

## CHAPITRE 9

### DÉROULEMENT DE LA RECHERCHE

Ce chapitre décrit le déroulement des travaux de recherche pour réaliser ce travail. Une description des étapes d'exécution des tâches est fournie pour résumer les principales activités faites dans cette thèse.

#### 9.1 Introduction

Afin de réaliser ce travail, un plan a été développé au début de l'activité de recherche. Le plan a subi plusieurs changements et plusieurs ajustements pour répondre aux attentes et aux contraintes des partenaires de la recherche et pour tenir compte des ressources disponibles pour réaliser la thèse. Les sections suivantes décrivent sommairement ces différentes phases.

#### 9.2 Sélection des FUR

Pour développer le référentiel, un ensemble de FUR a été sélectionné. Comme indiqué auparavant, l'ensemble de FUR est constitué de huit fonctionnalités utilisateurs requises.

Cinq des FUR proviennent de la norme ISO 14143-4 :

1. Automatic Line Switching System;
2. Hotel Reservation System;
3. L-Euchre Application;
4. SAGA System;
5. Valve Control System;
6. Un autre ensemble de FUR appartient à l'application Rice Cooker (LRGL, 2004);
7. Course Registration System;
8. Collegiate Sports Paging System.

Les deux dernières FUR appartiennent aux deux logiciels fournis comme matériel de formation par le processus Rational Unified Process.

### **9.3 Le processus de mesurage**

Après la sélection des FUR, le mesureur en fait l'analyse. Ici, le mesureur est l'étudiant mandataire. Il ajoute les diagrammes des cas d'utilisation et de séquences d'UML pour une meilleure compréhension des fonctionnalités du logiciel à mesurer. Dans le cas où ces diagrammes existent déjà dans la documentation du logiciel à mesurer, le mesureur les étudie et les ajoute dans le rapport de mesure. Puis, il fait l'opération de la mesure. L'opération consiste en l'application de la méthode COSMIC-FFP sur les FUR choisies.

Les paragraphes suivants, tirés du Guide COSMIC d'application de la norme ISO 19761 (COSMIC-FFP) (A. Abran et al., 2003), décrivent la méthode. COSMIC-FFP offre une méthode normalisée pour mesurer la taille fonctionnelle du logiciel des domaines fonctionnels généralement désignés sous le nom de logiciel « d'application de gestion » (ou MIS) et logiciel « temps réel ». La méthode de mesure COSMIC-FFP consiste à appliquer un ensemble de règles et de procédures sur un logiciel donné, tel qu'il est perçu par ses utilisateurs, c'est-à-dire à travers les besoins fonctionnels. Le résultat de l'application de ces règles et de ces procédures est un nombre représentant la taille fonctionnelle du logiciel, c'est-à-dire une valeur quantitative. La figure 17 représente ce processus.

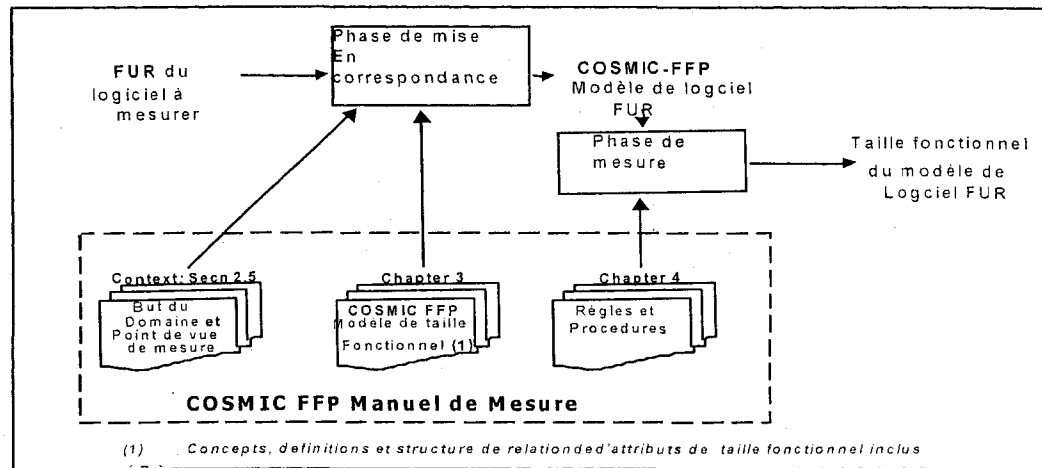


Figure 17 Modèle de mesure COSMIC-FFP (Abran et al., 2003)

La méthode considère la mesure de la taille fonctionnelle du logiciel à travers deux phases distinctes : la mise en correspondance du logiciel à mesurer avec le modèle de logiciel de COSMIC-FFP et la mesure des aspects spécifiques de ce modèle de logiciel.

La méthode générale du processus de mise en correspondance du modèle de logiciel générique COSMIC-FFP est résumée à la figure 18.

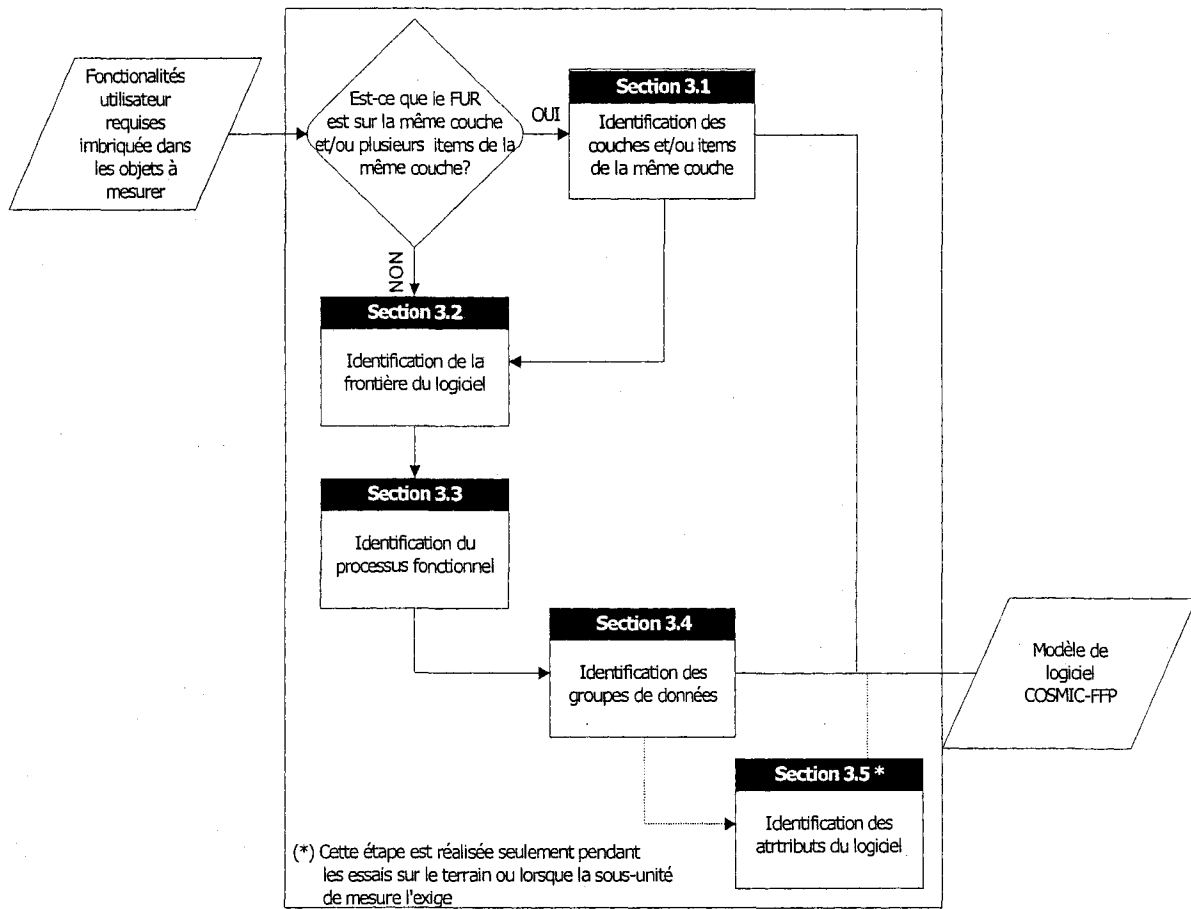


Figure 18 Méthode générale de mise en correspondance COSMIC-FFP

La dérivation de la taille fonctionnelle du logiciel mesuré est indépendante de l'effort requis pour développer ou maintenir ce logiciel. Elle est aussi indépendante de la méthode utilisée pour développer ou pour maintenir le logiciel ou encore indépendante de tout composant technologique ou physique de ce logiciel.

La procédure générale, pour mesurer une pièce de logiciel à partir du modèle générique de logiciel COSMIC-FFP, est résumée à la figure 19.

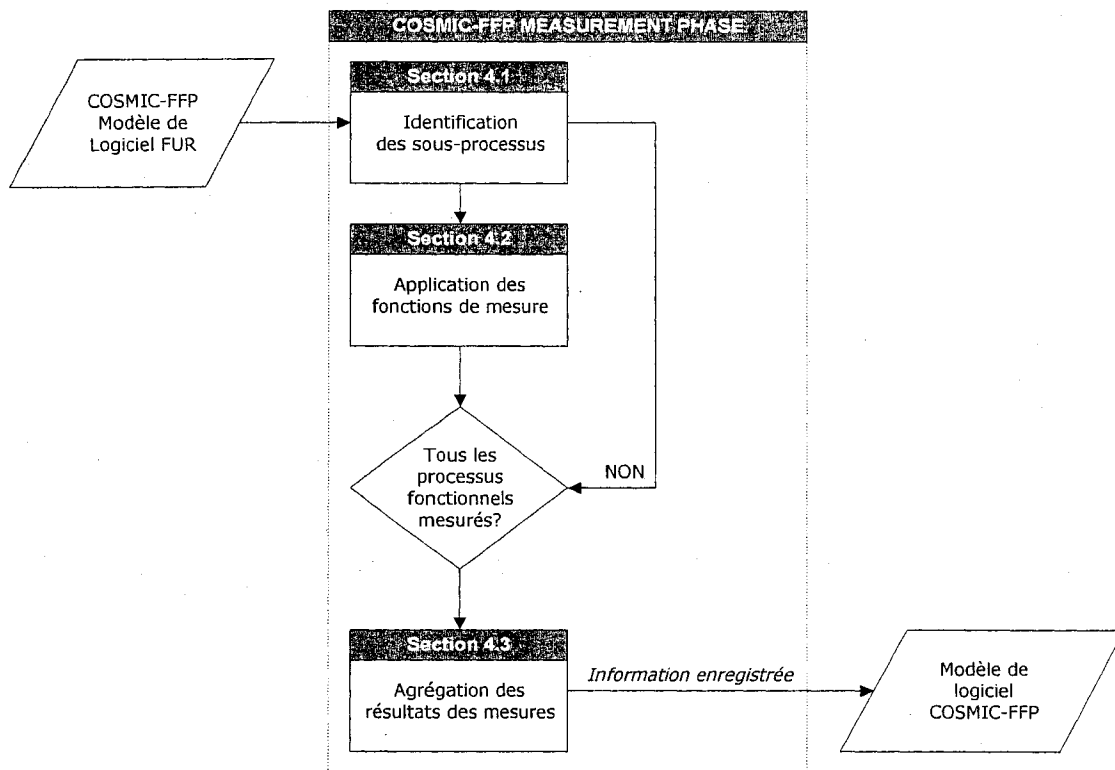


Figure 19 Procédure générale de la phase de mesure COSMIC-FFP

En parallèle, des étudiants en cycle supérieur, inscrits au cours gradué SYS861 La mesure : concept clef en ingénierie du logiciel (2003 et 2004), ont fait la mesure des mêmes FUR en 2003 et en 2004.

Le mesureur analyse ensuite les résultats des étudiants gradués pour situer ses interprétations des FUR par rapport à celles des étudiants, afin d'éliminer les éventuels ambiguïtés qui peuvent exister dans le résultat de mesure.

#### 9.4 Gabarit d'étalon utilisé

Comme vu au chapitre précédent de méthodologie, l'élaboration finale du gabarit d'étalon est faite à partir des gabarits réalisés par le groupe COSMIC et le Laboratoire de recherche en génie logiciel (GÉLOG) de l'École de technologie supérieure. Le premier format du gabarit, développé en 2000, a été celui des *case studies* préparés par le groupe COSMIC et mis dans le domaine public sur le site web géré par le GÉLOG.

Le deuxième format a été ensuite développé en 2004 par le GÉLOG après l'adoption de la norme ISO 19761 (COSMIC-FFP) et dans le contexte de la préparation de matériel de cours pour la formation en Indes sur la norme ISO 19761.

Le tableau 22 suivant présente une comparaison entre les deux gabarits :

Tableau XXII

La comparaison entre les deux gabarits

No de section	Gabarit 1	Gabarit 2
1	L'introduction donne un bref aperçu sur l'étude de cas et les étapes de la mesure. Le profil de l'application définit le type de logiciel à mesurer et son domaine d'application.	L'aperçu a deux sections : L'introduction qui donne un bref aperçu sur le logiciel et définit le type de logiciel à mesurer ainsi que son domaine d'application; Le point de vue de la mesure, son but et sa portée qui détermine quel point de vue est utilisé pour faire la mesure, résume le but de la mesure et délimite sa portée.
2	L'identification de la frontière COSMIC-FFP des fonctionnalités utilisateurs requises du logiciel à mesurer décrit la frontière et les utilisateurs du logiciel.	Les exigences – comme documentées dans le document SRS ( <i>Software Requirements Specifications</i> ) : cette section présente les exigences et les spécifications fonctionnelles du logiciel à mesurer comme décrites par les documents SRS disponibles. Ces sont les documents utilisés pour faire la mesure.

Tableau XXII (Suite)

La comparaison entre les deux gabarits

No de section	Gabarit 1	Gabarit 2
	L'identification des événements déclencheurs, processus fonctionnels et groupes de données COSMIC-FFP candidats la méthode COSMIC-FFP.	L'équivalent de cette section pour le gabarit se trouve dans son annexe.
3	Identification des événements déclencheurs, processus fonctionnels et groupes de données candidats	<p>La procédure de mesure COSMIC-FFP a six sections :</p> <p>L'identification des couches permet de définir les couches du logiciel à mesurer ;</p> <p>L'identification des utilisateurs donne la liste des utilisateurs du logiciel à mesurer ;</p> <p>L'identification de la frontière COSMIC-FFP des fonctionnalités utilisateurs requises du logiciel à mesurer décrit la frontière et les utilisateurs du logiciel;</p> <p>L'identification des événements déclencheurs identifie les événements déclencheurs candidats, selon la méthode COSMIC-FFP, qui ont amorcé les processus fonctionnels du logiciel en mesure;</p> <p>L'identification des groupes de données définit les groupes de données candidats, selon la méthode COSMIC-FFP, qui interagissent pour produire les fonctionnalités du logiciel en question;</p> <p>L'identification des processus fonctionnels décrit les processus fonctionnels candidats, selon la méthode COSMIC-FFP, du logiciel en mesure. Cette section permet aussi d'évaluer les événements déclencheurs, les groupes de données et les processus fonctionnels candidats si sont des items de COSMIC-FFP.</p>

Tableau XXII (Suite)

La comparaison entre les deux gabarits

No de section	Gabarit 1	Gabarit 2
4	Arrimage des items candidats identifiés dans le modèle logiciel de COSMIC-FFP pour associer chaque processus fonctionnel à un/des événement(s) déclencheur(s) et d'évaluer si les items sont des items COSMIC-FFP.	L'identification des mouvements de données comprend l'application de la fonction de mesure COSMIC-FFP permet de déterminer les mouvements de données et d'assigner 1 Cfsu (unité de COSMIC-FFP) à chaque mouvement de données.
5	L'identification des sous-processus fonctionnels et application de la fonction de mesure COSMIC-FFP permet de déterminer les mouvements de données et d'accorder 1 Cfsu (unité de COSMIC-FFP) à chaque mouvement de données.	L'analyse des résultats de mesure fournit des tableaux récapitulatifs des résultats de mesure. Ces tableaux montrent la distribution des mouvements de données (E, R, W, X) par processus fonctionnel, la contribution de chaque processus fonctionnel à la taille totale et le pourcentage des mouvements de données par rapport à la taille totale du logiciel. Cette section montre aussi un graphique sur la proportion de chaque mouvement de données dans la taille totale du logiciel.
6	Le sommaire de la mesure COSMIC-FFP résume la mesure en tableaux récapitulatifs.	Les observations décrivent l'évaluation du mesureur de la qualité de la documentation fournie pour faire la mesure.
7	Les questions et les réponses présentent les questions et les réponses suggérées par le mesureur pendant le processus de mesure.	Les questions et les réponses présentent les questions et les réponses suggérées par le mesureur pendant le processus de mesure.

De plus, cette thèse ajoute au gabarit 2 les sections suivantes :



- Le diagramme UML - cas d'utilisation permet de traduire les fonctions du système en utilisant le même formalisme de documentation;
- Le diagramme de séquence UML permet de spécifier les interactions qui existent entre les objets du système.

La raison principale de choisir cette structure d'étalon est d'uniformiser le formalisme des modèles de rapport d'étalons et de faire l'arrimage avec les règles de la méthode de mesure COSMIC-FFP.

Il est essentiel de noter que c'est la première fois que cette structure est exposée dans ce genre de travail.

## 9.5 L'intervention des experts

L'intervention des experts se fait de trois façons : Il y a des experts qui sont impliqués dès le début du processus de mesurage avec l'équipe de mesureurs du GÉLOG; d'autres fournissent leurs résultats de mesure; enfin, d'autres font la vérification de la mesure.

En effet, quand ce projet a été présenté aux experts (17), ils ont tous affirmé leur intérêt et leur implication dans le projet (sauf un seul cas où l'expert, bien qu'ayant indiqué un grand intérêt pour cette recherche, ne pouvait pas participer faute de disponibilité de temps).

Actuellement la participation des experts se continue, cependant la période de leur participation dépasse la période du doctorat de l'étudiant mandataire. Des travaux ultérieurs à la période de doctorat sont envisagés pour continuer à améliorer le référentiel. Une hypothèse à considérer dans ce travail de recherche est que l'expertise des experts internationaux est correcte et exhaustive : des discussions poussées sur les résultats de mesure avec les experts à travers des forums de discussion sont en cours afin de clarifier toute interprétation qui pourrait prêter à des résultats de mesure non concordant d'un mesureur à l'autre et d'essayer d'établir des résultats de mesure avec une valeur conventionnellement vraie : « Étant donné qu'une valeur vraie ne peut pas

être déterminée, dans la pratique on utilise une valeur conventionnellement vraie » (ISO, 1993).

Selon l'organisation internationale de métrologie légale (OIML, 2002) la valeur conventionnellement vraie d'une grandeur est la valeur attribuée à une grandeur particulière et reconnue, parfois par convention, comme la représentant avec une incertitude appropriée pour un usage donné. Par exemple, en un lieu donné, la valeur attribuée à la grandeur réalisée par un étalon de référence peut être prise comme étant une valeur conventionnellement vraie. À noter que la valeur conventionnellement vraie est quelquefois appelée valeur assignée, meilleure estimation de la valeur, de la valeur convenue ou de la valeur de référence. « On utilise souvent un grand nombre de résultats de mesures d'une grandeur pour établir une valeur conventionnellement vraie » (OIML, 2002).

Ce travail de préparation des résultats de mesure (i.e. le mesurage) est fait de façon itérative. Voici des exemples de questions à se poser pour chaque itération :

- Est-ce que le résultat de la mesure obtenu correspond à celui de l'itération précédente?
- Est-ce qu'un autre expert pourrait vérifier ce résultat et être d'accord?
- Est-ce que je puis me servir de la démarche pour parfaire mes résultats dans les prochaines itérations?

## **9.6 Le développement d'un site web**

Une fois que le processus de mesurage est réalisé par les différents partenaires dans cette recherche, un rassemblement des documents et un arrimage entre les opinions de l'équipe du GÉLOG avec ceux des experts sur toutes les parties de l'étalon sont faits pour développer un consensus sur le contenu et l'exactitude de l'étalon.

Dès que le consensus est établi, un affichage d'une première version des étalons avec les exigences, les cas d'utilisation et les diagrammes de séquence, est fait sur le web pour consultation et pour une éventuelle amélioration.

Dans tous les cas, il est souhaitable de rendre disponible le référentiel sur Internet pour des expérimentations plus poussées auprès des mesureurs et des experts. À cet effet, un site web a été développé pour faciliter l'accès aux étalons de mesure pour les experts (et éventuellement pour les personnes intéressées par le développement du référentiel et selon un protocole à être développé après la fin de la thèse).

Le site web (figure 20) se trouve dans l'adresse suivante :

[www.gelog.etsmtl.ca/FSMetalons](http://www.gelog.etsmtl.ca/FSMetalons).

Quebec University - Engineering School of High Technology (ELS)  
Software Engineering Management Research Laboratory (GELOG)  
**Software Functional Size Measurement Standard Etalons - Project**  
Software Functional Size Measurement Standard Etalons

**Dear members;**  
We have the pleasure to present to you our project about building Software Functional Size Measurement standard etalons with COSMIC-FPP (ISO 19761).  
A standard etalon is a material measure, measuring instrument, reference material or measuring system intended to define, realize, conserve or reproduce a unit or one or more values of a quantity to serve as a reference.  
Examples: 1 kg mass standard, 100 Ω standard resistor, standard ammeter, caesium frequency standard  
(VIM 1993: International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, International Organization for Standardization, Geneva, 1993.)

The table below shows the verification level (VL) of the standard etalons in ascending order are :

Verification Level	Rank
Adel Khelifi	A
Individual Expert	B
Charles Symoens - Joint Project Leader of COSMIC	C
COSMIC-Committee	D
ISO-WG12-TR	E
ISO International Standard	F

Work in progress - list of drafts for standard etalons.

No	DESCRIPTION	RELATED DOCUMENTS	RELATED UML DIAGRAMS	MEASUREMENT DOCUMENTS	VL
1	Automatic Line Switching (ALS)	ISO 14143-1 - RUP, B9	GELOG Version	Version 1	F
2	Quarry Application (SAGA)	ISO 14143-1 - RUP, B10	GELOG Version	Version 1	F
3	Value Control	ISO 14143-1 - RUP, B9	GELOG Version	Version 1	F
4	Hotel Reservation System (HRS)	ISO 14143-1 - RUP, A1	GELOG Version	Version 1	F
5	E-Coach System	ISO 14143-1 - RUP, B11	GELOG Version	Version 1	D
6	Rice Cooker	Rice Cooker Requirements	GELOG Version	Version 1	F
7	Course Registration System (CRS)	CRS-RUP	RUP Version	Version 1	F
8	Collegiate Sports Pacing System (CSPS)	CSPS-RUP	RUP Version	Version 1	F

To see the on-going discussions, please go to the **FORUM**. © Copyright 2005. All rights reserved. Contact: Adel Khelifi

Figure 20 Site web des étalons de mesure

En outre, un forum de discussion a aussi été développé pour les personnes intéressées par ce projet afin de leur permettre d'enregistrer leurs commentaires et d'échanger des avis. Le forum se trouve à l'adresse suivante :

[www.gelog.etsmtl.ca/FSMetalons/disc2\\_tocf.htm](http://www.gelog.etsmtl.ca/FSMetalons/disc2_tocf.htm)

Un exemple d'interaction par le forum est présenté à la figure 21.

Quebec University - Engineering School of High Technology (ÉTS)  
Software Engineering Management Research Laboratory (GÉLOG)  
**Software Functional Size Measurement Standard Etalons - Project**  
Software Functional Size Measurement Standard Etalons

**Dear members;**  
We have the pleasure to present to you our project about building Software Functional Size Measurement standard etalons with COSMIC-FPP (ISO 19761).  
A standard etalon is a material measure, measuring instrument, reference material or measuring system intended to define, realize, conserve or reproduce a unit or one or more values of a quantity, to serve as a reference.  
Examples: 1 kg mass standard, 100 Ω standard resistor, standard ammeter, caesium frequency standard  
(VIM 1993: International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology; International Organization for Standardization, Geneva, 1993.)

The table below shows the verification level (VL) of the standard etalons in ascendant order are :

Verification Level	Rank
Adel Khelifi	A
Individual Expert	B
Charles Symons - Join Project Leader of COSMIC	C
COSMIC-Committee	D
ISO-WG12-TR	E
ISO International Standard	F

Work in progress - list of drafts for standard etalons.

No	DRAFTS TITLE	REFERENCE DOCUMENTS	RELATED UML DIAGRAMS	MEASUREMENT DOCUMENTS	VL
1	Automatic Lane Switching (ALS)	ISO 14743-1 - RLR B8	GÉLOG Version	Version 1	F
2	Gateway Application (SAGA)	ISO 14743-1 - RLR B10	GÉLOG Version	Version 1	F
3	Waive Control	ISO 14743-1 - RLR B9	GÉLOG Version	Version 1	F
4	Hotel Reservation System (HRS)	ISO 14743-1 - RLR A1	GÉLOG Version	Version 1	F
5	E-Enchire System	ISO 14743-1 - RLR B11	GÉLOG Version	Version 1	B
6	Rice Cooker	Rice Cooker Requirements	GÉLOG Version	Version 1	D
7	Course Registration System (CRS)	CRS-RUP	RUP Version	Version 1	F
8	Kollegiate Sports Paying System (CSPS)	CSPS-RUP	RUP Version	Version 1	F

To see the on-going discussions, please go to the [FORUM](#). © Copyright 2005. All rights reserved. Contact: Adel Khelifi

Figure 21 Forum de discussion sur les étalons de mesure

La mise en place de cette infrastructure légère a favorisé une bonne collaboration entre les différentes parties prenantes de ce projet et une bonne vérification de la qualité de la première version des étalons proposés dans cette thèse. Les partenaires principaux impliqués dans ce projet sont : le Laboratoire de recherche en génie logiciel (GÉLOG) de l'ÉTS, des gestionnaires de produits de Rational Unified Process, des étudiants des cycles supérieurs en génie logiciel, le co-directeur du groupe COSMIC – M. Charles

Symons, des membres du groupe COSMIC et des membres du groupe de travail ISO/IEC JTC1/SC7 WG12.

### 9.7 Personnes impliquées dans la construction des étalons

Les tableaux 23 à 30 suivants, tirés des rapports des étalons aux annexes, présentent les personnes (voir Annexe 8) impliquées dans la construction de chaque étalon.

Tableau XXIII

#### Étalon 1 - Automatic Line Switching System

Date	Réviseurs	Modifications / Additions
2004-08-26	Étudiant mandataire	Première version
2004-08-29	1 <sup>er</sup> expert international	Révision
2004-09-01	Étudiant mandataire	Révision
2004-09-11	2 <sup>e</sup> expert international	Révision
2005-03-11	2 <sup>e</sup> expert international	Révision
2005-06-01	3 <sup>e</sup> expert international	Révision

Tableau XXIV

#### Étalon 2 - SAGA System

Date	Réviseurs	Modifications / Additions
2004-03-12	Groupe d'étudiants de l'ÉTS de cycles supérieurs	Résultat de la mesure
2005-02-06	Étudiant mandataire	Premier Draft
2005-05-18	Expert international	Révision

Tableau XXV

#### Étalon 3 - Valve Control System

Date	Réviseurs	Modifications / Additions
2003-01-20	1 <sup>er</sup> expert international	Premier <i>draft</i>

Tableau XXV (Suite)

## Étalon 3 - Valve Control System

Date	Révisseurs	Modifications / Additions
	2 <sup>e</sup> expert international	
2004-08-16	Étudiant mandataire	Révision du document, ajout des diagrammes UML
2004-08-16	1 <sup>er</sup> expert international	Révision et ajout des Références Utilisateurs Requisites ISO
2004-08-21	Étudiant mandataire	Révison des figures
2004-08-23	Secrétaire	Mise à jour du format du rapport de la mesure
2004-08-25	3 <sup>e</sup> expert international	Révision complète des sections 1 à 3.7
2004-09-01	Étudiant mandataire	Révision complète à partir de la section 3.8
2004-09-06	3 <sup>e</sup> expert international	Commentaire sur les révisions ultérieures
2004-09-07	Étudiant mandataire	Application des commentaires
2004-09-17	2 <sup>e</sup> expert international	Commentaires sur les révisions ultérieures
2004-09-19	Étudiant mandataire	Application des commentaires
2005-02-02	3 <sup>e</sup> expert international	Propositions des améliorations

Tableau XXVI

## Étalon 4 - Hotel Reservation System

Date	Révisseurs	Modifications / Additions
2004-03-12	Groupe d'étudiants de l'ÉTS de cycles supérieurs	Résultat de la mesure
2005-02-02	Étudiant mandataire	Premier <i>draft</i>
2005-03-14	1 <sup>er</sup> expert international 2 <sup>e</sup> expert international 3 <sup>e</sup> expert international	Révision

Tableau XXVII

## Étalon 5 - L-Euchre Application

Date	Révisseurs	Modifications / Additions
2004-03-12	Groupe d'étudiants de l'ÉTS de cycles supérieurs	Résultat de la mesure

Tableau XXVII (Suite)

## Étalon 5 - L-Euchre Application

2005-02-02	Étudiant mandataire	Premier <i>draft</i>
2005-03-14	1 <sup>er</sup> expert international 2 <sup>e</sup> expert international 3 <sup>e</sup> expert international	Révision

Tableau XXVIII

## Étalon 6 - Rice Cooker Application

Date	Réviseurs	Modifications / Additions
99-12-06	1 <sup>er</sup> expert international 2 <sup>e</sup> expert international	Premier <i>draft</i>
2000-01-11	1 <sup>er</sup> expert international 2 <sup>e</sup> expert international 3 <sup>e</sup> expert international 4 <sup>e</sup> expert international 5 <sup>e</sup> expert international 6 <sup>e</sup> expert international	Plusieurs changements et mises à jour des résultats de la mesure.
2000-08-09	3 <sup>e</sup> expert international	Deux questions et réponses ajoutées sur la page p17. Correction mineure de l'exigence 3.
2002-03-13	3 <sup>e</sup> expert international	<i>Updates to include the Purpose and Scope step, and to Questions and Answers</i> <i>- Addition of Annex B</i>
2003-01-02	1 <sup>er</sup> expert international, 7 <sup>e</sup> expert international, 8 <sup>e</sup> expert international, .....	Mise à jour pour: - synchroniser avec le vocabulaire avec ISO 19761:2003; - clarifier quelles exigences fonctionnelles sont allouées au <i>hardware</i> et au <i>software</i> ; - séparer les exigences en trois prototypes itératifs
2005-03-02	Étudiant mandataire	Ajout des diagrammes UML

Tableau XXIX

## Étalon 7 - C-Registration System

Date	Réviseurs	Modifications / Additions
2004-08-26	Étudiant mandataire	Premier <i>draft</i>
2004-09-07	1 <sup>er</sup> expert international	Révision
2004-09-16	Étudiant mandataire	Deuxième <i>draft</i>
2005-05-14	2 <sup>e</sup> expert international	Révision

Tableau XXX

## Étalon 8 - Collegiate Sports Paging System

Date	Réviseurs	Modifications / Additions
2004-09-16	Étudiant mandataire	Premier <i>draft</i>
2004-09-29	1 <sup>er</sup> expert international	Révision
2005-05-17	2 <sup>e</sup> expert international	Révision

## 9.8 Sommaire

Ce chapitre a décrit les séquences de déroulement de l'activité de recherche pour faire ce travail. Le chapitre débute en expliquant la sélection des fonctionnalités utilisateurs requises à mesurer et le processus de mesurage. Il a décrit la façon d'intervention des experts et le développement du site web pour afficher le référentiel. Le chapitre s'est terminé avec un aperçu sur des réviseurs impliqués dans la construction de chaque étalon.

Le chapitre suivant aborde la réalisation des étalons. Il présente les différentes sections qui composent un étalon proposé dans cette thèse. Il donne aussi un exemple des huit étalons conçus dans cette recherche qui est le Valve Control System Etalon.