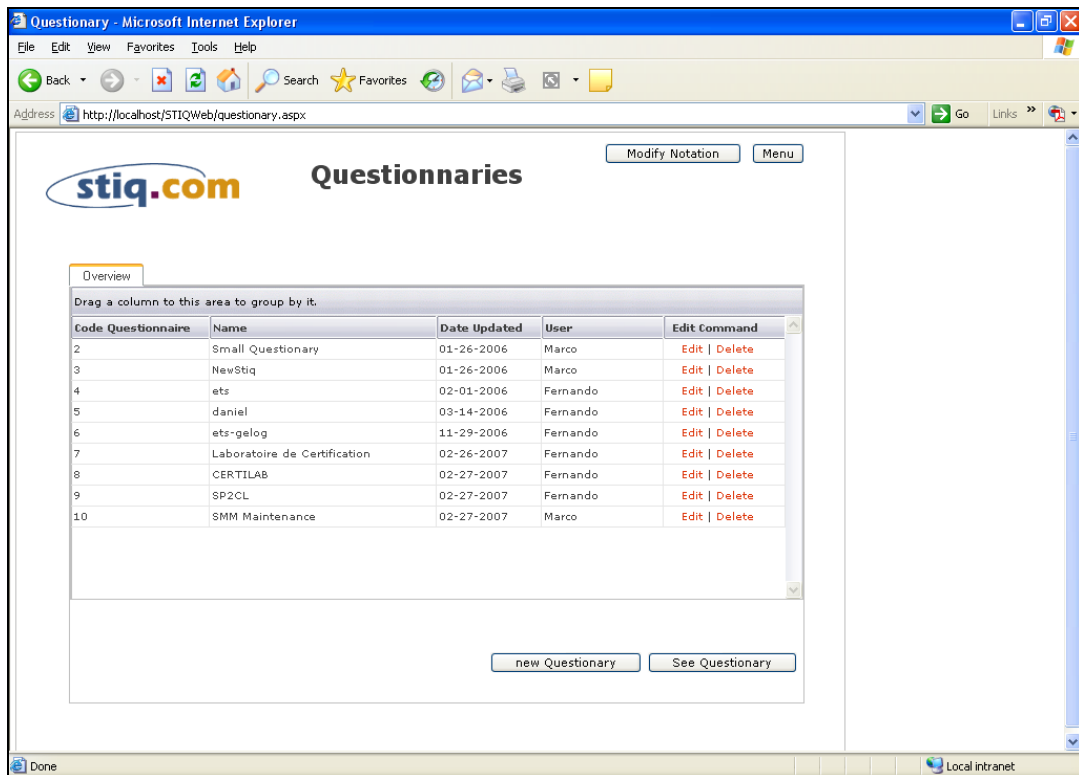


Figure 17.32 Écran des questionnaires utilisés.

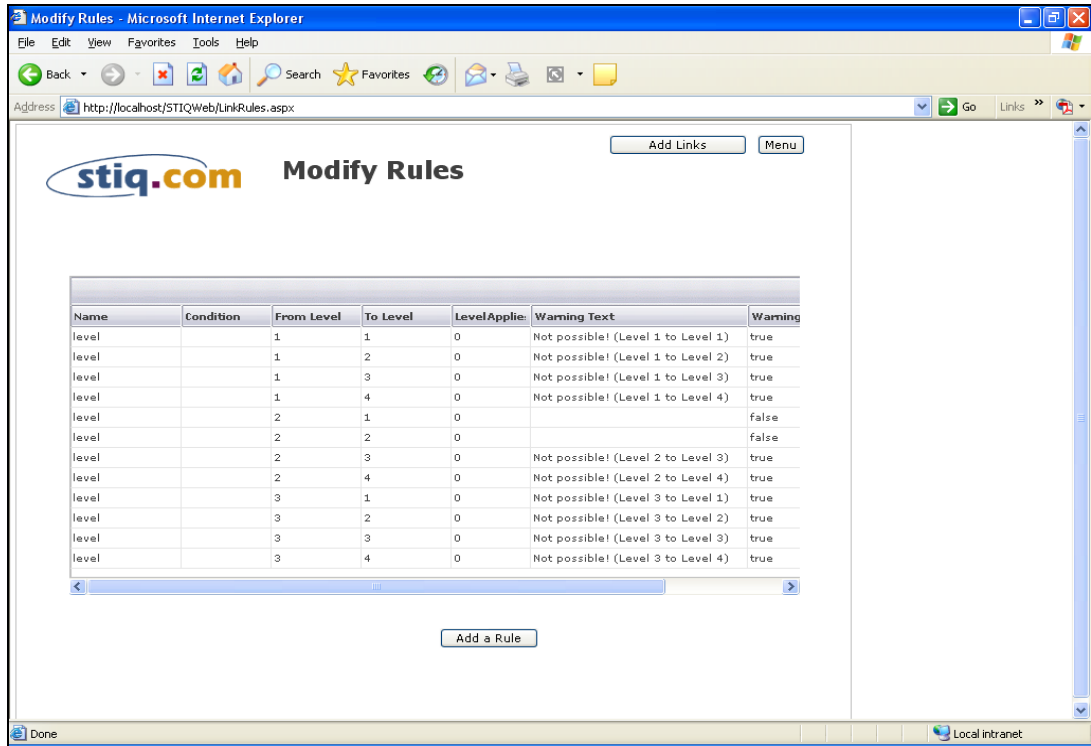


Figure 17.33 Écran des règles de liens entre questions.

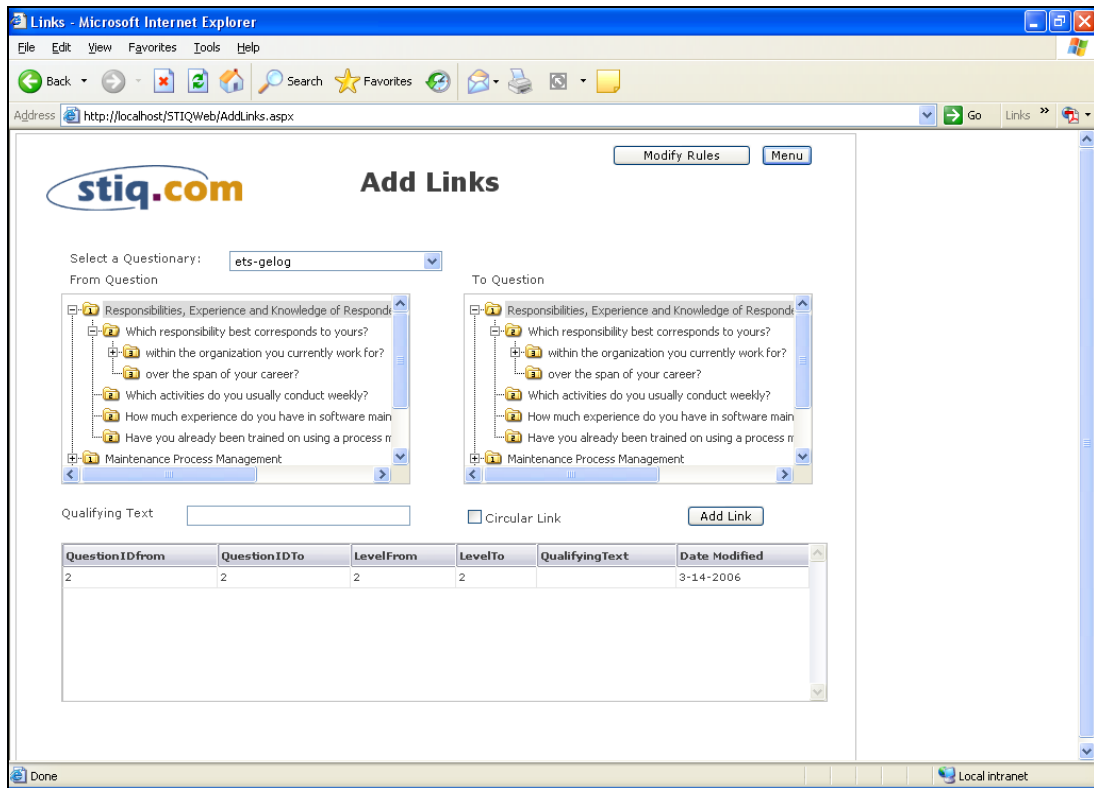


Figure 17.34 Écran d'ajout de liens entre questions.

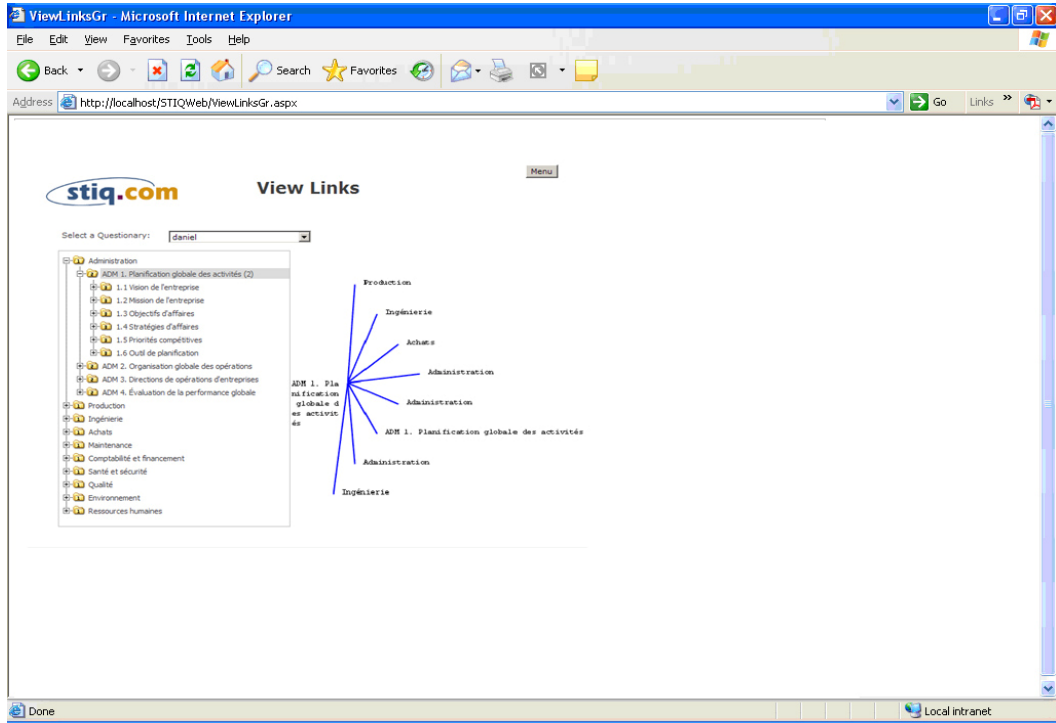


Figure 17.35 Écran pour visualiser des liens entre questions.

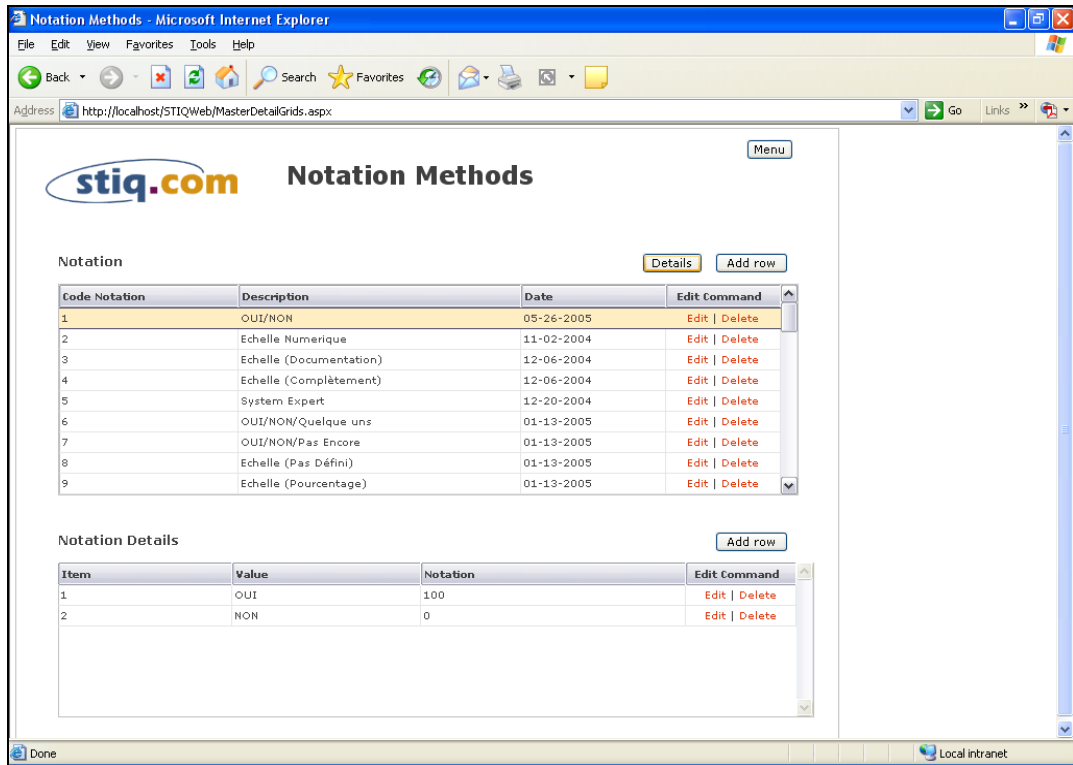


Figure 17.36 Écran des méthodes de notation des questions.

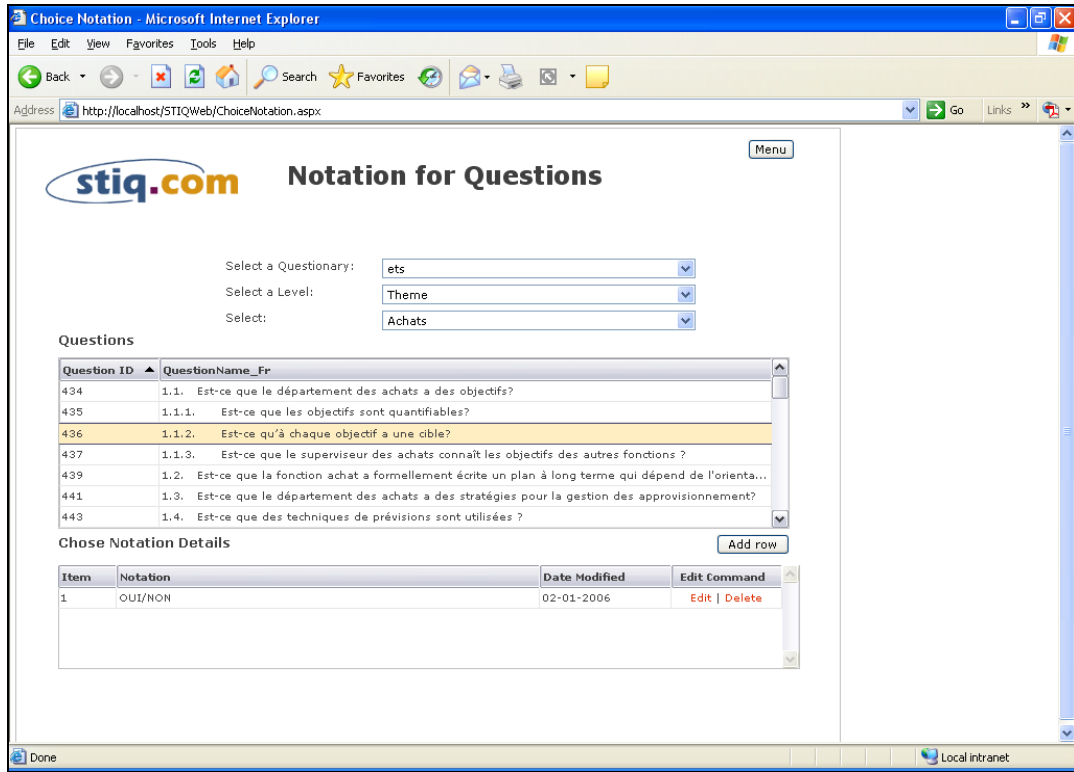


Figure 17.37 Écran pour assigner des méthodes de notation aux questions.

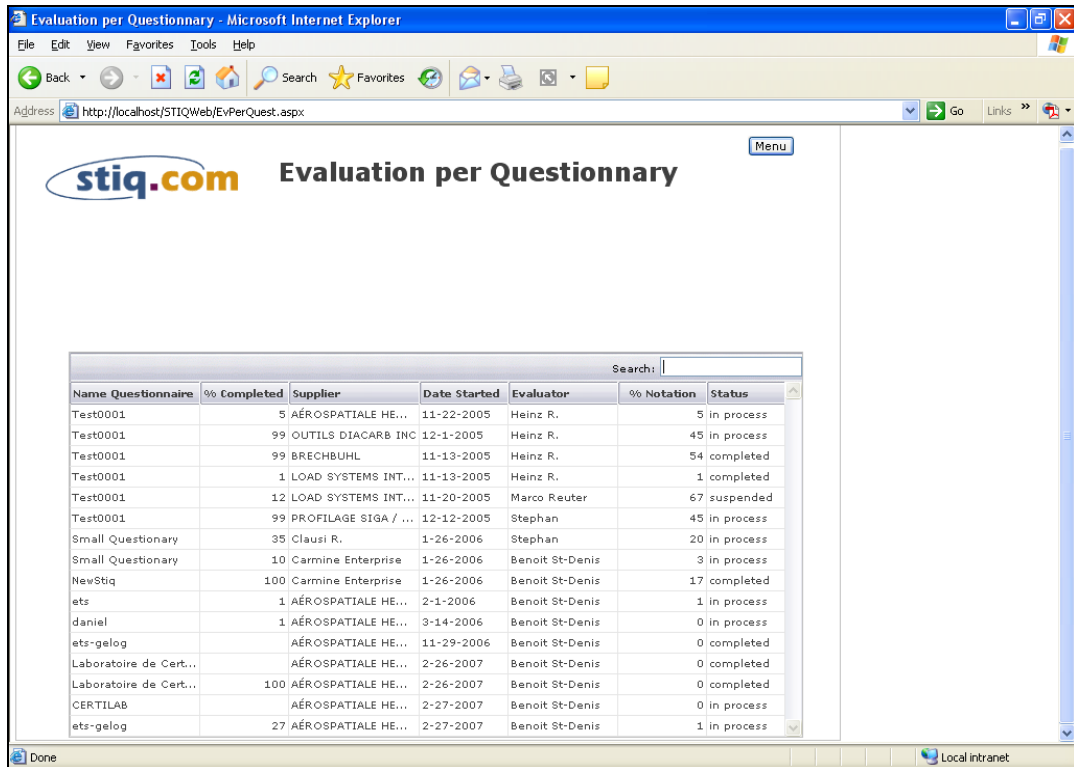


Figure 17.38 Écran d'évaluations faites par questionnaire.

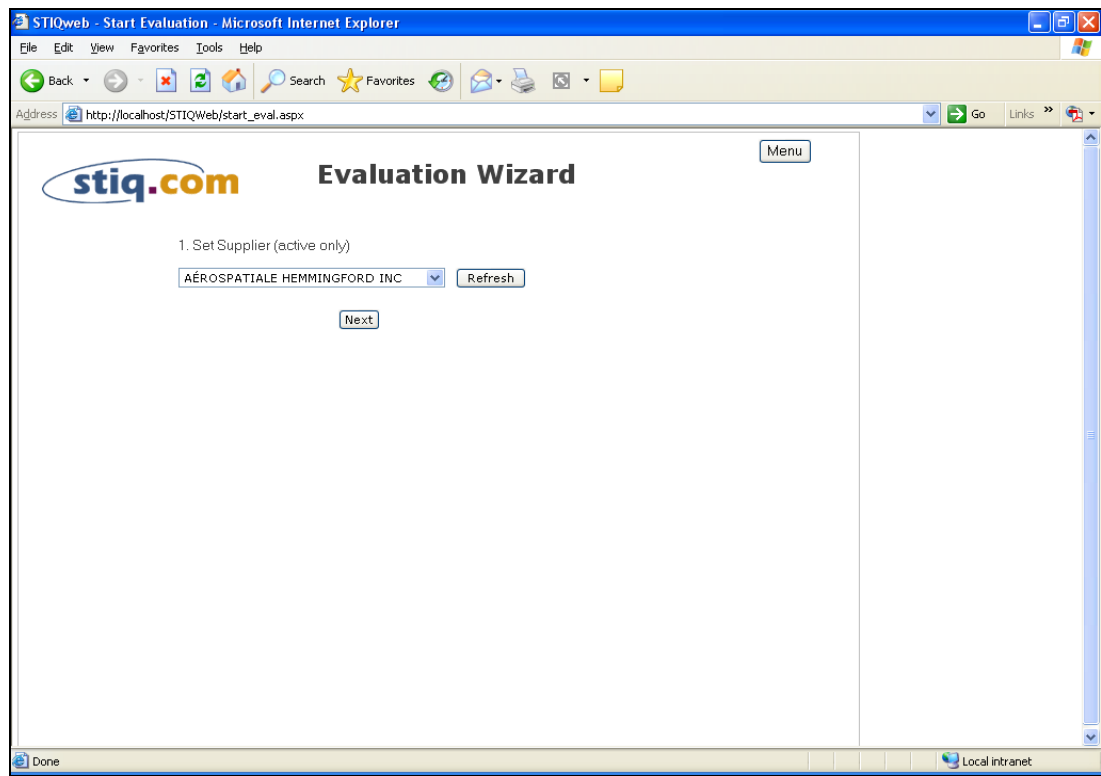


Figure 17.39 Écran pour débiter une évaluation.

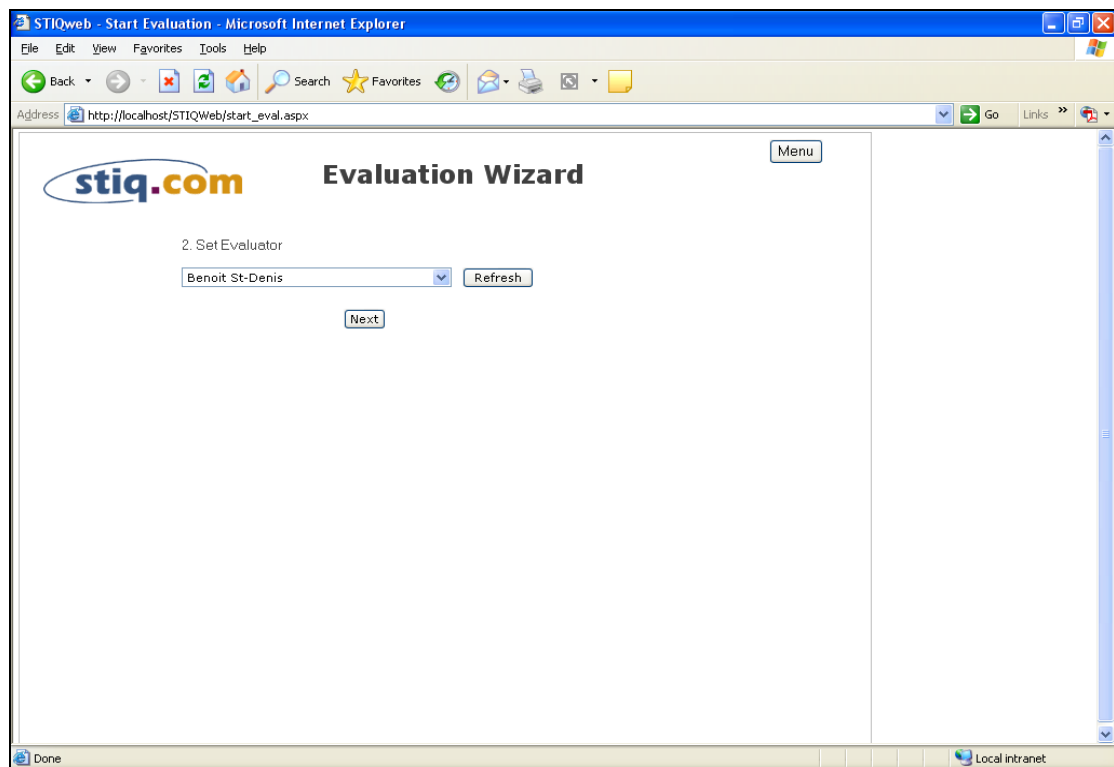


Figure 17.40 Écran pour sélectionner un évaluateur.

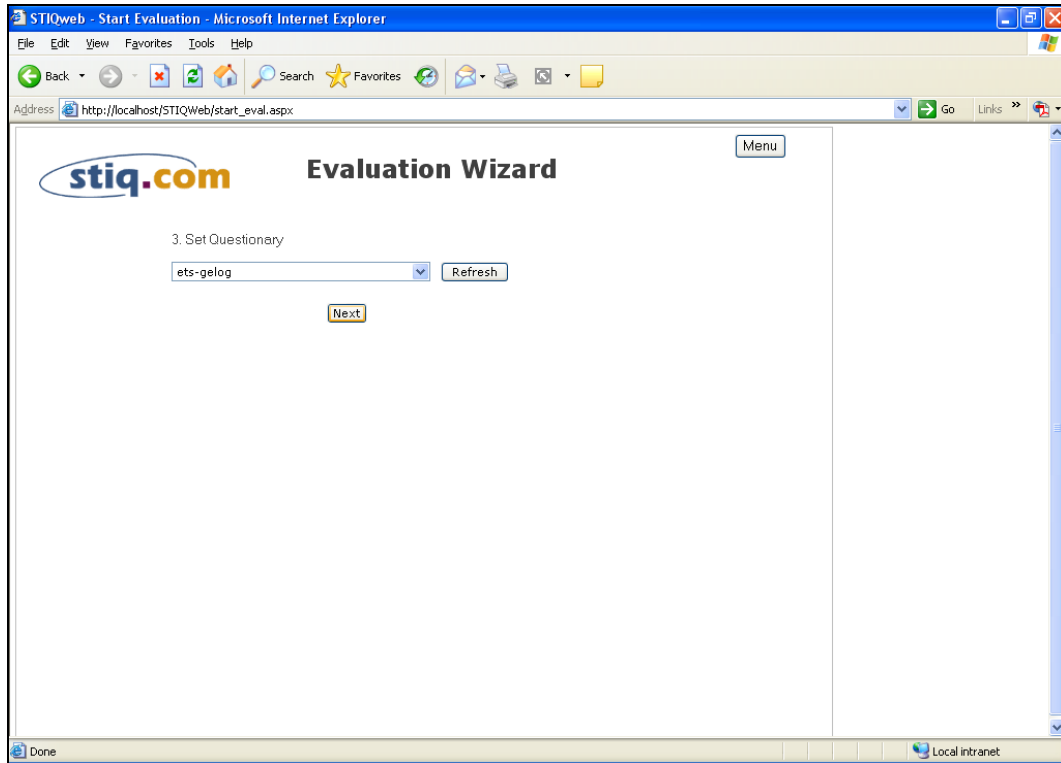


Figure 17.41 Écran pour sélectionner un questionnaire.

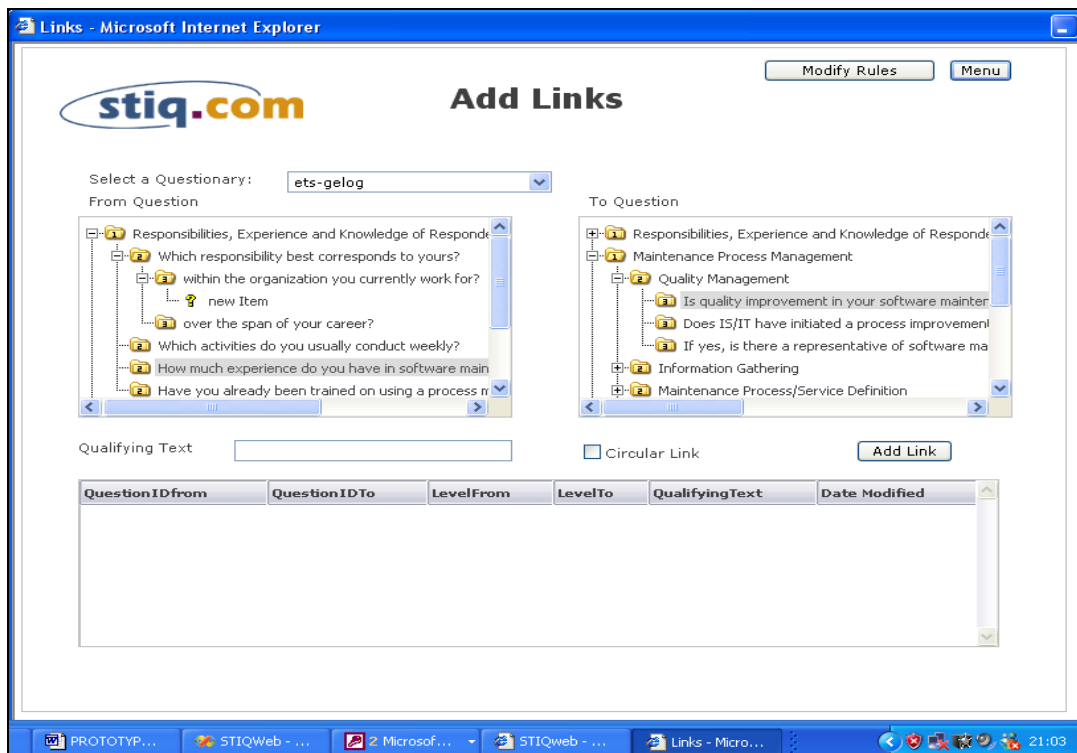


Figure 17.42 Écran pour ajouter des liens aux questions.

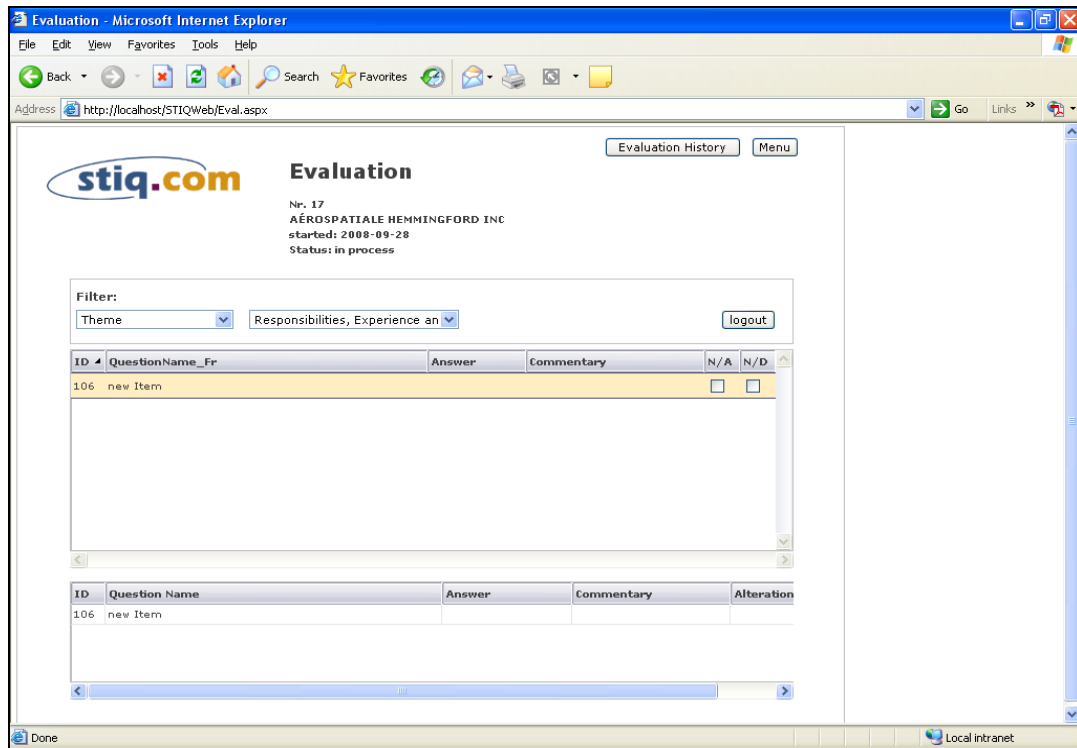


Figure 17.43 Écran pour répondre aux questions.

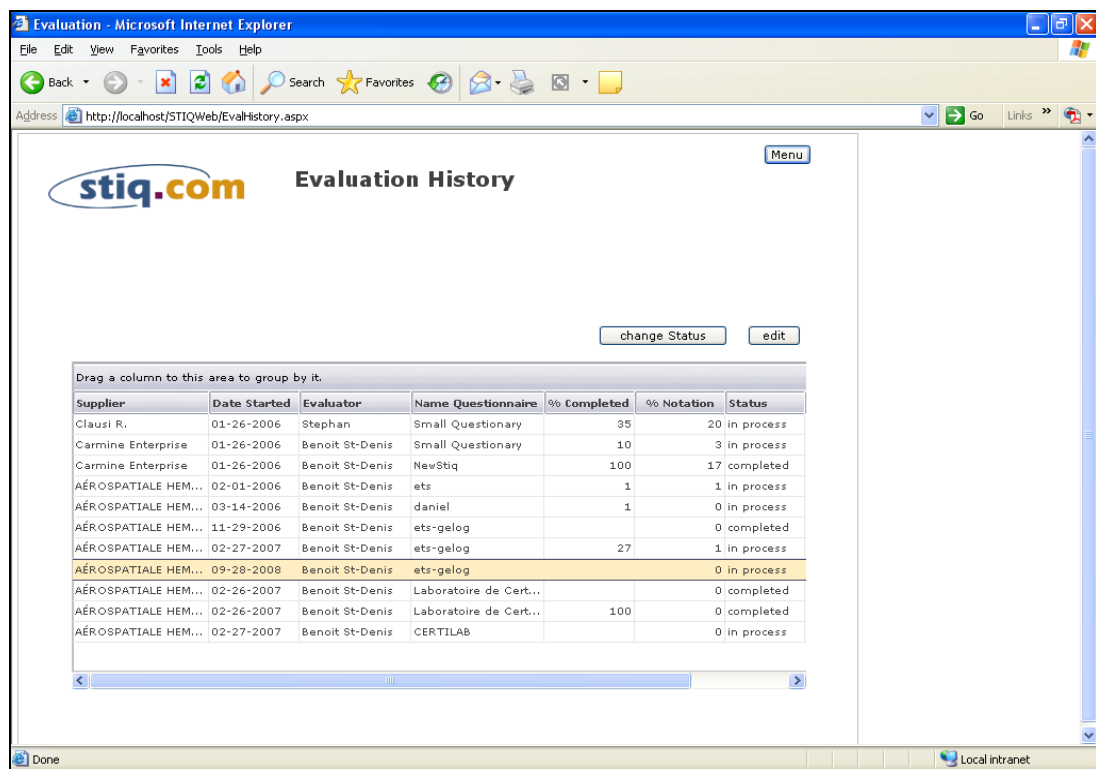


Figure 17.44 Écran pour sélectionner des évaluations faites.

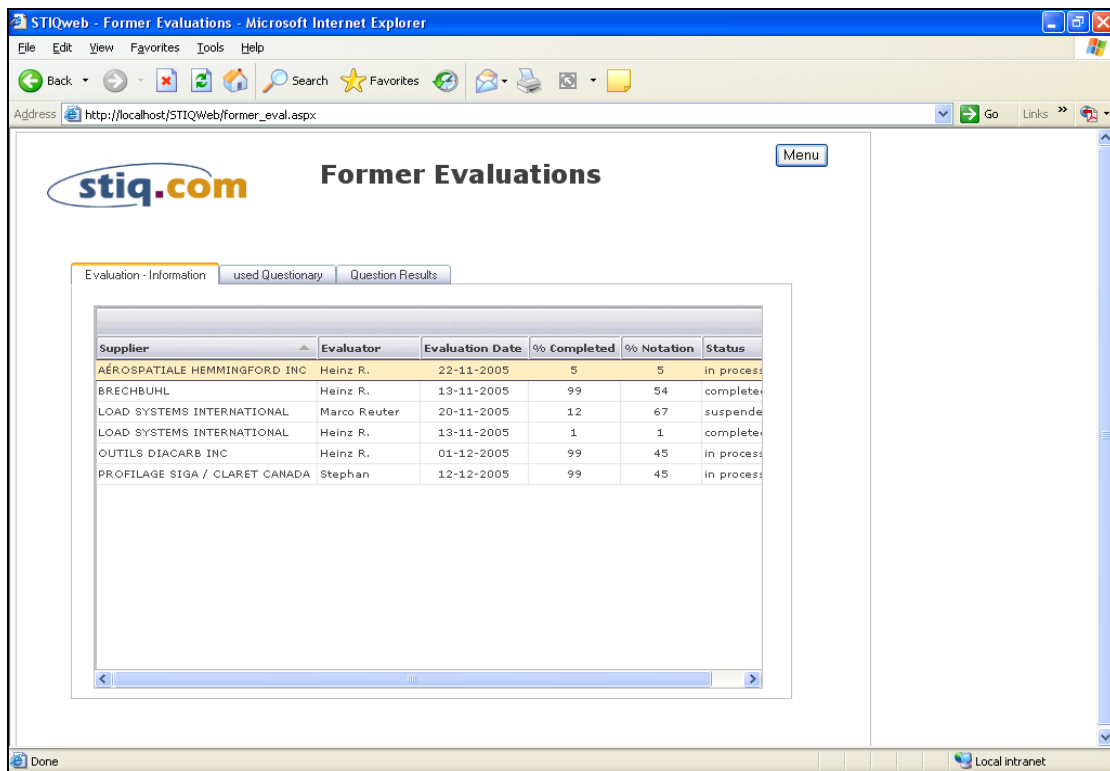


Figure 17.45 Écran pour visualiser des évaluations faites avec l'outil ancien.

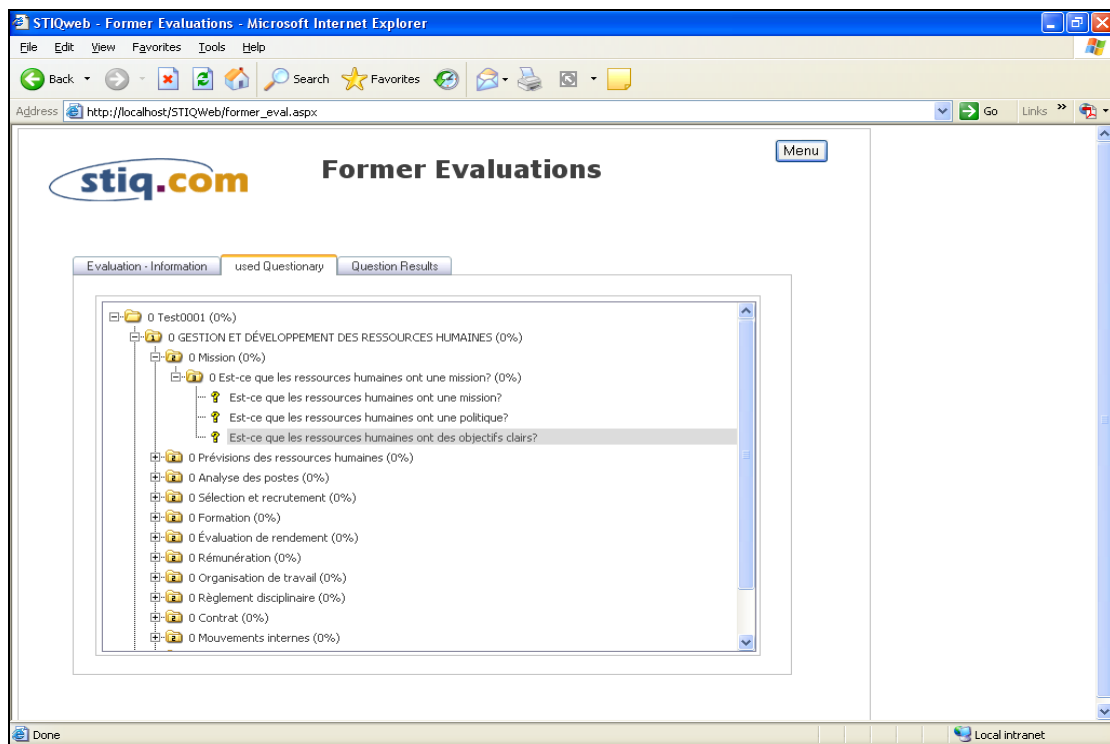


Figure 17.46 Questionnaires utilisés lors d'évaluations faites avec l'outil ancien.

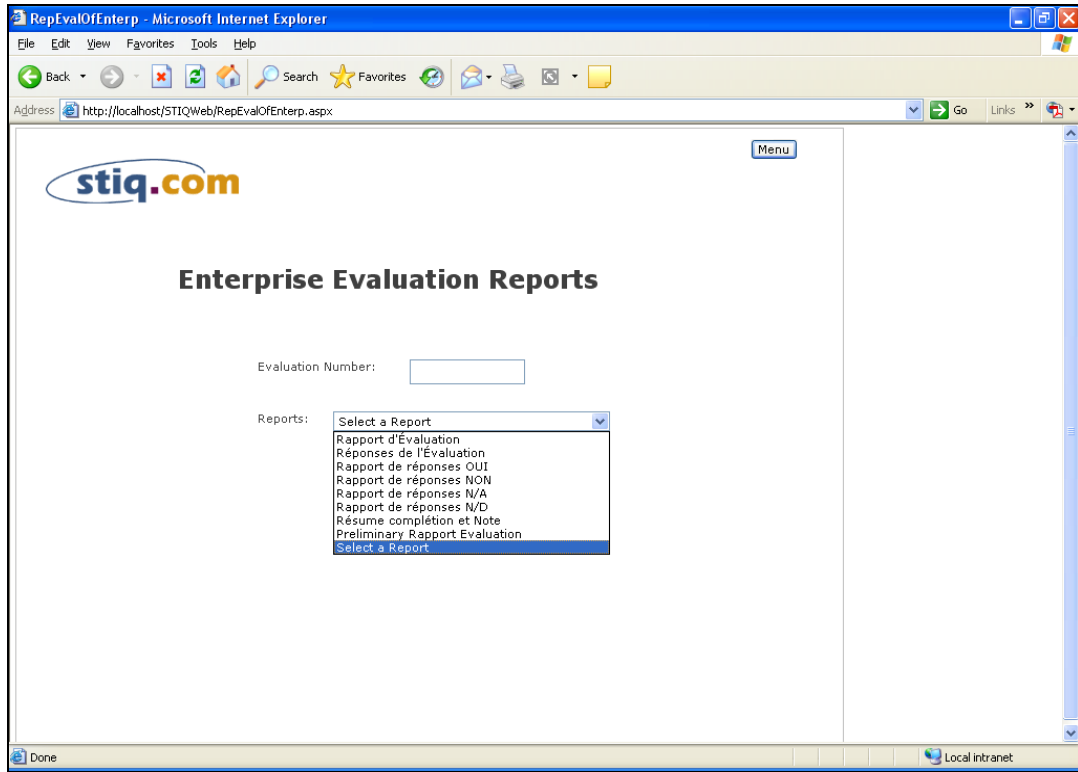


Figure 17.47 Écran des rapports de l'évaluation.

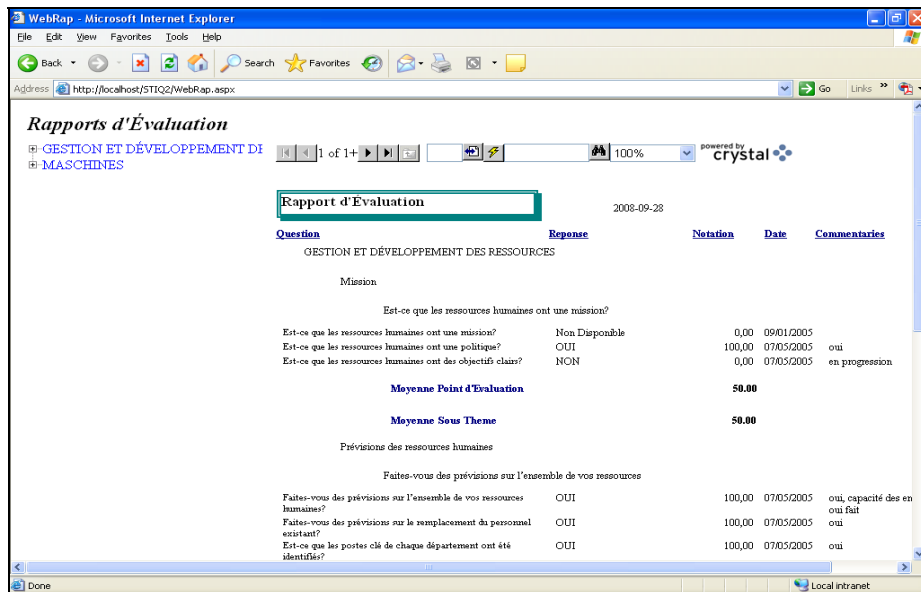


Figure 17.48 Rapport du résultat de l'évaluation.

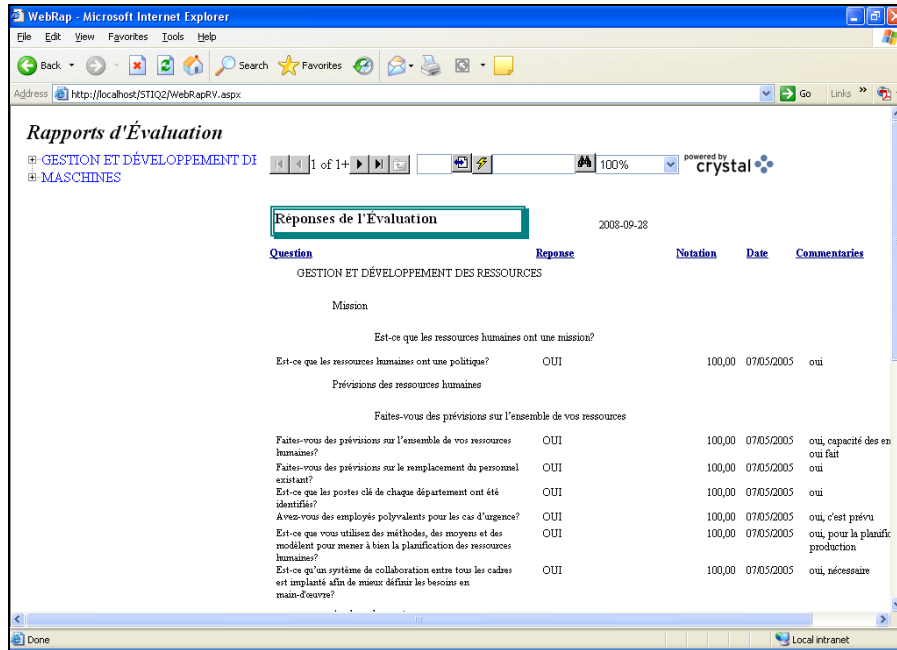


Figure 17.49 Rapport des réponses de l'évaluation.

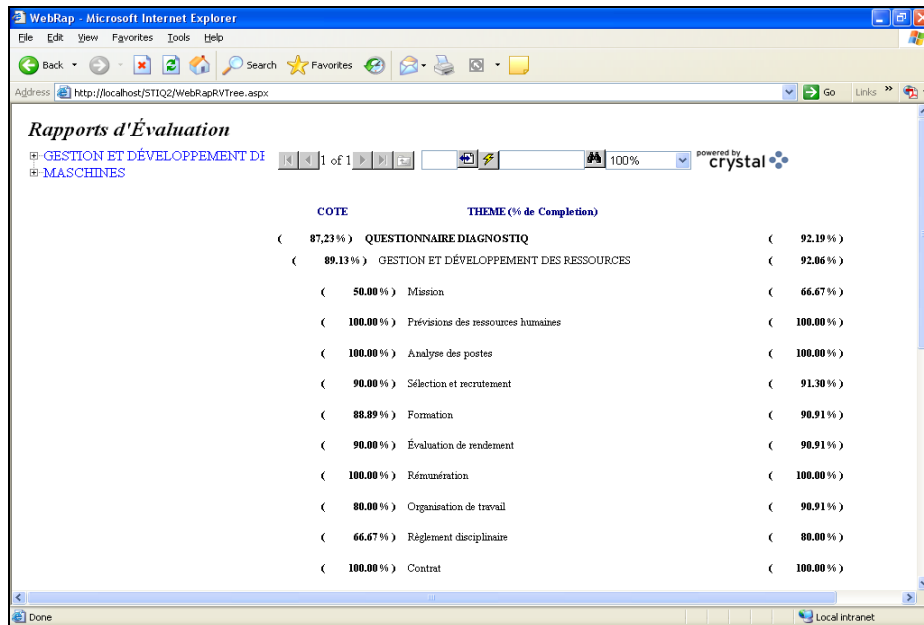


Figure 17.50 Notation (drill-down) de l'évaluation.

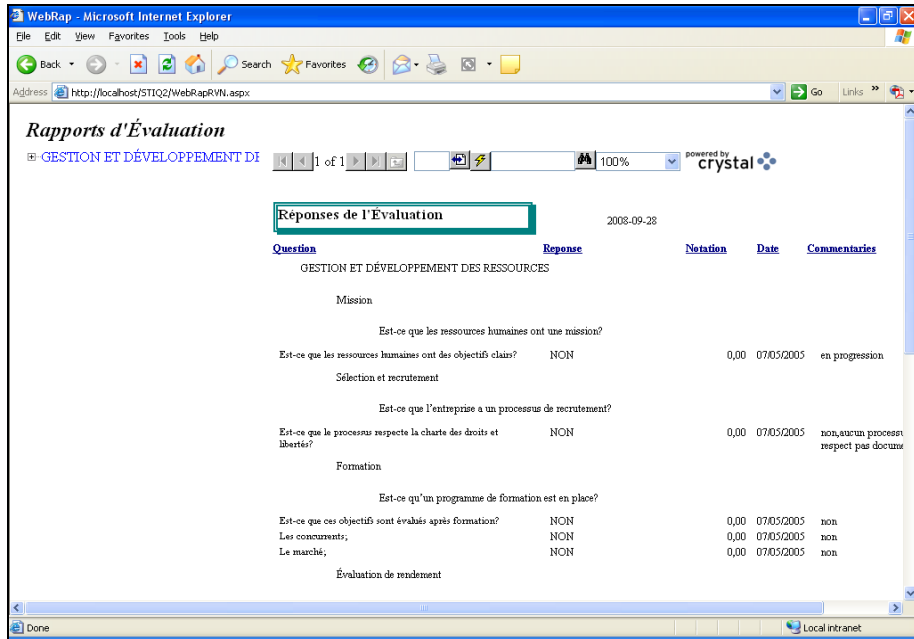


Figure 17.51 Rapport des réponses NON de l'évaluation.

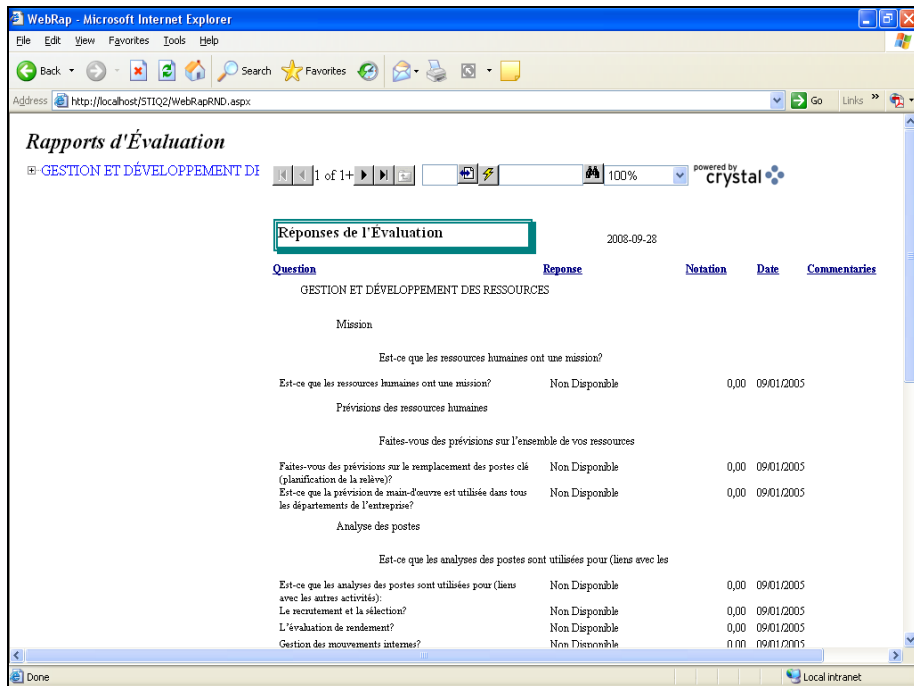


Figure 17.52 Rapport des réponses Non Disponible.

<u>RAPPORT DE L'ÉVALUATION</u>	
GESTION DES RESSOURCES HUMAINES*	
Forces	Opportunités
<p>Avoir un processus de recrutement bien documenté est un gage de réussite pour engager les meilleures professionnelles.</p> <p>Lier la politique de rémunération au rendement est important pour certain travailleurs. Il doit exister au moins deux évaluations des employés par année.</p>	<p>Pas de travail en équipe. Il est important de créer des équipes multidisciplinaires pour bien gérer les problèmes.</p> <p>Il sera nécessaire de pouvoir identifier et définir un plan de formation pour chaque employé clé de l'entreprise.</p>
<p>* Questions choisies comme importantes pour cette fonction. Sa description selon le type de réponse reçue est montrée lors de l'impression du rapport.</p>	

Figure 17.53 Rapport des points saillants de l'évaluation.

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window. The address bar displays the URL: `http://localhost/STIQWeb/Pw.aspx?change=true`. The page content includes the **stiq.com** logo in the top left and a **Menu** button in the top right. The main content area features a **Change Password** form with the following fields:

- Username:**
- old Password:**
- new Password:**
- confirm Password:**

At the bottom of the form is a **change** button. The browser's status bar at the bottom indicates "Done" and "Local intranet".

Figure 17.54 Écran pour changer le mot de passe des utilisateurs.

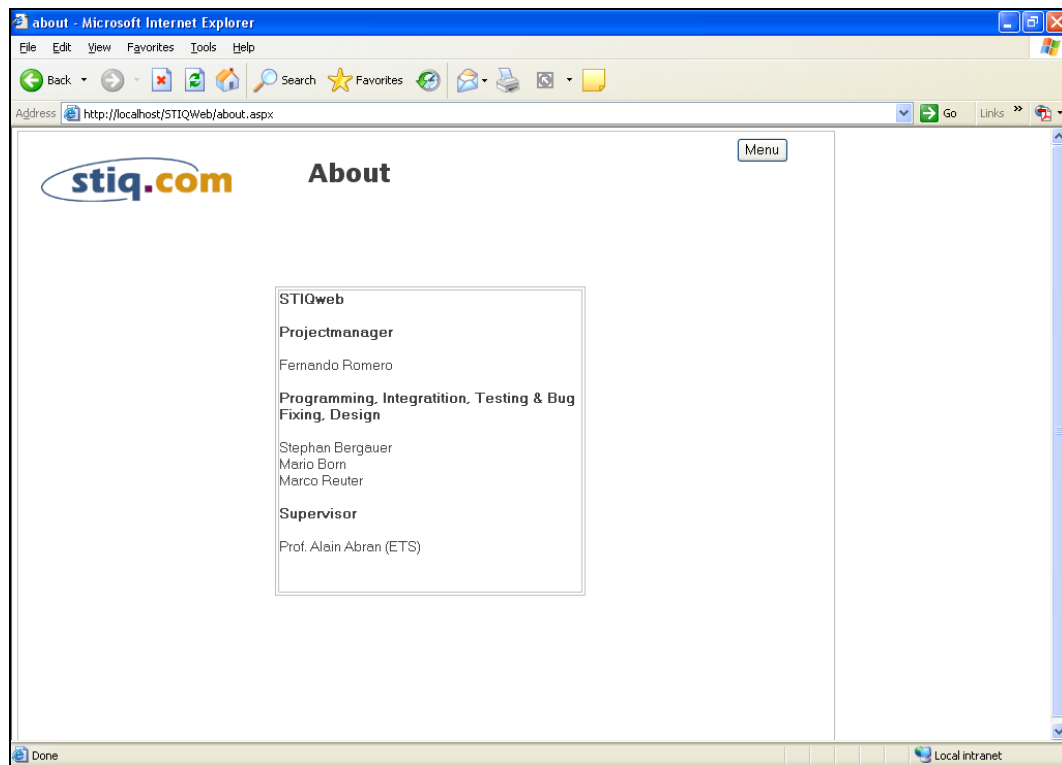


Figure 17.55 Équipe de développement du logiciel.

ANNEXE XVIII

FORMULAIRE DE RAPPORT DES INCIDENTS

Numéro d'incident:	Date:	Projet: SMPE
--------------------	-------	--------------

Description de l'incident

Origine:		Aspect affecté:	
----------	--	-----------------	--

Priorité:

Critique Élevé Moyen Minime

Catégorie de la requête:

Correction Nouvelle caractéristique Amélioration Question

Description de l'incident:

Information sur la plate-forme:

Étapes pour reproduire l'incident:

Commentaires:

ANNEXE XIX

APPLICATION DE LA LOGIQUE FLOUE AU QUESTIONNAIRE

D'abord il faut analyser les spécifications nécessaires pour pouvoir utiliser l'ensemble flou avec le questionnaire. En conséquence, une des premières tâches sera la modification du questionnaire pour assigner aux réponses une mesure appropriée, ceci pourrait être des échelles numériques ou des échelles avec valeurs linguistiques, de façon de représenter toutes les possibilités que puissent se présenter. Après, il faut établir les intervalles classiques pour ces échelles et valeurs.

Ensuite, il est nécessaire rencontrer la fonction d'appartenance, en considérant les points d'évaluation divergente qui appartiennent au questionnaire et tous les enjeux qui peuvent se présenter, pour bien définir la notation des questions. Finalement, il faut continuer avec le calcul et l'interprétation de la mesure.

En résumé, les étapes à réaliser dans chaque alternative proposée, elles seront :

- La conversion en flou des entrées (réponses),
- L'assignation de la fonction d'appartenance,
- L'algorithme de calcul de mesure,
- L'interprétation de la mesure (dans le possible).

Dans ces conditions, le problème de notation pour le questionnaire pourrait se faire de plusieurs manières :

7. Méthode 1

En utilisant la méthode proposée dans (Idri, Abran et Kjjiri, 2000) qui est de assigner des valeurs linguistiques aux réponses du questionnaire. Par exemple, prendre une échelle de type 'ordinal' comme celle du modèle COCOMO'81 intermédiaire avec ses six valeurs

linguistiques utilisés dans 15 parmi ses 17 facteurs ('very low', 'low', 'nominal', 'very high', et 'extra high') et les représenter par des intervalles classiques. D'autres travaux sur l'analyse quantitative des valeurs linguistiques se montrent aussi intéressants (Auephanwiriyaikul, Adrian et Keller, 2002; Chakraborty, 2001; Idri et Abran, 2001).

Pour opérationnaliser cette méthode, il faut d'abord assigner des valeurs linguistiques adéquates aux réponses du questionnaire, tout en considérant la diversité des points d'évaluation. Ensuite, tel que décrit dans (Idri, Abran et Kjiri, 2000) il faut représenter ces valeurs par 'des ensembles flous plutôt que des ensembles classiques'. Quelques un des avantages que les auteurs de cet article mentionnent sont : (a) cette notation est plus générale, (b) cette notation interprète de façon numérique des phrases en langage naturel, et (c) la transition entre valeurs linguistiques est progressive et non brusque.

L'étape suivante sera d'établir les intervalles des valeurs pour chaque valeur linguistique et cela dépendra des objectifs de performance de l'entreprise, de l'histoire et de l'influence des environnements interne et externe, pour définir une échelle de mesure propre ou indépendante. En conséquence, la fonction d'appartenance pour cette méthode pourrait avoir la forme suivante³. Voir figure 19.1.

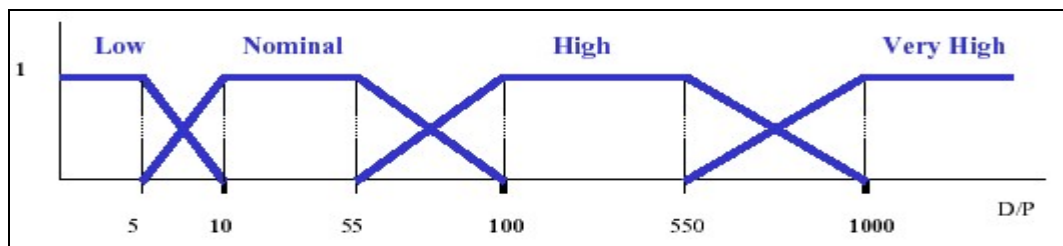


Figure 19.1 Fonction d'appartenance trapézoïdale.

³ Exemple de la fonction d'appartenance pour la valeur linguistique DATA du COCOMO'81

Comme il s'observe la fonction utilise des intervalles $[a,b]$ surtout quand il y a des situations imprécises. Ces intervalles ont de la forme trapézoïdale, conséquemment, une valeur flou dans l'intervalle $[a,b]$ aurait toujours une valeur 1.

Néanmoins, il faut savoir que cette fonction pourrait être linéaire, polynomiale, exponentielle, ou autres, et nécessite d'être bien définie et étudiée, pour pouvoir représenter de façon précise l'appartenance à l'ensemble flou des valeurs linguistiques choisis pour le questionnaire.

Méthode 2

Une autre méthode à utiliser est celle d'une échelle géométrique des nombres flous triangulaires (Boender et al, 1989 dans (Chan et al., 2003)) et (Ammar et Wright, 1995).

Un numéro flou triangulaire est une quantité floue A avec des valeurs représentées par la formule suivante:

$$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{if } a \leq x \leq b \\ \frac{x-c}{b-c} & \text{if } b < x \leq c \end{cases}$$

(Chan et al., 2003) montrent le processus de l'application de cette approche. Donc par rapport au questionnaire utilisé par STIQ, il va falloir établir d'abord les échelles de mesures de base (qui seront basées sur les meilleures pratiques qui se trouvent dans SEMS - STIQ). Une fois établies les échelles, le degré de performance flou sera obtenu, pour finalement construire l'ensemble de performance dans la forme d'un vecteur flou $G = \{A, B, C, D, E, F\}$. Ces degrés montrent les possibilités des valeurs de mesures dans l'intervalle de 0 à 1.

Conséquemment, la fonction d'appartenance résultant est la suivante. Voir figure 19.2.

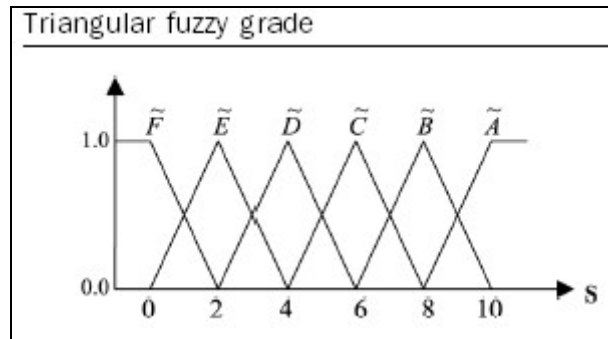


Figure 19.2 Fonction d'appartenance triangulaire.

Méthode 3

(Lee, 1996) décrit aussi l'application de valeurs linguistiques dans l'évaluation des risques dans le développement des logiciels, mais avec une fonction d'appartenance triangulaire.

En évaluant le degré de risque du développement, il assigne des poids distincts aux différents facteurs de risques. Néanmoins, si le résultat est douteux, il peut se régler en variant le poids relatif des risques assignés, jusqu'à trouver un modèle acceptable.

LISTE DE RÉFÉRENCES

- Abran, Alain, Lucie Laframboise et Pierre Bourque. 1999. *A Risk Assessment Method and Grid for Software Engineering Measurement Programs*. Montreal: Université du Québec à Montréal, Département d'informatique.
- Ammar, Salwa, et Ronald Wright. 1995. « A Fuzzy Logic Approach to Performance Evaluation ». In *Proceedings of ISUMA-NAFIPS*.
- April, Alain, Alain Abran et Reiner R. Dumke. 2003a. *Assessment of Software Maintenance Capability*. Montreal: École de Technologie Supérieure.
- April, Alain, Alain Abran et Reiner R. Dumke. 2003b. *Software Maintenance Capability Maturity Model (SM-CMM): Process Performance Measurement*. Montreal: École de Technologie Supérieure.
- Auephanwiriyaikul, Sansanee, Allyson Adrian et James M Keller. 2002. « Type 2 Fuzzy Set Analysis in Management Surveys ». *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 8.
- Bertrand, Julien. 2006. « Modélisation des meilleures pratiques pour l'évaluation des entreprises ». M. Eng., Montréal, École de Technologie Supérieure.
- Chakraborty, Debjani. 2001. « Structural quantization of vagueness in linguistic expert opinions in an evaluation programme ». *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 119, p. 171-186.
- Chan, Felix T.S., H.J. Qi, H.K. Chan, Henry C.W. Lau et Ralph W.L. Ip. 2003. « A conceptual model of performance measurement for supply chains ». *Management Decision*, vol. 41, n° 7, p. 635-642.
- Desharnais, Jean-Marc, et Alain Abran. 1995. *how to successfully implement a Measurement Program: From Theory to Practice*. Montreal: UQAM, 11-26 p.
- Fitzgerald, L., Johnston, R., Brignall, T.J., Silvestro, R., Voss, C. (1991), *Performance Measurement in Service Businesses*. London : The Chartered Institute of Management Accountants.
- Ghalayini, Alaa M., James S. Noble et Thomas J. Crowe. 1997. « An integrated dynamic performance measurement system for improving manufacturing competitiveness ». *International Journal of production Economics*, vol. 48, p. 207-225.
- Globerson, S. 1985. « Issues in developing a performance criteria system for an organisation ». *International Journal of Production Research*, vol. 23, n° 4, p. 639-46.

- Idri, Ali, et Alain Abran. 2001. *Evaluating Software Project Similarity by using Linguistic Quantifiers*. Montcal: Software Engineering Management Research Laboratory.
- Idri, Ali, Alain Abran et Laila Kjiri. 2000. « COCOMO Cost Model using Fuzzy Logic ». In *7th International Conference on Fuzzy Theory & Technology* (February 27 - March 3, 2000). Atlantic City, NJ.
- IEEE, 1012. 2004. *IEEE Standard for Software Verification and Validation*. New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.,
- IEEE, 1061. 1998. *IEEE Standard for a Software Quality Metrics Methodology*. New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.,
- ISO, ISO/IEC 9126. 2001a. *Information Technology - Software Product Quality - Part 1: Quality model; Part 2: External metrics; Part 3: Internal metrics; Part 4: Quality in use metrics*. Geneva: International Organization for Standardisation - ISO,
- ISO, ISO/IEC 14598. 2001b. *Information Technology - Software Product Evaluation - Part 5: Process for evaluators*. Geneva: International Organization for Standardisation - ISO,
- ISO, ISO/IEC 15504. 2003. *Information Technology - Process Assessment - Part 2: Performing an assessment; Part 3: Guidance on performing an assessment; Part 3: Internal metrics; Part 4: Quality in use metrics*. Geneva: International Organization for Standardisation - ISO,
- ISO, ISO/IEC 15939. 2002. *Information Technology - Software Engineering - Software Measurement Process*. Geneva: International Organization for Standardisation - ISO,
- ISO, ISO/IEC 25051. 2006. *Software engineering — Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Requirements for quality of Commercial Off-The-Self (COTS) software product and instructions for testing*. Geneva: International Organization for Standardisation - ISO,
- Jacquet, Jean-Philippe , et Alain Abran. 1997. « From Software Metrics to Software Measurement Methods: A Process Model ». In *Third International Symposium and Forum on Software Engineering Standards (ISESS'97)*, sous la dir. de Society, IEEE Computer. Walnut Creek, CA.
- Kaplan, R.S., et D.P. Norton. 1993. « Putting the balanced scorecard to work ». *Harvard Business Review*, vol. September-October, p. 134-147.
- Keegan, D.P., Eiler, R.G., Jones, C.P. (1989), « Are your performance measures obsolete? », *Management Accounting*, pp.45-50.

- Kennerley, Mike, et Andy Neely. 2002. « A framework of the factors affecting the evolution of performance measurement systems ». *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 22, n° 11, p. 1222-1245.
- Kennerley, Mike, et Andy Neely. 2003. « Measuring performance in a changing business environment ». *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 23, n° 2, p. 213-229.
- Lee, Huey-Ming. 1996. « Group decision making using fuzzy sets theory for evaluating the rate of aggregative risk in software development ». *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 80, (1996), p. 261-271.
- Love, Peter E.D., et Gary D. Holt. 2000. « Construction business performance measurement : the SPM alternative ». *Business Process Management*, vol. 6, n° 5, p. 408-416.
- Marr, Bernard, et Gianni Schiuma. 2003. « Business performance measurement - past, present and future ». *Management Decision*, vol. 41, n° 8, p. 680-687.
- McAdam, Rodney, et Brian Bailie. 2002. « Business performance measures and alignment impact on strategy: The role of business improvement models ». *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 22, n° 9, p. 972-966.
- McGarry, John et al. 2002. *Practical Software Measurement: Objective Information for Decision Makers*. Addison-Wesley.
- Meyer, Marshall W. 2002. *Rethinking Performance Measurement: Beyond the balanced scorecard*. UK: Cambridge University Press.
- Nadeau S. et Abran A. 2003, « Design d'un système d'aide à la décision à l'évaluation de la sous-traitance industrielle ». Montreal: École de Technologie Supérieure.
- Neely, Andy. 1999. « The performance measurement revolution: why now and what next? ». *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 19, n° 2, p. 205-228.
- Neely, Andy, Mike Bourne et Mike Kennerley. 2000. « Performance measurement system design: developing and testing a process-based approach ». *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 20, n° 10, p. 1119-1145.
- Neely, Andy, Mike Gregory et Ken Platts. 1995. « Performance measurement system design: A literature review and research agenda ». *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 15, n° 4, p. 80-116.
- Nguyen, Hung T, et Elbert A. Walker. 2000. *A first course in fuzzy logic*. New York: Chapman & Hall/CRC.

- O'Mara, Charles E., Paul W. Hyland et Ross L. Chapman. 1998. « Performance measurement and strategic change ». *Managing Service Quality*, vol. 8, n° 3, p. 178-182.
- Rangone, Andrea. 1996. « An analytical hierarchy process framework for comparing the overall performance of manufacturing departments ». *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 16, n° 8, p. 104-119.
- Santos, Sérgio P., Valerie Belton et Susan Howick. 2002. « Adding value to performance measurement by using system dynamics and multicriteria analysis ». *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 22, n° 11, p. 1246-1272.
- STIQ. 2003. *Documentation promotion service Diagno-STIQ*. Montréal: Sous-Traitance Industrielle Québec.
- Vakkuri, Jarmo, et Pentti Meklin. 2003. « The impact of culture on the use of performance measurement information in the university setting ». *Management Decision*, vol. 41, n° 8, p. 751-759.
- Verweire, Kurt, et Lutgart Van den Berghe. 2003. « Integrated performance management: adding a new dimension ». *Management Decision*, vol. 41, n° 8, p. 782-790.
- White, Gregory P. 1996. « A survey and taxonomy of strategy-related performance measures for manufacturing ». *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 16, n° 3, p. 42-61.
- Wilcox, Mark, et Mike Bourne. 2003. « Predicting performance ». *Management Decision*, vol. 41, n° 8, p. 806-816.
- Wisner, J.D., et S.E. Fawcett. 1991. « Link firm strategy to operating decisions through performance measurement ». *Production and Inventory Management Journal*, n° Third Quarter, p. 5-11.
- Yang, Kai, et Basem El-Haik. 2003. *Design for Six Sigma: A roadmap for product development*. McGraw-Hill.