

Analyse d'une Mesure de la Taille Fonctionnelle du Logiciel selon la Perspective de Métrologie – Étude de cas COSMIC-FFP

Asma Sellami
asma.sellami.1@ens.etsmtl.ca

Laboratoire de Recherche en Génie Logiciel
École de Technologie Supérieure
Montréal, Québec, Canada

Alain Abran
aabran@ele.etsmtl.ca

Résumé. *Dans le but d'aider à identifier les forces des méthodes proposées pour mesurer la taille fonctionnelle du logiciel, cet article présente une approche analytique basée sur les concepts de la métrologie. Cette approche est illustrée par une étude de cas en utilisant la norme ISO 19761 : COSMIC-FFP pour la mesure du logiciel. Cette étude de cas documente les concepts de la métrologie qui sont traités dans cette norme, tant le design de la méthode de mesure que ses utilisations pratiques. Le résultat de cette analyse montre entre autres que le design de la méthode COSMIC-FFP rencontre la plupart des concepts de la métrologie. Enfin, il est suggéré que cette approche soit utilisée non seulement pour analyser les autres méthodes de mesure de la taille fonctionnelle, mais également pour toutes les autres mesures du logiciel proposées à l'industrie.*

Mots-clés : Points de fonction, métrologie VIM, mesure du logiciel, COSMIC-FFP (ISO19761).

Abstract. *To help identify the strengths of proposed functional size measurement (FSM) methods, this paper presents an analytical approach based on metrology concepts. This approach is illustrated with a case study using one specific functional size measurement method recognized as an ISO standard: COSMIC-FFP (ISO 19761). The case study documents the metrology concepts addressed in this ISO standard, either in the design of this measurement method or in some of its practical uses. It illustrates, for instance, that the design of COSMIC-FFP encompasses a large number of metrology related concepts. It is suggested that such a review using metrology criteria be used to analyze other FSM methods, as well as other software measures suggested to industry.*

Keywords: Function Points, VIM metrology, Software measurement, COSMIC-FFP, ISO 19761

1. Introduction

Plusieurs mesures du logiciel ont été proposées à l'industrie. Cependant, il n'y en a que quelques-unes qui ont franchi avec succès l'étape de normalisation internationale : mesure de la qualité dans les séries ISO 9126 [15-17] et quatre méthodes de mesure de la taille fonctionnelle (MTF) : IFPUG [11], MkII [18], NESMA [19] et COSMIC-FFP [14]. Les mesures de taille fonctionnelle (MTF) sont utilisées en particulier pour comparer la productivité des projets informatiques (entre eux ou entre les organisations), de même que pour l'estimation de l'effort du projet et pour le contrôle et le suivi des changements fonctionnels tout au long du cycle de vie du projet. L'utilisation de telles mesures normalisées est importante pour assurer une base comparable des résultats entre les projets, et entre les organisations; il n'est en effet pas pertinent de comparer entre eux des chiffres obtenus selon des processus de mesure différents et non normalisés. Sans l'utilisation de normes (idéalement officiellement reconnues au niveau de la normalisation internationale), les ententes entre les clients et les fournisseurs de logiciels sont sujettes à interprétation et à des sources de conflits potentiels et très réels.

En génie logiciel, la plupart des mesures proposées ont été conçues en se basant sur les intuitions des chercheurs et/ou sur des fondements empiriques [2, 7-10, 21], et elles sont caractérisées par la facilité du comptage de certaines entités du processus de développement. Dans leur analyse de ces entités, la plupart des chercheurs ont souvent utilisé les concepts de la « théorie de la mesure » comme une base pour leurs recherches analytiques. Cependant, la « théorie de la mesure », telle que référencée par ces auteurs, porte seulement sur un sous-ensemble de l'ensemble des concepts de mesure. En se basant sur ces concepts, les chercheurs en mesure du logiciel ont traité principalement les conditions de représentation, les propriétés mathématiques de manipulation des nombres et les conditions propres de telles manipulations [8]. Cependant, dans les autres disciplines matures de l'ingénierie, c'est plutôt l'ensemble des concepts de la « Métrologie » qui constitue la base pour le

développement et l'utilisation des normes de mesure, des processus de mesure et des instruments de mesure [3-5, 20].

Dans cet article, nous utilisons notre modèle de métrologie [3, 5] tel que documenté dans le Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie - VIM [12] pour examiner si tout l'ensemble des concepts relatifs à la métrologie a été pris en considération tant dans le design que dans l'application des méthodes de mesure du logiciel. Pour explorer cette approche, une des méthodes de mesure de la taille fonctionnelle (MTF), a été sélectionnée comme une étude de cas, soit la norme ISO 19761 - COSMIC-FFP.

Ce choix de l'étude de cas est basé sur les critères suivants : 1) lorsque comparées aux autres types de mesures de logiciels, les mesures de la taille fonctionnelle du logiciel sont supportées par des descriptions opérationnelles beaucoup plus détaillées. 2) D'autre part, seulement ce type de mesures du logiciel a franchi avec succès le processus de normalisation internationale et a déjà atteint le statut officiel de normes internationales ISO (il est à noter que les définitions des mesures dans la série ISO 9126 sont contenues dans des rapports techniques et n'ont pas encore atteint le statut de normes internationales). Cet article utilise ISO 19761 [14] comme cas de figure pour explorer si une telle mesure du logiciel couvre en elle-même tous les concepts fondamentaux de la métrologie, si ce n'est la majorité.

La section 2 présente un survol des concepts de la métrologie dans le VIM ainsi que ceux de la norme ISO 19761 (COSMIC-FFP). La section 3 présente l'analyse du design de la méthode COSMIC-FFP selon les concepts « grandeurs et unités » et « étalons » du VIM. Par la suite dans la section 4, nous utilisons nos modèles de l'ensemble des concepts de mesure tels que documentés dans le vocabulaire international ISO précité pour examiner et positionner les concepts de mesure dans COSMIC-FFP. Dans les sections 5 et 6, nous présentons l'analyse d'un prototype développé pour collecter les mesures de la taille COSMIC-FFP dans l'environnement Rational RUP [6]. Dans la section 7, nous présentons la synthèse de cette analyse de COSMIC-FFP ainsi que quelques observations et conclusions.

2. Survol du VIM et de COSMIC-FFP

2.1 Concepts fondamentaux du VIM

La métrologie constitue le domaine de connaissance de la mesure [12]. Elle inclut l'ensemble des concepts de base pour le

développement et l'utilisation des instruments de mesure et des processus de mesure dans les domaines scientifiques et d'ingénierie. La métrologie comprend tous les aspects théoriques et pratiques se rapportant à la mesure, quelle que soit l'incertitude de cette mesure. Les six catégories des concepts de métrologie décrits dans le Vocabulaire ISO du VIM [12] sont :

1. Grandeurs et unités
2. Mesurage
3. Résultats de mesure
4. Instruments de mesure
5. Caractéristiques des instruments de mesure
6. Étalons.

Notre modélisation des liens entre les termes de ce vocabulaire, regroupés ci-dessus par catégorie sont présentés à l'Annexe A, soit sous forme d'un modèle de processus, soit sous forme de tableaux lorsque ces liens sont plutôt énumératifs. Nous y référons comme une topologie de ces concepts pour illustrer l'existence des liens entre eux. Dans les sections suivantes, nous allons utiliser les modèles et les tableaux de l'annexe A pour analyser, d'une part, le design de la méthode de mesure de COSMIC-FFP et, d'autre part, l'application de cette méthode dans un cas particulier (i.e. un instrument de mesure que nous prenons comme une étude de cas pour les besoins de cette analyse).

Deux de ces six catégories des concepts de métrologie sont reliées à certains aspects du design d'une méthode de mesure, soit « grandeurs et unités » de même qu'« étalons ». Quant aux quatre autres catégories, elles portent non pas sur le design en soi d'une mesure, mais plutôt sur l'application du design d'une mesure en utilisant un instrument de mesure ainsi qu'aux caractéristiques de qualité des résultats obtenus par l'intermédiaire d'un instrument de mesure (incluant le degré inhérent d'incertitude des résultats de mesure).

2.2 Survol de COSMIC-FFP – ISO 19761

La taille d'un logiciel peut être évaluée, par exemple, soit par des mesures de longueur (i.e. les lignes de code source dans un module, le nombre de pages dans un document de spécification des exigences) ou de fonctionnalités (i.e. le nombre de points de fonction dans une spécification). Les mesures de la taille fonctionnelle peuvent être directement dérivées des spécifications et peuvent être obtenues dès le début du cycle de vie du développement du logiciel, ce qui les rend utiles pour les objectifs de

planification et durant tout le cycle de vie du projet.

Les exigences pour une méthode MTF ont été codifiées dans ISO 14143-1 [13]. La première génération des mesures de la taille fonctionnelle a été développée vers la fin des années 1970 [11, 18, 19]. La seconde génération a émergé au début des années 2000, et a été rapidement adoptée comme une norme internationale [14] : *ISO/IEC 19761 :2003 COSMIC-FFP: A Functional Size Measurement Method*. Cette méthode est basée sur l'application d'un ensemble de modèles, de règles et de procédures pour un logiciel donné, tel qu'il est perçu par ses utilisateurs, c'est-à-dire à travers les fonctionnalités utilisateurs requises (*Functional User Requirements – FUR*). Selon les règles obligatoires de ISO 14143-1 [13] sur le design d'une méthode MTF, les résultats obtenus d'une MTF doivent être indépendants de la technologie. Cette norme COSMIC-FFP est applicable pour mesurer différents types de logiciels (logiciels de gestion, temps réel, applications Internet et Web, etc.) indépendamment des technologies et des approches de développement et des décisions d'implantation dans les artefacts opérationnels du logiciel à mesurer.

COSMIC-FFP prend en considération que les FUR peuvent être décomposés en un ensemble de processus fonctionnels, et chacun de ces processus est un ensemble unique de sous-processus accomplissant soit un mouvement de données soit une manipulation de données (Figure 1). Le modèle du logiciel COSMIC-FFP distingue quatre types de mouvement de données (entrée, sortie, lecture, écriture) tel qu'illustré dans le modèle de contexte (Figure 2). Par convention, un mouvement de données COSMIC est considéré comme un mouvement d'un seul groupe de données (quelque soit son nombre d'attributs). Les entrées transfèrent un groupe de données à partir de l'utilisateur vers l'intérieur de la frontière; les sorties transfèrent un groupe de données de l'intérieur de la frontière vers l'utilisateur; les lectures et les écritures transfèrent un groupe de données à partir et vers les unités de stockage.

Dans COSMIC-FFP, à chaque mouvement de données est assigné une seule « unité de mesure » qui, par convention, est égale à 1 Cfsu (*Cosmic functional size unit*). Ainsi, la taille totale du logiciel à mesurer correspond à l'addition de tous les mouvements de données reconnus par la méthode COSMIC-FFP. Voir [1, 14] pour plus de détails au niveau des règles de mesure.

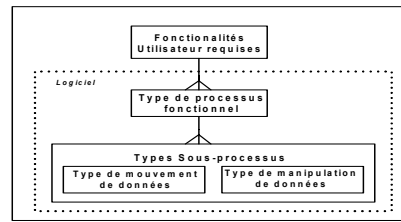


Figure 1 : Modèle général pour mesurer la taille fonctionnelle du logiciel [14]

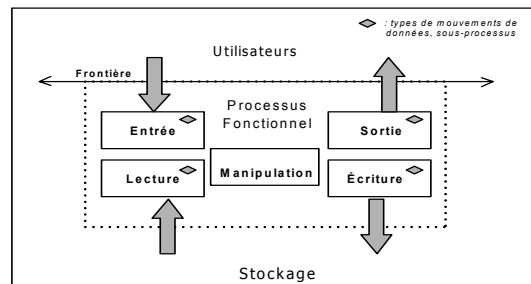


Figure 2 : Les types de mouvements de données et certaines de leurs relations [14]

3. Analyse du design de COSMIC-FFP

3.1 Grandeurs et unités

La première analyse porte sur le design de COSMIC-FFP en utilisant l'ensemble des concepts de la métrologie sur les « grandeurs et unités », comme décrit dans le Tableau A.1 - Annexe A. Le design de COSMIC-FFP nous permet de quantifier des grandeurs mesurables, équivalentes à un mouvement d'un seul groupe de données dans un processus fonctionnel, et ce dans des unités bien définies (Cfsu) – Tableau 1. Cependant, en mesure de taille fonctionnelle, il n'y a pas encore officiellement de mesure dérivée et, par conséquent, le système de grandeurs ne comprend que la seule grandeur de base définie, soit le Cfsu. Dans COSMIC-FFP, le symbole de cette grandeur de base est la représentation visuelle de Cfsu, utilisée pour représenter l'unité de mesure = 1 Cfsu. Il est à noter que dans d'autres MTF, comme les points de fonction [11], il n'y a pas d'unité de mesure, mais plutôt des fonctions d'échelle dont les poids varient de 3 à 15 [11].

Dans l'état de l'art actuel des mesures de la taille fonctionnelle, il n'y a qu'une seule unité de mesure; par conséquent il n'y a ni unité dérivée, ni unité hors système. Pour le moment, le système d'unités est donc des plus simples puisqu'il n'inclut aucun autre type d'unité. Le Tableau 1 nous montre que les sous-multiples d'unités (exemple, centigramme par rapport au kilogramme) ne sont pas encore formellement définis. De même, dans cette méthode il n'y a

qu'un seul niveau de granularité et une échelle de repérage formellement reconnue, soit le niveau du mouvement d'un seul groupe de données, indépendamment de combien d'attributs contient ce groupe de données (bien que le guide COSMIC [1] reconnaisse que certains mesureurs peuvent définir leurs propres niveaux plus fins de granularité, non-standardisés bien entendu).

Dans la dernière section du Tableau 1, l'analyse de l'ensemble des concepts relatifs à la « valeur d'une grandeur » est un peu plus complexe car, à notre avis, elle contient à la fois des concepts reliés au design d'une méthode de mesure, et d'autres reliés à son application dans des cas spécifiques. Par ailleurs, dans COSMIC-FFP, le concept d'échelle de repérage qui constitue un ensemble de repères, défini par convention comme référence, correspond à l'échelle d'un mouvement d'un groupe de données (entrée,

sortie, lecture et écriture, qui sont notés par convention en utilisant respectivement « E » pour entrée, « S » pour sortie, « L » pour lecture et « C » pour écriture). Chaque mouvement d'un groupe de données se voit attribuer, par convention dans COSMIC-FFP, une taille de 1 Cfsu. Il y a une définition normalisée de ce qui est reconnu comme « un groupe de données ». Ceci représente un ensemble discret de repères composé de : $E=S=L=C=1$.

Dans COSMIC-FFP, la « valeur numérique » du logiciel à mesurer correspond à l'addition, dans une même couche du logiciel, des valeurs assignées à chacun des mouvements identifiés de groupes de données. Cette addition donne la valeur numérique du logiciel à mesurer. En résumé, la « valeur numérique » et « l'échelle de repérage » sont explicitement définies dans la norme COSMIC-FFP.

Tableau 1 : Concepts « grandeurs et unités » de métrologie dans COSMIC-FFP

Métrologie [12]	Guide implantation COSMIC [1]	Clause ISO 19761 [14]
Système de grandeurs	(Ne comprend pour le moment qu'une seule grandeur de base)	2.5 Phase de mesure COSMIC-FFP
- Grandeur de base	Cfsu	
- Grandeur dérivée	(Non encore définie)	
Dimension d'une grandeur	(Non-explicite)	2.7 Contexte de mesure de la taille fonctionnelle
- Grandeur de dimension un / Grandeur sans dimension	(Non-déterminé)	
Unité (de mesure)	= 1 Cfsu	2.5 Phase de mesure COSMIC-FFP
- Symbole d'une unité	= Cfsu	
- Système d'unités	(Non-applicable)	
- Unité (dérivée) cohérente	(Non-applicable)	
- Système cohérent d'unités	(Non-applicable)	
- Système international d'unités (SI)	(Non-applicable)	
- Unité de base	= 1 Cfsu	
- Unité dérivée	(Aucune)	
- Unité hors système	(Aucune)	
- Multiple d'une unité	(Non encore normalisé)	
- Sous-multiple d'une unité	(Non encore défini)	
Valeur (d'une grandeur)	Valeur de la taille fonctionnelle	2.2 Modèle de processus de mesure COSMIC-FFP
- Valeur vraie	(Non -déterminée)	
- Valeur conventionnellement vraie	= Obtenue par jugement d'experts	
- Valeur numérique	= Résultat de mesurage : taille fonctionnelle	
- Échelle de repérage	= Échelle = un mouvement d'un groupe de données sans classement (indépendamment du type de mouvement) Chaque mouvement d'un groupe de données se voit attribuer la valeur de 1 Cfsu.	

3.2 Étalon

Dans le domaine de la métrologie en sciences et en ingénierie, il est pris pour acquis qu'il doit y avoir des étalons pour l'étalonnage des instruments de mesure, et pour s'assurer de la cohérence des résultats de mesure au-delà des individus, des organisations et des nations. Mais il s'agit là d'un concept qui n'a pas encore été implanté dans le domaine des mesures en génie logiciel. Ce qui peut se rapprocher le plus de ce concept du Tableau A.5 et de ses sous-concepts, c'est la préparation d'étude de cas avec une méthode de mesure de logiciels.

4. Analyse de mesurage avec COSMIC-FFP

D'après le VIM [12], le terme « mesurage » se réfère à la catégorie des termes pour l'ensemble des opérations requises afin d'obtenir un résultat de mesure (voir Figure A.2), et ceci est instancié à travers le processus général décrit dans la Figure A.1. La Figure A.2 nous montre ensuite, en utilisant la représentation graphique d'un processus, les différents concepts reliés à celui de « mesurage ». Il est à noter qu'en métrologie, la grandeur à mesurer par le moyen d'un ensemble d'opérations (et l'instrument de mesure) est aussi appelée « mesurande », c'est-à-dire la grandeur en entrée qui est appliquée à l'instrument de mesure. En se basant sur les détails de la Figure A.2, un mode opératoire prend en input un mesurande, correspondant dans la norme COSMIC-FFP aux fonctionnalités requises pour l'utilisateur (FUR), pour en produire le résultat représentant la valeur numérique de la taille fonctionnelle. Le mode opératoire pour un mesurage spécifique doit tenir compte de l'opérateur du processus (ici, le mesureur), de la méthode de mesure elle-même (ici la norme) et des grandeurs d'influence (ici, les conditions qui pourraient influencer/biaisier les résultats de mesure).

La méthode de mesure COSMIC-FFP est explicite et la grandeur d'influence, dans le cas d'un mesurage, comprend par exemple l'expertise de l'utilisateur, la qualité de la documentation disponible pour le mesurage, le temps alloué, etc. Dans COSMIC-FFP, la mesure d'une grandeur (mesurande) telle qu'elle est perçue par l'utilisateur, c'est-à-dire à travers les besoins fonctionnels (FUR), doit être transformée à travers un ensemble prescrit d'opérations logiques pour fournir une valeur numérique (un nombre représentant la taille fonctionnelle d'un logiciel). Ce nombre doit être associé à une unité

de taille (Cfsu) pour représenter le résultat de la mesure.

Dans la norme ISO 19761 [14], les « définitions » normalisées des concepts relatifs à cette méthode sont spécifiées dans la Clause 3, tandis que les séquences logiques des opérations sont décrites comme étant les « activités de mesure » en Clause 6. Selon notre point de vue, ces « définitions » et ces « activités de mesure » devraient rencontrer les concepts de métrologie pour les « principes de mesure » et la « méthode de mesure » définis dans le VIM [12]. Cependant, ces deux concepts du VIM, qui correspondent aux fondements d'une mesure selon la perspective de métrologie (Figure A.1) ne sont pas décrits dans un niveau plus fin de détails pour vérifier s'il y a ou s'il n'y a pas de correspondance totale des concepts dans cette norme [14].

Il est à noter que, dans la littérature de mesure du logiciel, les concepts « signal de mesure » et « valeur transformée » ne sont pas explicitement discutés. Bien que ces concepts ne soient pas traités dans la norme 19761 [14], ils sont cependant explicitement présentés et discutés dans le Guide COSMIC d'implantation de la norme [1], et correspondent à l'ensemble des concepts qui est catégorisé dans la « phase de mise en correspondance » entre la documentation des FURs et leur arrimage au modèle COSMIC-FFP de ces FURs. De façon plus explicite, le Guide COSMIC [1] précise que la « valeur transformée » est obtenue par la séquence suivante d'opérations : « *Le mesureur doit identifier les limites du logiciel à mesurer, identifier tous les processus fonctionnels, les déclencheurs d'événements et les groupes de données, mettre en correspondance dans un modèle de contexte logiciel en se basant sur les règles COSMIC, identifier les couches, identifier dans chaque processus fonctionnel les sous-processus, déterminer la mesure de la taille COSMIC, additionner les résultats de mesure* » [1]. Un sommaire de ces correspondances des concepts de mesurage est présenté au Tableau 2.

5. Analyse de COSMIC-FFP : Instruments de mesure et résultats de mesure

Afin d'explorer les concepts de métrologie reliés aux instruments et aux résultats de mesure, nous allons utiliser un cas particulier, soit celui du prototype d'automatisation de COSMIC-FFP dans l'environnement RUP-Rational Rose décrit en [6].

5.1 Instruments de mesure

Une mesure est normalement réalisée à partir d'instruments de mesure lesquels, dans les milieux scientifiques et d'ingénierie (et aussi commerciaux), sont étalonnés en utilisant des étalons de référence. La Figure A.3 illustre par exemple la « chaîne de mesure » qui représente la suite d'éléments d'un système de mesure ou d'un instrument de mesure. Dans [6], l'équivalent d'une chaîne de mesure y est décrite et comprend, comme stimulus à l'entrée, la description des FURs de l'étude de cas utilisée, le prototype de mesure lui-même, ainsi que les résultats de

mesure comme signal de sortie. Les divers détails de correspondance dans cette étude de cas sont présentés dans le Tableau 3. La notion « d'échelle d'un appareil de mesure » est aussi incluse dans l'ensemble des concepts reliés aux instruments de mesure : elle comporte de nombreux sous-concepts comme illustrés dans le Tableau A.3. Cependant, l'application de ces concepts de métrologie dépend considérablement de la présence des multiples et des sous-multiples d'une unité de mesure. Dans l'état de l'art actuel de mesure de la taille fonctionnelle du logiciel, ces sous-concepts ne sont pas encore présents.

Tableau 2 : Concepts de métrologie « mesurage » dans COSMIC-FFP

Métrologie [12]	COSMIC-FFP [14]
Mesurande	FUR dans les artéfacts du logiciel à mesurer
Signal de mesure	Phase de mise en correspondance : Modèle du contexte de mesure et modèle du logiciel de COSMIC-FFP
Valeur transformée	Non encore examinée
Mode opératoire	Phase de mesure : règles et méthodes à appliquer à l'output de la phase de mise en correspondance comme représentées dans le modèle général de mesure de la taille fonctionnelle COSMIC-FFP du logiciel
Résultat d'un mesurage	Taille fonctionnelle du modèle général du logiciel au FUR, valeur numérique
Opérateur	Mesureur
Méthode de mesure	ISO 19761: COSMIC-FFP
Grandeur d'influence	Par exemple : expertise du mesureur, qualité de la documentation des FUR, temps alloué pour mesurer, etc.

Tableau 3 : Concepts des « instruments de mesure » et COSMIC/ RUP

Métrologie [12]	Prototype COSMIC/ RUP [6]
Chaîne de mesure	FUR + Prototype COSMIC/RUP + Résultats de la taille fonctionnelle [6]
Système de mesure :	Ensemble des éléments du prototype logiciel + procédures manuelles
Détecteur	Fonction prototype qui extrait les éléments à mesurer
Transducteur de mesure	Solution de mise en correspondance (entre COSMIC et les concepts RUP-UML de [6])
Instrument de mesure	Dans le prototype COSMIC/ RUP, l'ensemble des fonctionnalités pour implanter les règles de mesure COSMIC-FFP
Mesure matérialisée	Résultats de mesure, présentés en sortie de l'écran et conservés en mémoire
Appareil intégrateur :	Ne figure pas dans le prototype (puisque'il ne traite aucune « autre grandeur »)
Mesurande	Ensemble des FURs
Autre grandeur	Non indiqué dans ce prototype
Détail d'un instrument de mesure* :	
Dispositif d'affichage/ indicateur (+ index)	Écrans d'affichage des résultats de mesure
Appareil enregistreur/ Dispositif enregistreur	Fonction prototype qui permet l'enregistrement dans la BD

*Ce tableau n'inclut pas tous les détails de la Figure A.3

5.2 Résultats de mesure

Dans tous les cas d'instanciation de mesures, un résultat de mesure est toujours associé à une incertitude de mesure car il n'existe pas en pratique de processus parfait de mesurage.

L'incertitude de mesure est définie en métrologie comme un paramètre caractérisant la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées au mesurande [12], c'est-à-dire un intervalle centré sur la valeur mesurée et dans lequel il est fort probable de retrouver la valeur vraie (ou la valeur conventionnellement vraie).

Dans l'état actuel des connaissances en mesure de la taille fonctionnelle des logiciels, la valeur vraie est généralement obtenue par jugements d'experts en mesure. La différence des résultats obtenus par le mesureur (ou l'instrument de mesure) et par l'expert représente l'erreur (Tableau A.2).

En d'autres termes, dans [6], les résultats d'une étude de cas sont présentés. Toutefois, il s'agit d'une petite étude de cas pour fin de démonstration de la faisabilité technique des concepts d'automatisation de la norme COSMIC-FFP [14] dans l'environnement choisi RUP/Rational Rose. Pour obtenir des résultats statistiquement significatifs sur les concepts de la topologie détaillée des résultats de mesure pour ce prototype d'instrument de mesure, un ensemble plus large d'études de cas devrait être requis. Les divers détails de mise en correspondance de cette étude de cas sont présentés dans le Tableau 4.

6. Caractéristiques des instruments de mesure

La catégorie des concepts relatifs aux « caractéristiques des instruments de mesure » a été modélisée soit en caractéristiques d'utilisation, soit en caractéristiques de contrôle comme décrites au Tableau A.4 - Annexe A.

6.1 Caractéristiques d'utilisation

Dans le prototype COSMIC/ RUP [6], la présence de certaines caractéristiques d'utilisation d'un

instrument de mesure peuvent être constatées. Par exemple, en termes de caractéristiques d'opération et pour que le prototype fonctionne, il faut modéliser les FUR selon le processus RUP basé sur les formalismes UML. Pour les conditions limites, le prototype ne traite actuellement qu'une seule couche de logiciel à la fois dans des conditions assignées de fonctionnement. Pour évaluer le fonctionnement du prototype ou pour l'inter-comparaison des résultats de mesure obtenus, les conditions de référence nous indiquent qu'un processus fonctionnel doit avoir plus que deux mouvements de données. De même qu'au niveau des concepts d'affichage (calibre, intervalle de mesure, valeur nominale et l'étendue de la mesure) ils ne sont pas explorés faute de conditions expérimentales pertinentes. D'autres correspondances sont présentées dans le Tableau 5.

6.2 Caractéristiques de contrôle

Dans le prototype COSMIC/ RUP [6], les résultats de l'analyse selon les caractéristiques de contrôle d'un instrument de mesure du Tableau A.4 sont présentés dans le Tableau 6. D'autre part, la mise en correspondance avec les concepts quantitatifs (erreurs d'indication) n'est pas explorée faute de conditions expérimentales pertinentes.

Tableau 4 : Concepts des « résultats de mesure » et prototype COSMIC/RUP

Métrologie [12]	Prototype COSMIC/ RUP [6]
Types des résultats de mesure	
• Indication	Résultats détaillés et agrégés selon les gabarits proposés dans le Guide COSMIC d'implantation de la norme [1]
• Résultat brut	Résultats de mesure, avant l'intervention humaine pour ajouter l'information manquante
• Résultat corrigé	Résultats de mesure révisés, après l'ajout de l'information manquante
Mode de vérification des résultats	
• Exactitude de mesure	Dans [6], cette caractéristique n'a été testée qu'à une petite échelle avec une seule étude de cas. Il n'y a pas assez de cas pour avoir une connaissance quantitative statistiquement significative de cette caractéristique.
• Répétabilité	Un outil logiciel donne normalement les mêmes résultats dans les mêmes conditions de répétabilité (Nécessite d'être vérifié par d'autres expérimentations à plus grande échelle).
• Reproductibilité	Idem à ci-dessus
Incertitude de mesure et huit autres concepts reliés	Caractéristiques non encore explorées

Tableau 5 : Concepts des caractéristiques d'utilisation et prototype COSMIC/RUP

Métrologie [12]	Prototype COSMIC/ RUP [6]
Caractéristiques d'opération :	
• Conditions assignées de fonctionnement	Il faut modéliser les FURs selon le processus RUP basé sur les formalismes UML.
• Conditions limites	Le prototype ne traite actuellement qu'une seule couche de logiciel à la fois.
• Conditions de référence	Par exemple : un processus fonctionnel doit avoir plus que deux mouvements de données.
Caractéristiques d'affichage :	
• Calibre	Non encore exploré
• Intervalle de mesure	Non encore exploré
• Valeur nominale	Non applicable
• Étendue de mesure	Non encore explorée
• Constante	Non encore explorée
• Résolution	Non encore examinée
Caractéristiques dynamiques :	
• Caractéristique de transfert	De nouveaux niveaux d'unités de mesure ont été définis dans le prototype (Ufsu et Sfsu) mais les caractéristiques de transfert n'ont pas encore été analysées .
• Constance	Le prototype devrait préserver ses caractéristiques métrologiques au cours du temps (même, par exemple lors d'un changement de version dans chacun de ses composants logiciels).
• Discrétion	Le prototype COSMIC/RUP est un instrument discret pour la mesure du processus fonctionnel.
• Dérive	Non encore examinée
• Temps de réponse	Il existe un intervalle de temps entre le moment du signal d'entrée et le moment du signal de sortie.
• Zone morte	Non encore examinée

Tableau 6 : Concepts des caractéristiques de contrôle et prototype COSMIC/RUP

Métrologie [12]	Prototype COSMIC/ RUP [6]
Caractéristiques qualitatives :	
• Sensibilité	Un cas particulier a été identifié, par exemple pour indiquer si oui ou non il est possible de bien catégoriser les mouvements de lecture ou d'écriture. Cependant, il a été souligné que cette problématique n'avait pas d'impact (exemple de sensibilité = 0) sur la valeur numérique puisque chaque mouvement de groupe de données = 1 indépendamment de sa catégorie.
• (seuil de) mobilité	1 Cfsu, la taille minimale d'un changement à un FUR
• Exactitude d'un instrument de mesure	N'a été analysée qu'avec une seule étude de cas, et de peu d'envergure. Plus d'études de cas devront être construites et les résultats analysés, pour déterminer par exemple l'exactitude des résultats mesurés par le prototype, et sous quelles conditions.
• Justesse	Non encore examinée
• Fidélité	Le prototype donne la même valeur pour les mêmes conditions de mesure.
Caractéristiques quantitatives (de contrôle et d'estimation) :	
• Classe d'exactitude	Non encore examinée
• Erreur (d'indication) d'un instrument de mesure	Non encore examinée
• Erreurs maximales tolérées/ limites d'erreur tolérées	Non encore examinées
• Erreur au point de contrôle	Non encore examinée
• Erreur à zéro	Non encore examinée
• Erreur intrinsèque	Non encore examinée
• Erreur de justesse	Non encore examinée
• Erreur réduite conventionnelle	Non encore examinée

7. Conclusion

Dans la discipline du génie logiciel, l'analyse des mesures du logiciel est souvent discutée selon la perspective de la « théorie de mesure ». Nous avons proposé une autre approche pour analyser certains aspects des forces des mesures du logiciel, basée sur notre modélisation de l'ensemble des concepts de métrologie documenté dans le vocabulaire international termes fondamentaux et généraux de métrologie (VIM). Cette approche a été illustrée en utilisant une méthode MTF reconnue comme une norme ISO : COSMIC-FFP (ISO 19761). Dans cet article, nous avons documenté les concepts de métrologie présents dans cette norme ISO, tant dans le design de cette méthode de mesure que dans certaines de ses utilisations pratiques. En résumé, nous avons remarqué que :

- D'une part, le design de la méthode COSMIC-FFP couvre la majorité des concepts de métrologie décrits dans le VIM relatifs au design des méthodes de mesure;
- D'autre part, des études de cas à plus grande échelle devraient être requises pour l'étude des caractéristiques des instruments de mesure telles qu'identifiées dans le VIM.

La mesure est reconnue comme un concept fondamental dans toute discipline d'ingénierie. Elle nous permet de trouver l'information requise pour prendre les bonnes décisions et les actions appropriées dans un projet. Il existe de nombreuses mesures de logiciels proposées à l'industrie pour décrire quantitativement les différentes caractéristiques du logiciel.

Beaucoup de travail reste à effectuer pour étudier aussi bien le design des méthodes de mesure de logiciels que les caractéristiques des instruments de mesure pour l'instrumentation de la mesure en industrie. En effet, la plupart des concepts de métrologie reliés aux instruments de mesure devraient être explorés adéquatement par les ingénieurs du logiciel. Le cas pratique illustre également comment le modèle du VIM pourrait être utilisé non seulement pour analyser les autres méthodes MTF, mais également pour toutes les autres mesures de logiciels proposées à l'industrie. Nous suggérons donc d'utiliser l'ensemble des concepts de métrologie documentés dans le VIM comme des critères pour analyser les forces et les faiblesses des autres méthodes MTF ainsi que toute autre mesure du logiciel.

Annexe A

Les six catégories des concepts de la métrologie décrits dans le VIM –Vocabulaire ISO [12] de la métrologie sont :

1. Grandeurs et Unités : Tableau A.1
2. Mesurage : Figure A.1 et Figure A.2
3. Résultats de mesure : Tableau A.2
4. Instruments de mesure : Figure A.3, A.4, A.5, A.6 et Tableau A.3
5. Caractéristiques des instruments de mesure : Tableau A.4
6. Étalons : Tableau A.5

Nous présentons ci-après, l'ensemble des Tableaux et Figures de [3].

Tableau A.1: Topologie détaillée de l'ensemble des concepts « grandeurs et unités »

Grandeur (mesurable)			
Système de grandeur	Dimension d'une grandeur	Unité de mesure	Valeur (d'une grandeur)
Grandeur de base Grandeur dérivée	Grandeur de dimension un/ Grandeur sans dimension	Symbole d'une unité Système d'unités Unité dérivée cohérente Système cohérent d'unités Système international d'unités/ SI Unité de base Unité dérivée Unité hors système Multiple d'une unité Sous-multiple d'une unité	Valeur vraie Valeur conventionnellement vraie Valeur numérique Échelle de repérage

Tableau A.2: Topologie détaillée de la catégorie « résultat d'un mesurage »

Résultat d'un mesurage		
Types des résultats de mesure	Modes de vérification des résultats de mesure	Incertitude de mesure

Indication (d'un instrument de mesure) Résultat brut Résultat corrigé	Exactitude de mesure Répétabilité (des résultats de mesurage) Reproductibilité (des résultats de mesurage)	Écart-type expérimental Erreur (de mesure) Écart Erreur relative Erreur aléatoire Erreur systématique Correction Facteur de correction
---	--	---

Tableau A.3 : Topologie détaillée des échelles d'un appareil de mesure

Échelle (d'un appareil de mesure)	
Type d'échelle	Propriétés d'échelle
Échelle linéaire	Longueur d'échelle
Échelle non-linéaire	Étendue des indications
Échelle à zéro décalé	Division
Échelle dilatée	Longueur d'une division Échelon/ valeur d'une division Chiffraison d'une échelle

Tableau A.4 : Topologie détaillée des « caractéristiques des instruments de mesure »

Caractéristiques des instruments de mesure	
Caractéristiques d'utilisation	
<i>Caractéristiques d'opération (quantitatives)</i>	Conditions assignées de fonctionnement (valeur assignée) Conditions limites Conditions de référence (valeur de référence/ étendue de référence)
<i>Caractéristiques d'affichage (reliées à l'indication)</i>	Calibre Intervalle de mesure (étendue) Étendue de mesure Valeur nominale Constante (d'un instrument) Résolution (d'un dispositif afficheur)
<i>Caractéristiques dynamiques (reliées au temps)</i>	Caractéristique de transfert Constance Discrétion Dérive Temps de réponse Zone morte
Caractéristiques de contrôle	
<i>Caractéristiques qualitatives (statiques)</i>	Sensibilité (seuil de) mobilité Exactitude d'un instrument de mesure Justesse (d'un instrument de mesure) Fidélité (d'un instrument de mesure)
<i>Caractéristiques quantitatives de contrôle et d'estimation (reliées à l'erreur)</i>	Classe d'exactitude Erreur (d'indication) d'un instrument de mesure Erreurs maximales tolérées/ limites d'erreur tolérées Erreur au point de contrôle Erreur à zéro Erreur intrinsèque Erreur de justesse Erreur réduite conventionnelle

Tableau A.5 : Topologie détaillée d'un étalon

Étalon	
Type d'étalon	Conservation d'un étalon
Étalon international	Traçabilité
Étalon national	Étalonnage
Étalon primaire	Matériau de référence (MR)
Étalon secondaire	Matériau de référence certifié (MRC)
Étalon de référence	
Étalon de travail	
Étalon de transfert	
Étalon voyageur	

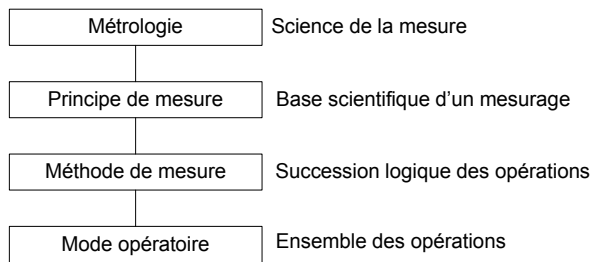


Figure A.1 : Fondements de mesure

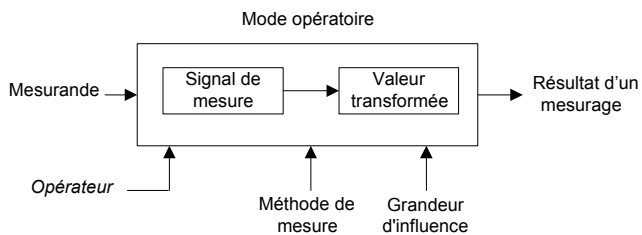


Figure A.2 : Processus de mesure –Topologie détaillée des sous-concepts

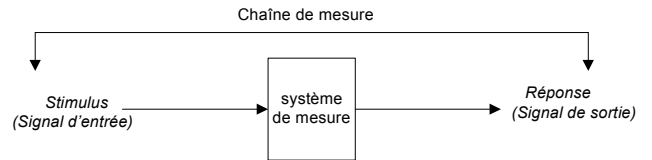


Figure A.3 : Chaîne de mesure

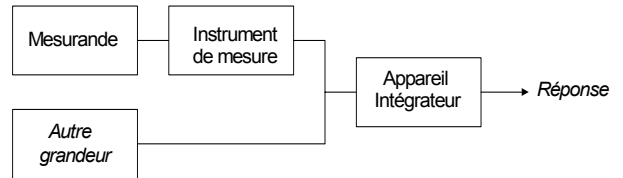


Figure A.5 : Appareil intégrateur

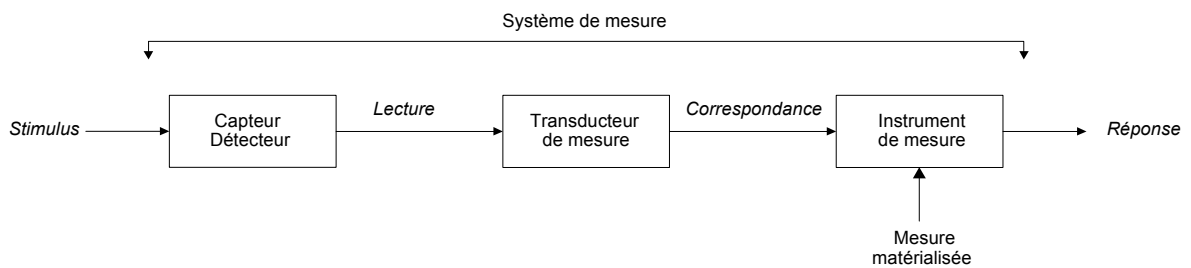


Figure A.4 : Système de mesure

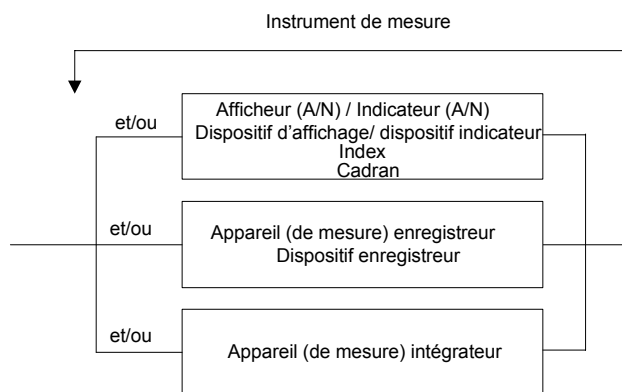


Figure A.6 : Détail d'un instrument de mesure

Références

- [1] A. Abran, J. M. Desharnais, S. Oligny, D. St-Pierre, and C. Symons, "COSMIC FFP Measurement Manual - Version 2.2, The COSMIC Implementation Guide for ISO/IEC 19761: 2003," École de technologie supérieure – ETS, Montreal (Canada) 2003.
- [2] A. Abran and R. Dumke, "A Framework of the Software Measurement Domain: Current Situation and Future Directions," Montreal (Canada), 1997, International Workshop on Software Measurement - IWSM.
- [3] A. Abran and A. Sellami, "Initial Modeling of the Measurement Concepts in the ISO Vocabulary of Terms in Metrology," presented at Software Measurement and Estimation - Proceedings of the 12th International Workshop on Software Measurement - IWSM, Magdeburg (Germany) Oct. 7-9 2002, Shaker-Verlag, Aachen, 2002,
- [4] A. Abran and A. Sellami, "Measurement and Metrology Requirements for Empirical Studies in Software Engineering," presented at IEEE Software Technology and Engineering Practice Workshop (STEP), Montreal (Canada), 2002,
- [5] A. Abran, A. Sellami, and W. Suryn, "Metrology, measurement and metrics in software engineering," presented at Software Metrics Symposium . Proceedings of the Ninth International Software Metrics Symposium (METRICS'03) IEEE, Sydney (Australia), 2003,
- [6] S. Azzouz and A. Abran, "A proposed measurement role in the Rational Unified Process (RUP) and its implementation with ISO 19761: COSMIC FFP," presented at Software Measurement European Forum 2004, Rome, Italy, 2004,
- [7] S. R. Chidamber and C. F. Kemerer, "A Metrics Suite for Object Oriented Design," IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 20, pp. 476-493, 1994.
- [8] N. E. Fenton and S. L. Pfleeger, Software Metrics: A Rigorous and Practical Approach: second edition, PWS Publishing Co., 1997.
- [9] T. Fetcke, A. Abran, and R. Dumke, "A Generalized Representation for Selected Functional Size Measurement Methods," in Current Trends in Software Measurement - Proceedings of the 11th International Workshop on Software Measurement. Montréal: IWSM, Shaker-Verlag, Aachen; 2001, 3-8265-9681-1, 2001, pp. 1-25.
- [10] M. Hitz and B. Montazeri, "Chidamber and Kemerer's Metrics Suite: A Measurement Theory Perspective," IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 22, pp. 267 -271, 1996.
- [11] IFPUG, Function Point Counting Practices Manual. Westerville, Ohio: International Function Point Users Group (IFPUG), Version 4.1, 1999.
- [12] ISO, International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology. Geneva: International Organization for Standardization - ISO, 1993.
- [13] ISO ISO/IEC 14143-1: 1998, Information technology -- Software measurement -- Functional size measurement -- Part 1: Definition of concepts. Geneva: International Organization for Standardization - ISO, 1998.
- [14] ISO ISO/IEC 19761: 2003, Software Engineering -- COSMIC-FFP -- A Functional Size Measurement Method. Geneva: International Organization for Standardization - ISO, 2003.
- [15] ISO ISO/IEC TR 9126-2: 2003, Software Engineering - Product Quality - Part 2: External Metrics. Geneva: International Organization for Standardization - ISO, 2003.
- [16] ISO ISO/IEC TR 9126-3: 2003, Software Engineering - Product Quality - Part 3: Internal Metrics. Geneva: International Organization for Standardization - ISO, 2003.
- [17] ISO ISO/IEC TR 9126-4: 2004, Software Engineering - Product Quality - Part 4: Quality in Use Metrics. Geneva: International Organization for Standardization - ISO, 2004.
- [18] MK II, Function Point Analysis: Counting Practices Manual: United Kingdom Software Metrics Association, 1998.
- [19] NESMA, Definitions and Counting Guidelines for the Application of Function Point Analysis: A Practical Manual: version 2.0, 1997.
- [20] A. Sellami and A. Abran, "The contribution of metrology concepts to understanding and clarifying a proposed framework for software measurement validation," presented at Investigations in Software Measurement - Proceedings of the 13th International Workshop on Software Measurement - IWSM, Montreal (Canada), 2003, Shaker-Verlag, Aachen.
- [21] Zuse H., A Framework for Software Measurement: Walter de Gruyter, Germany, Berlin, 1997.