TABLE DES MATIÈRES

Page

INTRODUCTION 1
1.1 Problématique et motivation de recherche 1
1.1.1 Étape 1 : Comment définir les contrôles multiperspectives ? 3
1.1.2 Étape 2 : Quelle architecture de contrôle permettrait la mise en place d'un contrôle multiperspective? 4
1.1.3 Étape 3 : Comment mesurer la conformité « unifiée » des contrôles? 5
1.1.4 Étape 4 : Quelle serait la représentation la plus efficace, des contrôles internes, de manière à satisfaire les exigences multiperspectives de l'organisation? 6
1.2 Questions de recherche 7
1.3 Méthodologie de recherche 8

CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE CONCERNANT LES PROCESSUS MÉTIERS DE L'ORGANISATION ET SES CONTRÔLES INTERNES 15
1.1 Introduction 15
1.2 Les aspects fondamentaux des processus métiers 16
1.2.1 Les processus métiers 17
1.2.2 Le cycle de vie des processus métiers 18
1.2.3 La modélisation des processus métiers 19
1.3 Le contrôle tel qu'il est vu par trois référentiels populaires 22
1.3.1 COSO (*Committee Of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission*) 24
1.3.2 COBIT (*Control Objectives for Information and related Technology*) 28
1.3.3 CMMI (*Capability Maturity Model Integrated*) 32
1.3.4 Comparaison des différents référentiels d'un point de vue du contrôle 35
1.4 Les perspectives et approches de contrôle des processus métiers 38
1.4.1 Perspective de contrôles de gestion 39
1.4.2 Perspective de contrôles de sécurité et d'accès aux actifs de l'organisation 40
1.4.3 Perspective de contrôles d'audit 41
1.4.4 Perspective de contrôles législatifs 42
1.4.5 Perspective de contrôle de la qualité 44
1.4.6 Approches de contrôles d'ordre général 45
1.5 Conclusion 49

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE SUR LA MESURE DE CONFORMITÉ ET LA VISUALISATION D'INFORMATION 51
2.1 Introduction 51
2.2 Revue littéraire - approches de mesure de conformité des contrôles internes 52
2.2.1 Définition d'une mesure 53
2.2.2 Méthode de mesure 54
2.2.3 L'exploitation des résultats de mesure 56
2.2.4 Les modèles d'évaluation multidimensionnels des résultats de mesure 57

2.3 Revue littéraire - étude comparative des approches de visualisation d'information structurée....61
2.3.1 Visualisation d'information structurée.... 62
2.3.2 Comparaison des différents types de représentation d'arbres.... 65
2.3.3 Discussion des différentes approches de visualisation d'information structurée.... 68
2.4 Conclusion....70

CHAPITRE 3 PROPOSITION D'UNE APPROCHE DE CONTRÔLE MULTIPERSPECTIVE....73
3.1 Introduction....73
3.2 Phase 1 : Définition des contrôles multiperspectives....74
3.2.1 Terminologie commune de contrôles.... 74
3.2.2 Processus de définition de contrôles multiperspectives.... 76
3.3 Phase 2 : Mise en place des contrôles multiperspectives....79
3.4 Phase 3 : Mesure de conformité d'un contrôle multiperspective....81
3.4.1 Préparation des mesures de conformité.... 82
3.4.2 Modèle de mesure de conformité unifiée.... 83
3.4.3 Formule de quantification de la mesure de conformité unifiée.... 86
3.5 Phase 4 : Représentation multiperspectives des contrôles internes....96
3.5.1 Processus de sélection de la représentation.... 97
3.6 Conclusion....105

CHAPITRE 4 ÉTUDE EXPÉRIMENTALE ET VALIDATION DE L'APPROCHE PROPOSÉE....107
4.1 Introduction....107
4.2 Validation du modèle de mesure proposé....107
4.2.1 Validation géométrique du modèle MICMM.... 108
4.2.2 Validation logique des mesures retournées par le modèle MICMM.... 110
4.3 Choix de la représentation multiperspectives des contrôles internes....113
4.3.1 Présélection via l'approche AHP.... 114
4.3.2 Étude expérimentale pour le choix de la représentation graphique.... 116
4.4 Conclusion et perspectives....126

CONCLUSION GÉNÉRALE....129

ANNEXE I LA DIFFÉRENCE ENTRE UN EXPERT ET UN PRATICIEN....136

ANNEXE II ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)....137

ANNEXE III QUESTIONNAIRE 1....141

ANNEXE IV QUESTIONNAIRE 2....145

BIBLIOGRAPHIE....150

LISTE DES TABLEAUX

Page

Tableau 0.1 Cadre de Basili adapté aux projets de recherche génie logiciel : Phase 1-Définition 10

Tableau 0.2 Cadre de Basili adapté aux projets de recherche génie logiciel : Phase 2-Planification 11

Tableau 0.3 Cadre de Basili adapté aux projets de recherche génie logiciel : Phase 3-Opération 12

Tableau 0.4 Cadre de Basili adapté aux projets de recherche génie logiciel : Phase 4-Interprétation 13

Tableau 1.1 Les rôles des intervenants dans l'exploitation des processus métiers 18

Tableau 1.2 Les langages de modélisation des processus métiers les plus répandus 21

Tableau 1.3 Exemple de contrôle COSO 28

Tableau 1.4 Exemple de contrôle COBIT 32

Tableau 1.5 Exemple de contrôle CMMI 34

Tableau 1.6 Tableau comparatif des référentiels COSO, COBIT et CMMI 35

Tableau 4.1 Un échantillon des mesures collectées 111

LISTE DES FIGURES

Page

Figure 1.1 Les cinq axes suivis dans la revue de littérature 16
Figure 1.2 Cycle de vie des processus métiers 19
Figure 1.3 Les niveaux de détail d'un processus métier 22
Figure 1.4COBIT comme un consolidateur. 31
Figure 1.5 Exemple de conformité de gestion 42
Figure 1.6 Algorithme de mesure de conformité 43
Figure 1.7 Matrice de mesure de conformité 44
Figure 1.8 Modèle de contrôles à base de répertoire de contrôles 47
Figure 2.1 Les cinq axes suivis dans la revue de littérature 52
Figure 2.2 Modèle de mesure d'information 54
Figure 2.3 Modèle contextuel de mesure 56
Figure 2.4 Base géométrique du modèle QEST 59
Figure 2.5 Des exemples de représentations graphiques de contrôles internes 62
Figure 2.6 Les différents genres de représentations 63
Figure 3.1 Modèle de cycle de vie de contrôles multiperspectives 73
Figure 3.2 Modèle de processus de définition des contrôles multiperspectives 77
Figure 3.3 Un exemple d'un contrôle multiperspective 78
Figure 3.4 L'architecture de contrôle multiperspectives proposée 79
Figure 3.5 Le diagramme de classe de « la base de contrôles internes » 80
Figure 3.6 Un exemple de contrôle multiperspectives avec plusieurs échelles de mesure 81
Figure 3.7 Fondements géométriques du modèle 84
Figure 3.8 La forme géométrique F 85
Figure 3.9 Division de la forme géométrique F 88

Figure 3.10 Formes F_i 89

Figure 3.11 Prisme Pr_i 90

Figure 3.12 Pyramide Py_i 92

Figure 3.13 Les trois différentes configurations de la pyramide Pr_i 93

Figure 3.14 La base de la pyramide Py_i 94

Figure 3.15 La base de la pyramide Py_i n'est pas sur l'une des facettes du prisme P 94

Figure 3.16 Le calcul de $H_{Trapèze}$ 95

Figure 3.17 Le processus de sélection de la représentation graphique la plus appropriée 97

Figure 3.18 Le prototype en arbre radial d'une représentation 100

Figure 3.19 Vues multiperspectives sur les contrôles internes 102

Figure 3.20 Prototype de représentation en arbre vertical 103

Figure 3.21 Prototype de représentation en arbre horizontal 104

Figure 3.22 Représentation 105

Figure 4.1 Exemple de formes dessinées par CATIA 109

Figure 4.2 Variation de la moyenne arithmétique vis-à-vis de la mesure retournée par le modèle MICMM 112

Figure 4.3 La structure hiérarchique du problème formalisé en AHP 114

Figure 4.4 Le vecteur d'alternatives pondérées 115

Figure 4.5 L'analyse de sensibilité 116

Figure 4.6 Le temps de complétude des tâches (en secondes) 119

Figure 4.7 Le taux de réussite des tâches (en secondes) 120

Figure 4.8 Les préférences des utilisateurs (en %) 120

Figure 4.9 Comparaison des représentations 121

Figure 4.10 Comparaison des représentations en termes 121

Figure 4.11 Formalisation du problème en AHP 122

Figure 4.12 Vecteur d'alternatives pondérées 123

Figure 4.13 Analyse de sensibilité 124

Rapport-Gratuit.com

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

AHP	Analytical Hierarchy Process
BPEL	Business Process Execution Language
BPM	Business Process Modeling
BPMN	Business Process Model and Notation
BPMS	Business Process Management Systems
CATIA	Computer Aided Three-dimensional Interactive Application
CMMI	Capability Maturity Model Integration
COBIT	Control Objectives for Information and Related Technology
COSO	Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission
EPC	Event-driven Process Chain
IDEF	Integrated Definition methods
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IHM	Interface Homme Machine
ISACA	Information Systems Audit and Control Association
ISO	International Organization for Standardization
IT	Information Technology
IWSM	International Workshop on Software Measurement
MICMM	Multiperspectives Internal control Compliance Measurement Model
OMG	Object Management Group
QEST	Quality, Economic, Social & Technical dimensions

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

RAD	Rapid Application Development
SE	Software Engineering
SEI	Software Engineering Institute
SI	Système d'information
SOX	Sarbanes-Oxley
TI	Technologies de l'Information
UML	Unified Modeling Language
UML-AD	UML Activity Diagram
XACML	eXtensible Access Control Markup Language

LISTE DES SYMBOLES

Un rectangle à coins arrondis représente une activité.

Un rectangle avec un fond gris symbolise une information.

Un rectangle pointillé évoque un groupe d'éléments.

Un triangle avec la lettre « C » indique une pratique de contrôle.

Un ensemble de triangles représente un contrôle multiperspective.

Une flèche en pointillé représente un retour d'informations.

Une flèche accompagnée d'un verbe indique une action.

INTRODUCTION

1.1 Problématique et motivation de recherche

L'environnement économique mondial ne cesse d'évoluer et d'ajouter des obligations et des contraintes pour les organisations. Par exemple, la loi Bill 198 (Ouanouki et April, 2007), au Canada, oblige d'assurer une bonne gouvernance financière et nécessite un audit indépendant des contrôles internes utilisés par l'organisation. D'autres évènements, c'est à dire des guerres, des cas de fraudes fiscales, à grande échelle, et des ententes commerciales entre pays sont aussi la source de nouvelles contraintes imposées sur les organisations. Ces contraintes peuvent être à caractère obligatoire (par exemple, le cas d'une loi) ou à caractère normatif (par exemple, le cas d'une certification à une norme provinciale, nationale ou internationale). Ces obligations d'affaires forcent les organisations à implanter, au sein de leur approche de management des processus, des contrôles de leurs processus métiers qui permettent d'identifier, de mesurer, d'améliorer et finalement de démontrer leur conformité vis-à-vis de ces obligations.

La mise en place de contrôles internes, dans une organisation, est un processus auquel participent plusieurs acteurs de l'organisation, ayant différentes fonctions telles que gestionnaires, auditeurs-comptables, experts en technologie de l'information, professionnels du droit, et bien d'autres. Chacun de ces acteurs possède une culture et une perspective spécifique à partir de laquelle il aborde et interprète les contrôles internes qui sont nécessaires à mettre en œuvre au sein de l'organisation. Ces acteurs peuvent parfois proposer des contrôles personnalisés, mais ils vont utiliser, avant tout, différents référentiels et normes qui précisent les contrôles imposés par leur profession, par le domaine d'affaires et l'industrie où ils opèrent. Par exemple, le responsable de la sécurité informatique pourra proposer l'ajout de contrôles internes issus de la norme internationale ISO 27002 (Calder et Watkins, 2008; International Organization for Standardization, 2005) qui le régit et le préoccupe plus particulièrement. L'auditeur interne, de son côté, pourra suggérer d'autres contrôles internes inspirés du référentiel COBIT (Information Systems Audit and Control

Association, 2012e) pour la bonne gouvernance des technologies de l'information de l'organisation et pour lequel il est certifié. Il y a actuellement des dizaines de référentiels et normes (Chamfrault et Durand, 2007a; COSO, 2012; Information Systems Audit and Control Association, 2010; 2012a; 2014; IT Governance Institute., 2007; Kasse, 2008; Kulpa et Johnson, 2008; Mallette, 2011; Moeller, 2011) qui suggèrent toutes sortes de contrôles de processus pour les organisations. À titre d'exemple, le référentiel COBIT et la norme internationale ISO 27002, malgré qu'ils traitent des sujets différents, sont complémentaires et partagent un certain nombre de contrôles communs. En effet, il est courant de trouver deux ou trois normes (ou référentiels) qui présentent des recoupements de contrôles, chacun selon sa perspective. Un contrôle, qui est au centre de recoupements, est donc présent dans plus d'un référentiel ou dans plus d'une norme. Il peut donc être défini à titre de **contrôle multiperspective**, étant donné qu'il est décrit et présent dans plus d'une perspective.

En l'absence de la notion multiperspectives des contrôles (c.-à-d. avoir une vue d'ensemble qui prend en considération toutes les perspectives d'un contrôle); ces contrôles risquent d'être dupliqués à l'intérieur de la même organisation, car il est fort probable que les départements, qui en sont responsables, ne sachent pas qu'il existe ce même contrôle, à l'intérieur d'un autre processus métier, ailleurs dans son organisation. Cette situation peut engendrer un double emploi et, de manière plus problématique, causer une non-concordance en ce qui a trait à la conformité de ces contrôles internes.

Cette problématique, que cette thèse vient de soulever, offre donc la possibilité d'entreprendre de nouvelles recherches. Une question de recherche se pose alors : qu'est-ce qui doit être mis en place pour que la gestion multiperspectives des contrôles internes d'une organisation permette de prendre en considération plus d'une perspective à partir desquelles les contrôles émergents?

Pour répondre à cette question, quatre étapes successives de recherche seront effectuées :

- **Étape 1 :** Une revue littéraire en ce qui a trait à la définition, à l'identification et à la personnalisation des contrôles internes d'une organisation;

- **Étape 2 :** Une revue littéraire qui vise l'état de l'art de la mise en place d'un contrôle au sein des processus métiers d'une organisation;
- **Étape 3 :** Une revue littéraire et une recherche concernant l'évaluation et la mesure de la conformité d'un contrôle en tenant compte de ce nouveau contexte;
- **Étape 4 :** Une recherche en ce qui a trait à la représentation des contrôles qui permettrait de tenir compte des différentes perspectives de contrôle.

À la suite de chacune des étapes de la recherche, des problématiques de second ordre seront identifiées. Ces problématiques seront présentées, plus en détail, dans les quatre sous-sections qui suivent :

1.1.1 Étape 1 : Comment définir les contrôles multiperspectives ?

La première étape de cette thèse correspond à la première activité du cycle de vie d'un contrôle interne. Elle consiste principalement à identifier, à documenter et à définir les contrôles internes que doit adopter une organisation. Vu la grande diversité des sources de contrôles internes et des expertises (des acteurs), les organisations pourraient trouver une première problématique de second ordre qui concerne la terminologie spécifique reliée au domaine de contrôle. L'utilisation de terminologies différentes, afin de représenter le même concept, peut entrainer une divergence dans la compréhension, l'interprétation et la spécification des contrôles internes de l'organisation. Le terme processus en est un exemple parmi d'autres. Selon la perspective d'un programmeur de logiciel, un processus se définit comme « une tâche ou une instance de programme informatique en train de s'exécuter » (Reddy, 2009). Examinons maintenant le point de vue d'un analyste d'affaires. Pour ce dernier, un processus est défini comme « une suite d'opérations ou d'activités réalisées afin d'atteindre un objectif donné » (Arjit Singh, 2010). Ainsi, ces deux praticiens (c.-à-d. programmeur de logiciel et analyste d'affaires) lorsqu'ils vont aborder la question concernant le « contrôle de processus », même s'ils partagent les mêmes avis sur cette question (c.-à-d. chacun dans son domaine), ils vont probablement éprouver des difficultés initiales de communication parce qu'ils se réfèrent à deux concepts complètement différents issus de

leurs formations spécifiques. L'absence d'une terminologie commune, afin de décrire les contrôles d'une organisation, peut entrainer des difficultés de communications entre les acteurs participants lors de la mise en place de ces contrôles. Cette thèse contribuera à définir les termes d'une terminologie commune pour la définition des contrôles multiperspectives à la section 3.2.

1.1.2 Étape 2 : Quelle architecture de contrôle permettrait la mise en place d'un contrôle multiperspective?

La deuxième étape du cycle de vie d'un contrôle interne suppose la mise en place des contrôles internes relatifs aux processus métiers de l'organisation. Cette mise en place repose sur des architectures appelées « architectures de contrôle ». Afin de bien définir une architecture de contrôle, il faut d'abord préciser la notion d'architecture. Une architecture peut être définie comme étant l'art de concevoir et de combiner des éléments par des techniques appropriées (Stallings, 2006). Une architecture de contrôle peut être définie, par analogie, comme étant l'ensemble des éléments et des techniques dont l'organisation dispose afin de choisir, de modéliser, de mettre en place et d'utiliser des contrôles internes (Moeller, 2011).

À la suite d'une revue littéraire, les architectures de contrôle, retracées dans la littérature ne permettent ni d'obtenir une vue d'ensemble des contrôles internes de l'organisation ni de prendre en compte leurs perspectives spécifiques. Effectivement, les propositions actuelles d'architectures de contrôles ne font pas la différence (pour n'imager qu'un simple exemple) entre un contrôle proposé par COBIT (Information Systems Audit and Control Association, 2012a) et un contrôle proposé par le CMMI (*Capability Maturity Model Integrated*) (Software Engineering Institute, 2011). Les propositions actuelles sont des propositions qui traitent les contrôles à partir d'une seule perspective, quelles que soient leurs sources. L'absence de la notion de perspectives, pour les contrôles dans les architectures actuelles, engendre nécessairement le double emploi et la non-concordance des contrôles lors de leur mise en place (c.-à-d. durant la phase 2 du cycle de vie de contrôle).

Dans cette deuxième étape, cette thèse vise à concevoir une architecture de contrôle qui assurera une vision multiperspectives dans la mise en place des contrôles internes d'une organisation (voir section 3.3). Cette architecture devrait définir une structure de contrôle multiperspectives extensible afin de considérer les contrôles proposés par toutes les perspectives de l'organisation.

1.1.3 Étape 3 : Comment mesurer la conformité « unifiée » des contrôles?

À la suite de la définition et de la mise en place des contrôles internes (c.-à-d. les étapes 1 et 2 ci-haut mentionnées), les organisations doivent être en mesure de préciser leurs niveaux de conformité vis-à-vis des contrôles sélectionnés et mis en place dans leurs processus métiers. Actuellement, les organisations mesurent leur niveau de conformité en tenant compte d'une seule perspective à la fois (Davis et al., 2011; Ouanouki et April, 2007; Radovanovic et al., 2010a). Chacune des publications inventoriées propose sa propre approche d'évaluation et de mesure de conformité. Par exemple, si une organisation veut obtenir la certification CMMI, cette dernière va mesurer la conformité de chaque contrôle (qui se traduit ici par une pratique exemplaire) selon la méthode de mesure suggérée par le CMMI. Le CMMI suggère une échelle de mesure comportant quatre valeurs : N : *Not Achieved*; P : *Partially Achieved*; L : *Largely Achieved*; et F : *Fully Achieved* afin de mesurer la conformité de chaque pratique exemplaire. D'autres référentiels ou d'autres normes utilisent d'autres échelles de mesure de la conformité. À titre d'exemple, si l'organisation veut mesurer sa conformité vis-à-vis la norme ISO9001, elle devra utiliser la mesure de conformité proposée par la norme ISO9001, qui est une mesure binaire OUI/NON pour chaque contrôle (aussi nommé article) de la norme (Tricker, 2010). Devant cette situation, l'organisation, qui adopte autant le modèle CMMI que la norme ISO9001, bien qu'elle soit susceptible de mesurer la conformité individuelle de chacune de ces perspectives, aura de la difficulté à représenter une mesure « unifiée » qui pourrait représenter la conformité de ces deux perspectives. En outre, pour être utilisable par les différents acteurs de l'entreprise, cette mesure « unifiée » doit aussi offrir plusieurs perspectives : mesure corporative (c.-à-d. pour la direction générale), mesure par direction, mesure par service, mesure par référentiel, mesure par processus métier, et bien

Rapport-Gratuit.com

d'autres, etc. Une mesure unifiée offrirait la possibilité d'aider les différents acteurs à mieux cerner les non-conformités en ce qui a trait aux contrôles internes de l'organisation ainsi qu'à la mise en place progressive de la conformité dans l'organisation.

Lors de la troisième étape, cette thèse propose, à la section 3.4, un modèle de mesure de conformité qui permettra de prendre en compte les différentes échelles de mesure de la conformité d'un contrôle (c.-à-d. découlant de chaque perspective). De plus, cette étape proposera une mesure de conformité « unifiée » qui offrira la possibilité de mesurer la conformité selon plusieurs perspectives.

1.1.4 Étape 4 : Quelle serait la représentation la plus efficace, des contrôles internes, de manière à satisfaire les exigences multiperspectives de l'organisation?

La représentation graphique des processus métiers (aussi nommée la cartographie des processus) est un domaine qui a connu beaucoup de succès ces dernières années, surtout après l'apparition des notations modernes telles que BPMN, EPC, Qualigramme et bien d'autres. En effet, la représentation graphique des processus métiers est devenue un moyen de communication incontournable et de plus en plus universel pour les organisations. Malgré ce progrès, dans le domaine de la représentation des processus métiers, la représentation graphique des contrôles internes reste un domaine un peu moins populaire et peu évolué. Effectivement, malgré la grande diversité des perspectives de contrôle que l'on peut retrouver dans la littérature, il n'existe pas de représentation graphique illustrant toutes ces perspectives d'une manière intégrée et qui prend en considération toutes les perspectives de contrôle ou au moins certaines d'entre elles qui sont les plus utilisées actuellement dans les organisations. De plus, les représentations actuelles des contrôles sont très « basiques » (c.-à-d. de simples annotations sur des activités du processus métier) et font rarement une distinction entre les perspectives de contrôle au point de vue visuel.

Ainsi, les représentations graphiques actuelles ne permettent pas la représentation multiperspectives des mesures de conformités des contrôles pour l'ensemble de

l'organisation. De ce fait, les outils d'évaluation et de mesure de conformité actuelles sont soit spécifiques à une perspective donnée (par exemple, « CMMI – Browser » (Wibas, 2014) pour CMMI ou « SPICE 1-2-1 » pour SPICE (El Emam, Drouin et Melo, 1998)), soit trop généraux, ne permettant pas de différencier les perspectives de contrôles adoptés (par exemple, Trillium (Trillium, 2014)).

Lors de cette quatrième étape, cette thèse étudiera, expérimentera et proposera à la section 3.5 une représentation graphique offrant la possibilité d'imager graphiquement la gestion multiperspectives des contrôles internes ainsi que de représenter les mesures de conformité.

1.2 Questions de recherche

La présente thèse a donc pour objectif de répondre aux besoins de l'organisation qui souhaite en arriver à une approche multiperspectives de contrôle des processus métiers. Pour atteindre cet objectif, il faut répondre à cinq principales questions :

1. Peut-on avoir une terminologie commune pour la définition et la documentation de contrôles multiperspectives? Si oui, comment alors définir cette terminologie?
2. Quelle structure un contrôle multiperspectives doit-il posséder afin qu'il puisse tenir compte à la fois des aspects législatifs, financiers, sécuritaires ou autres qu'un contrôle interne doit représenter?
3. Quelle architecture de contrôle pourrait offrir une vision globale et multiperspectives relative aux contrôles internes de l'organisation?
4. Comment peut-on mesurer la conformité unifiée en tenant compte des différentes échelles de mesure de différentes perspectives de contrôle?
5. Comment peut-on représenter graphiquement un contrôle multiperspectives et sa mesure de conformité unifiée?

Afin de répondre à ces questions, une méthodologie bien définie sera suivie. La présentation de cette méthodologie sera le sujet traité par la section suivante.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

1.3 Méthodologie de recherche

Cette section présente la méthodologie adoptée tout au long de cette recherche. Cette méthodologie est présentée dans cette section par le biais du cadre de Basili (Basili, Selby et Hutchens, 1986; Basili et Selby, 1991; Bourque, 2000) adapté à la recherche empirique dans le domaine d'ingénierie logicielle. Ce projet de recherche a suivi les quatre phases suivantes séquentiellement :

- **Phase 1 – La définition :** est composée à son tour de trois activités :
    1. Identifier un problème qui n'a pas encore été résolu (à l'aide d'une revue de la littérature);
    2. Préciser la problématique et documenter les questions de recherche;
    3. Choisir et documenter une méthodologie expérimentale de recherche en élaborant les hypothèses, les étapes de conception de développement de solutions et les activités de validation de solutions proposées.
- **Phase 2 – La planification :** cette phase consiste à faire plusieurs revues de littérature portant sur les sujets suivants :
    - Les processus métiers et leurs représentations;
    - Les contrôles internes dans l'organisation, leurs différentes représentations, leurs perspectives ainsi que les approches et les référentiels proposés pour leur mise en place;
    - Les approches de mesure de conformité et les différentes techniques liées à la mesure multiperspective;
    - Les approches de visualisation d'informations structurées pertinentes à cette recherche.

  Cette phase a pour objectif d'identifier les éléments de base d'une approche de contrôle multiperspectives des processus métiers de l'organisation. Lors de cette étape, la planification du dépôt d'une demande au comité d'éthique de la recherche a été effectuée. Ceci est nécessaire avant d'effectuer des expérimentations avec des sujets humains.

6. **Phase 3 – Le développement et opération :** cette phase est l'étape, de la présente thèse, pour laquelle le plus d'effort a été déployé et dans laquelle il y a la définition et la validation d'une approche de contrôles multiperspectives des processus métiers qui couvre toutes les phases du cycle de vie d'un contrôle interne. Plusieurs publications (Abdellatif et April, 2012; Abdellatif et April, 2014; Abdellatif, April et Abran, 2014) ont été faites afin de présenter les progrès des travaux de recherche.
7. **Phase 4 – L'interprétation :** au cours de cette phase, les résultats des expérimentations ont été interprétés et un retour sur les questions de recherche initialement posées a été réalisé. Cette phase a été complétée par l'identification des contributions originales de cette thèse en mettant aussi en évidence certains travaux et certaines perspectives de recherches à venir.

Les quatre tableaux ci-dessous synthétisent les phases de la méthodologie de recherche présentée.

Tableau 0.1 Cadre de Basili adapté aux projets de recherche génie logiciel : Phase 1- Définition

Justification	**Objectifs**	**Proposition**	**Utilisateurs des résultats de recherche**
Le contrôle des processus métiers est l'un des concepts les plus importants du domaine de la gestion des processus métiers. En contrôlant leurs processus métiers, les organisations peuvent avoir une idée précise sur le degré de conformité de leurs processus face aux exigences externes et internes (c.-à-d. politiques internes, normes, règlementations, marché, etc.). Les contrôles internes, à mettre en place dans un processus métier, doivent tenir compte de plusieurs perspectives (c.-à-d. financières, sécurité, gestion, gouvernance, etc.). Comment, alors, identifier, mettre en place, représenter et mesurer la conformité des contrôles internes en prenant en considération toutes les perspectives de contrôle sans les « dupliquer »?	- Proposer une terminologie commune de définition de contrôles multiperspectives; - Proposer une architecture pour la mise en œuvre de contrôles multiperspectives; - Proposer un modèle de mesure de la conformité de contrôles multiperspectives; - Proposer une représentation graphique de contrôles multiperspectives.	Une approche de contrôle multiperspectives qui couvre toutes les phases du cycle de vie d'un contrôle interne.	Praticien en gestion de processus métiers, éditeurs de logiciels BPM, tous les acteurs impliqués dans le domaine des contrôles de processus, ex : gestionnaires, comptables, auditeurs externes et internes spécialisés en amélioration et contrôle de la qualité, etc.

Tableau 0.2 Cadre de Basili adapté aux projets de recherche génie logiciel : Phase 2-Planification

Phases du projet	**Entrées du projet**	**Livrables de l'étape**
Revue de la littérature et inventaire au sujet des différents aspects liés aux contrôles internes de l'organisation.	Revue de la littérature concernant : - La modélisation des processus métiers; - Trois référentiels typiques (c.-à-d. qui présentent la caractéristique de multiperspectives : COBIT, COSO (Committee Of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission), CMMI; - Les approches de contrôle des processus métiers; - Les perspectives de contrôle des processus métiers; - Les approches de mesure de conformité des contrôles internes; - La représentation graphique d'informations structurées.	Ces livrables sont : - Une architecture de contrôle multiperspective; - Une terminologie commune pour la définition de contrôles internes; - Un prototype de représentation graphique de contrôles multiperspectives; - Un modèle de mesure de conformité de contrôles multiperspectives; - Un article présenté lors d'une conférence; - Deux articles publiés dans des revues scientifiques.

Tableau 0.3 Cadre de Basili adapté aux projets de recherche génie logiciel : Phase 3-Opération

Préparation	**Exécution**	**Analyse/Résultats**
Concevoir l'approche de contrôle multiperspective	- Étude des différentes sources qui vont être utilisées dans le développement de l'approche de contrôle multiperspective; - Définition d'une architecture de contrôle multiperspective; - Définition d'une terminologie commune pour la définition de contrôles internes; - Définition d'une représentation multiperspectives des contrôles internes; - Une définition d'une approche de mesure de conformité multiperspectives des contrôles internes.	- Une architecture de contrôles internes multiperspectives; - Une terminologie commune de contrôle; - Une représentation graphique de contrôles multiperspectives; - Un modèle de mesure de conformité de contrôles multiperspectives.
La vérification et validation du modèle	- Préparation du cas d'étude; - Une validation de l'approche en collectant les avis et les commentaires de praticiens et des non-praticiens dans le domaine d'audit, modélisation des processus métiers, mesure de conformité et visualisation d'informations; (l'annexe I définit la différence entre un expert et un praticien) ; - Une validation de l'approche fondée sur une étude de cas de laboratoire; - Une validation de la mesure multiperspectives par une simulation des équations mathématiques proposées.	- L'application de l'approche lors d'un cas d'étude en laboratoire; - La collecte d'opinions de praticiens, lors d'un cas d'étude en laboratoire, dans le domaine d'audit, modélisation des processus métiers, mesure de conformité et visualisation d'informations; - La publication d'articles de journaux et de conférences.

Tableau 0.4 Cadre de Basili adapté aux projets de recherche génie logiciel : Phase 4- Interprétation

Contexte d'interprétation	Extrapolation des résultats	Perspectives futures
Le prototype de l'approche utilisée par différents praticiens et non-praticiens dans le domaine d'audit, de modélisation des processus métiers, de mesure de conformité et de visualisation d'informations, et ce, dans le contexte d'une étude de cas de laboratoire.	- Concernant la représentation multiperspective, les résultats expérimentaux, à l'aide d'une étude de cas, permettront de valider le prototype de l'approche proposée pour la représentation de contrôle multiperspectives des processus métiers. Le degré de convivialité de la représentation sera aussi évalué. - Les participants, à ce cas d'étude, émettent aussi leur opinion concernant le prototype proposé. - Concernant la proposition de mesure multipersectives, cette dernière est validée géométriquement (avec un outil de conception de formes géométriques) et logiquement (une simulation qui effectue une variation aléatoire des mesures de conformité).	- L'application de l'approche proposée en se rapportant à un autre cas d'étude réel ayant un nombre plus important de perspectives; - L'intégration du prototype proposé dans un outil commercial de représentation graphique de processus métiers.

Cette thèse se compose de quatre chapitres, à savoir :

1. Le premier chapitre intitulé « REVUE DE LITTÉRATURE CONCERNANT LES PROCESSUS MÉTIERS DE L'ORGANISATION ET CES CONTRÔLES INTERNES » dans lequel des notions de base des concepts de contrôle et de perspectives de contrôle des processus métiers sont introduites;
2. Le deuxième chapitre a pour titre « REVUE DE LITTÉRATURE SUR LA MESURE DE CONFORMITÉ ET LA VISUALISATION D'INFORMATION » où les différentes notions liées à la mesure de conformité et aux approches de visualisation de l'information structurée sont présentées;

3. Le troisième chapitre titré « PROPOSITION D'UNE APPROCHE DE CONTRÔLE MULTIPERSPECTIVES » dans lequel la conception de la nouvelle approche proposée sera présentée, suivi de directives, à suivre par une organisation, en vue d'une mise en place appropriée de la représentation des contrôles internes;
4. Le quatrième chapitre intitulé « ÉTUDE EXPÉRIMENTALE ET VALIDATION DE L'APPROCHE PROPOSÉE » est consacré à la vérification et la validation ainsi qu'à l'application de la présente approche dans un cas d'étude de laboratoire.

Finalement, la conclusion précise les contributions originales de cette thèse, présente une synthèse des principales limites de ce projet et propose les perspectives futures de cette recherche.

CHAPITRE 1

REVUE DE LITTÉRATURE CONCERNANT LES PROCESSUS MÉTIERS DE L'ORGANISATION ET SES CONTRÔLES INTERNES

1.1 Introduction

Le contrôle des processus métiers est un domaine qui a pris beaucoup d'ampleur ces dernières années (Carlin et Gallegos, 2007; Execution-MiH, 2011; Leslie et Andrea, 2008). Ce succès s'explique principalement par la valeur ajoutée que peuvent apporter les contrôles internes aux organisations, ainsi que les changements, à l'échelle mondiale, qu'ont connue ces dernières en matière de contraintes et exigences règlementaires de plus en plus sévères (c.-à-d. surtout en termes de transparence financière). Ce succès peut être expliqué aussi par le lien étroit entre le domaine de contrôle et celui du management des processus et l'évolution considérable qu'a connue ce dernier en termes de modélisation et management.

Ce premier chapitre présente une revue de l'état de l'art portant sur les processus métiers dans laquelle des réponses aux questions suivantes ont été investiguées :

1. Est-il possible d'unifier toutes les perspectives de contrôle ou référentiels dans une même architecture de contrôle, permettant ainsi une vision multiperspective?
2. Est-il possible d'avoir un contrôle multiperspectives qui tient compte à la fois des aspects législatifs, financiers, sécuritaires ou autres qu'un contrôle doit traiter?
3. Si oui, quelle serait la structure d'un contrôle multiperspective?

Ce chapitre contribue aux trois premiers des cinq axes de recherche établis lors des revues littéraires nécessaires pour cette thèse (voir les étapes encadrées de noir à la figure 1.1), à savoir :

1. Synthétiser les aspects fondamentaux liés aux processus métiers;
2. Survoler les référentiels les plus répandus dans le but de définir la notion de contrôle;
3. Répertorier les différentes approches de contrôle disponibles.

Rapport-Gratuit.com

Les autres axes de recherche seront abordés en plus de détail dans le chapitre 2 de cette thèse.

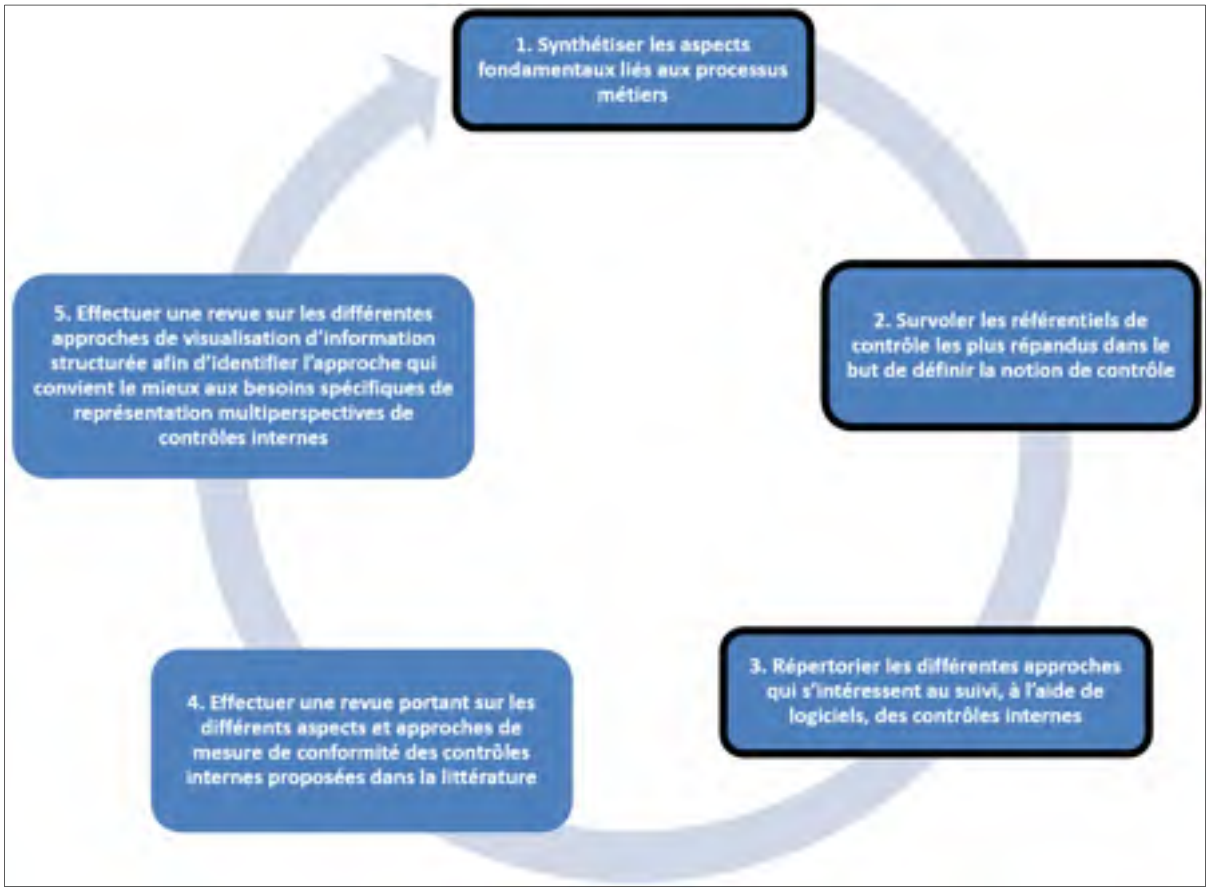


Figure 1.1 Les cinq axes suivis dans la revue de littérature

1.2 Les aspects fondamentaux des processus métiers

Cette section présente une synthèse de la littérature ciblée sur le premier axe lié aux différents aspects fondamentaux des processus métiers, à savoir : la définition du terme « processus métiers », les règles métiers (aussi connues sous le nom règles d'affaires) qui régissent le bon déroulement des processus métiers ainsi que le cycle de vie qu'un analyste métier doit respecter pour la mise en place des processus métiers dans une organisation. Ces aspects, ainsi que d'autres, seront les sujets des trois prochaines sections.

1.2.1 Les processus métiers

Selon la norme ISO 9001, un processus métier est défini comme étant « un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforment des éléments d'entrés en éléments de sortie ». Ainsi un processus métier est fondé principalement sur deux éléments :

- Processus : dans les origines du mot processus, ce dernier vient des deux mots latins *pro* (c.-à-d. « vers l'avant ») et *cessus* (c.-à-d. « aller »), ce qui signifie alors « aller vers l'avant ou avancer »;
- Activités (ou tâche) : représentent une proportion élémentaire de travail dont une ou plusieurs personnes en sont responsables.

Les processus métiers sont généralement gouvernés par des règles et contraintes métiers qui conduisent l'usage des différentes ressources affectées aux tâches métiers. Les processus métiers peuvent être classés (c.-à-d. hiérarchisés) à l'aide de plusieurs catégories (ou de types), selon les rôles et l'importance qui leur sont affectés au sein de l'organisation (Briol, 2008) :

- Les processus de production (ou de réalisation) ayant pour objectif la création des produits ou services destinés aux clients;
- Les processus de pilotage (ou de direction) accompagnant les processus de production. Ces processus ont pour objectif de superviser les processus de production;
- Les processus de support (ou de soutien) ayant pour objectif d'approvisionner les autres processus (exemple : processus de recrutement et d'évaluation des ressources humaines).

Il est courant de distinguer les macroprocessus et les microprocessus. Dans une grande organisation, les processus sont emboités comme des poupées russes et l'on distingue les macroprocessus qui relèvent de la responsabilité de la direction générale des microprocessus qui concernent davantage les niveaux opérationnels (Barouch, 2012). Lors de la cartographie d'un processus métier opérationnel, peu importe le type du processus métier, chaque intervenant dans le processus doit être assigné à un rôle définissant ses responsabilités. Le

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

tableau 1.1 illustre les principaux rôles qu'on peut retrouver dans l'exploitation des processus métiers.

Tableau 1.1 Les rôles des intervenants dans l'exploitation des processus métiers
Tiré de Briol (2008)

Rôles	Description
Gestionnaire de processus (de l'anglais « *Process Manager* »)	Le gestionnaire du processus est responsable de la bonne exécution des tâches du processus métier.
Propriétaire du processus (de l'anglais « *Process Owner* »)	Le propriétaire du processus est responsable du résultat obtenu de l'exécution des tâches du processus métier.
Opérateurs (de l'anglais « *Process Operatives* »)	Les opérateurs sont chargés d'exécuter les tâches du processus métier.

1.2.2 Le cycle de vie des processus métiers

Le cycle de vie des processus métiers consiste en une séquence itérative d'activités amenant à la création et la gestion de processus alignés, le plus possible, aux objectifs et aux visions stratégiques de l'organisation. Le cycle de vie des processus métiers possède trois étapes (voir figure 1.2) :

- **L'élaboration des processus métiers :** au cours de cette première étape, l'analyste d'affaires débute par une analyse du métier de l'organisation (c.-à-d. l'analyse de la situation actuelle et la planification et gestion des besoins) en vue de modéliser les processus métiers. Briol (2008) présente un ensemble de bonnes pratiques à suivre pour aider à la modélisation des processus métiers;
- **La mise en œuvre des processus métiers :** cette deuxième étape consiste, d'abord, à traduire le processus métier en langage qui va permettre son exécution par des logiciels. Pour ce faire, l'approche la plus populaire, actuellement, est d'utiliser le langage de programmation BPEL (*Business Process Execution Langage*) (Gaur, Zirn et Kestelyn, 2006) qui a été conçu spécifiquement pour traduire l'enchainement et la logique des actions d'un processus métier afin qu'un logiciel puisse l'exécuter;
- **Le contrôle et la supervision des processus métiers :** À la suite du déploiement du processus, la dernière étape du cycle de vie d'un processus métier consistera à

contrôler et évaluer la performance du processus en capturant des mesures réelles concernant son exécution et en comparant ces mesures avec celles précisées durant la phase de conception. La supervision, en temps réel, d'un processus métier est possible aujourd'hui grâce aux outils de gestion de processus métiers (c.-à-d. *Business Process Management Systems* - BPMS) (Weske, 2007).

Ces trois étapes, illustrées à la figure 1.2, ne peuvent être menées à bien que si tous les acteurs participant à ce cycle de vie partagent une même vision, c.-à-d. une vision unifiée des processus métiers de leur organisation. Afin de créer une version unifiée des processus métiers d'une organisation, il faut en faire leur modélisation (c.-à-d. cartographier les processus) d'une manière cohérente.

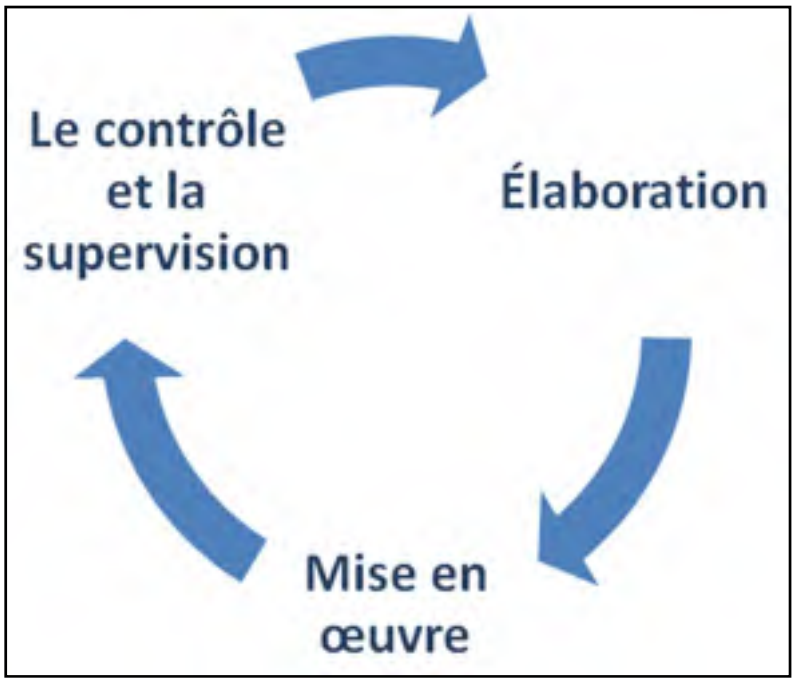


Figure 1.2 Cycle de vie des processus métiers

1.2.3 La modélisation des processus métiers

Rappelons qu'un processus opérationnel (c.-à-d. un microprocessus), d'une organisation est défini comme étant un enchainement d'activités décrivant des activités qui doivent être

menées, par différents acteurs qui coopèrent, selon un ordre bien déterminé et qui doivent respecter des règles graphiques bien précises de la notation utilisée.

Afin d'assurer une représentation cohérente des processus métiers, il est nécessaire de disposer d'une notation comportant une représentation graphique normalisée qui doit être compréhensible autant par un simple technicien, que par un responsable métier et par un gestionnaire. La modélisation des processus métiers de l'organisation peut s'avérer une solution à ce problème, à condition que la représentation finale reflète bien l'état actuel des processus de l'organisation. Il existe plusieurs techniques de modélisation de processus métiers, telles que l'utilisation de :

- Représentations textuelles des processus dans des documents de procédures détaillées;
- Diagrammes ou organigrammes fonctionnels qui sont orientés métier, chaque fonction représente un métier spécifique et décrit les liens de dépendance hiérarchique à l'intérieur de l'organisation;
- Notations (ou langages de représentation) graphiques qui reflètent l'aspect plus dynamique de la réalité du flot de l'information représentée par la vision transversale des transitions d'activités effectuées par différents acteurs de différents métiers. L'utilisation de cette forme de représentation, recommandée par la norme ISO 9001, a pour objectif d'abaisser les barrières entre les différentes unités fonctionnelles et de capturer toute l'information nécessaire afin de comprendre et imager/simuler le processus tel que souhaité par la direction.

Dans le cadre de cette thèse, l'intérêt est porté spécifiquement sur les notations ou langages de modélisation des processus métiers plutôt que sur le volet technologique de ces derniers. Le choix d'un langage graphique de modélisation d'un processus métier est un choix très important pour une organisation. En effet, la qualité d'une représentation graphique d'un processus métier est reflétée par la qualité de la notation utilisée pour modéliser ce processus (Briol, 2008). Il existe plusieurs notations normalisées, créées spécifiquement pour la modélisation des processus (voir la liste du tableau 1.2), dont les plus populaires peuvent être

classées en quatre catégories : 1) orientées activité; 2) orientées objet; 3) orientées évènement et 4) orientées rôle (Monsalve, 2009).

Il est donc souhaitable pour une organisation de modéliser ses processus métiers afin d'assurer une vision commune et partager une seule représentation, autant que possible, aidant ainsi la communication entre les différents services. Pour ce faire, il est utile d'organiser ces processus à l'aide d'une architecture en matière de liens et niveaux de granularité. À cette fin, la norme ISO 9001 propose que les organisations utilisent une architecture de processus comportant trois niveaux conceptuels afin de représenter leurs processus métier : 1) le niveau stratégique; 2) le niveau organisationnel; et 3) le niveau opérationnel. Cette architecture, comportant trois niveaux, est le plus souvent représentée à l'aide d'une pyramide de la documentation d'un processus et est aussi nommée « architecture en poupées russes » (voir la figure 1.3).

Tableau 1.2 Les langages de modélisation des processus métiers les plus répandus
Adapté de Monsalve (2009, p. 137)

Orientés activité	**Orientés objet**	**Orientés évènement**	**Orientés rôle**
BPMN (*Business Process Model and Notation*) Petri Nets IDEF (*Integration DEFinition*)	UML-AD (*Unified Modeling Language-Activity Diagrams*)	EPC (Event-driven Process Chain)	RAD (*Rapid Application Development*).

Cette architecture à trois niveaux permet aussi de s'assurer que les processus métiers modélisés soient bien alignés avec les objectifs de l'organisation et gérés d'une manière efficace et efficiente.

En conclusion, nous avons vu que les objectifs organisationnels, d'alignement, d'efficacité et d'efficience ne pourront être atteints que si l'organisation parvient à bien représenter un enchainement efficace et contrôler ses processus, et ce, en faisant appel à des normes ou des référentiels dits « référentiels d'organisations » spécialisés qui suggèrent, recommandent ou même imposent parfois les bonnes pratiques à suivre.

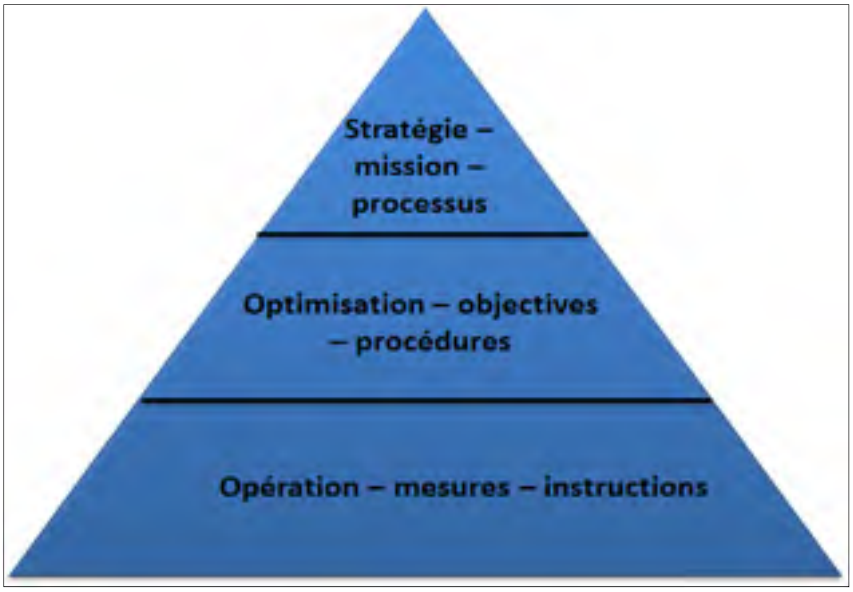


Figure 1.3 Les niveaux de détail d'un processus métier
Adaptée de Monsalve (2009, p. 102)

La section suivante, de cette thèse, va aborder la notion de contrôle à partir de trois référentiels populaires d'organisations choisis pour expérimenter lors de cette thèse et qui possède des contrôles communs/dupliqués permettant ainsi d'être utilisés lors de cette expérimentation.

1.3 Le contrôle tel qu'il est vu par trois référentiels populaires

Cette section décrit différents contrôles internes tels que présentés dans trois référentiels choisis pour imager ce concept dans cette thèse.

Un contrôle de processus peut être défini comme étant « un ensemble d'activités permettant d'assurer qu'un processus soit prévisible, stable et opérant d'une manière cohérente au niveau de fonctionnement ciblé, avec une variation plus ou moins acceptable » (Business Dictionary, 2011). Cette définition représente une vue très générale de la notion de contrôle de processus qui s'inspire fortement du domaine de l'ingénierie et de la production, là où les processus sont, dans la plupart des cas, mesurables (c.-à-d. ayant des caractéristiques physiques telles que la température, la pression, la charge, etc.) et que ces contrôles peuvent être mesurés en temps réel (Zakarian, Wickett et Siradeghyan, 2006).

Dans le domaine de processus métiers organisationnels, le contrôle des processus conserve ces deux mêmes caractéristiques : 1) un ensemble d'activités et 2) la mesure de sa valeur, sauf qu'il n'est pas exécuté et mesuré, dans la plupart des cas, en temps réel et, conséquemment, sa variation n'est pas perceptible immédiatement par la direction. Ceci est dû au domaine d'application dans lequel le processus opère. Par exemple, dans le domaine manufacturier, il est normal d'avoir un contrôle de processus opérationnel fréquent et comportant des intervalles plus stricts que celles du domaine du service, par exemple, les domaines des ventes et de la gestion.

Un contrôle métier a principalement pour objectif de s'assurer que les processus métiers exécutés par les différents acteurs sont :

- alignés avec les objectifs et les visions stratégiques de l'organisation;
- conforme aux politiques internes, aux règlementations, lois ou autres obligations et contraintes extérieures imposées sur l'organisation;
- efficients et efficaces (assurant un certain niveau de qualité et de rendement);
- exécutés d'une façon sécurisée en protégeant les actifs de l'organisation.

Afin de mieux comprendre la notion de contrôle et de bien se la représenter mentalement, une présentation des trois référentiels de contrôles de processus choisis aléatoirement avec l'objectif d'imager le concept dans cette thèse sont présentés : 1) le référentiel COSO; 2) le référentiel COBIT; et 3) le référentiel CMMI. La raison pour laquelle ces trois référentiels ont été choisis se résume dans les points suivants :

1. Ces trois référentiels sont très populaires et utilisés dans la plupart des organisations. À titre d'exemple, ils sont utilisés autant en Amérique qu'en Europe (COBIT, 2005; COSO, 2009; Information Systems Audit and Control Association, 2012a; Software Engineering Institute, 2011);
2. Ces trois référentiels présentent des contrôles des processus métiers pour des processus de génie logiciel, qui sont utilisés lors de notre étude de cas;
3. Il existe des guides de mises en correspondance (de l'anglais « *mapping* ») entre ces trois référentiels, ce qui facilite l'identification des points en commun (c.-à-d. des

contrôles réplétifs du point de vue de l'utilisateur) (Information Systems Audit and Control Association, 2011; 2014; Mallette, 2011; Novais et al., 2013).

1.3.1 COSO (Committee Of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission)

COSO est un référentiel de contrôle interne développé par le *Committee Of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission.* Dans sa première version (Colbert et Bowen, 1996), publiée officiellement pour la première fois en 1992, propose un référentiel de contrôle interne à partir duquel les organisations peuvent évaluer et améliorer leurs systèmes de contrôle (Davis et al., 2011). Dans sa deuxième version (COSO, 2004), publiée en 2004, il vise à élargir sa portée en matière de gestion des risques, offrant ainsi une meilleure compréhension des procédés d'identification, d'évaluation et de traitement des risques. Cette deuxième version de COSO a été largement influencée par la venue en force de la loi Sarbanes-Oxley (SOX) qui a été imposée aux entreprises en bourse dès 2002 pour donner suite aux scandales et fraudes financiers de Enron, Tyco International, Adelphia, Peregrine Systems et WorldCom (Addison-Hewitt, 2002). Cette loi a pris effet afin de ramener la confiance des investisseurs et des actionnaires de compagnie publiques en imposant des contrôles de processus qui sont à la fois transparents et forcent l'engagement des dirigeants des organisations. À titre de référentiel de contrôle interne, COSO définit la notion de contrôle interne comme étant « un processus de l'organisation qui est défini et mis en place sous la responsabilité de cette dernière, et qui vise à fournir une assurance raisonnable quant à la réalisation des objectifs ».

Le référentiel COSO énonce les principes de base suivants (Davis et al., 2011) :

- Le contrôle interne est un processus, ce n'est qu'un moyen pour atteindre une fin et n'est pas une fin en soi;
- Le contrôle interne est assigné à des individus. Il ne s'agit pas d'appliquer juste les politiques et les manuels de procédures, au contraire tout le monde doit être impliqué et responsable, et ce, à tous les niveaux de l'organisation;

- Le contrôle interne est tenu de ne fournir qu'une assurance raisonnable, et n'est pas tenu à une assurance absolue;
- Le contrôle interne doit être adapté à la réalisation des objectifs d'une ou plusieurs catégories indépendantes de l'organisation, susceptibles de se chevaucher.

Dans sa première version, le référentiel COSO définit les cinq composants d'un contrôle interne, à savoir (Autorité des Marchés Financiers, 2007) :

- **L'environnement de contrôle :** l'environnement interne dans lequel se déroule le contrôle. Cela correspond à la culture et l'esprit de l'organisation ainsi que les qualités individuelles de ses collaborateurs, leur intégrité et leur éthique;
- **L'évaluation des risques :** analyser les risques en fonction de leurs probabilités de se produire et de leurs impacts sur l'organisation. Cette évaluation servira à la mitigation des risques;
- **Les activités de contrôle :** l'ensemble des mesures et politiques mises en place en vue de veiller à l'application effective des mesures établies pour la mitigation des risques;
- **L'information et la communication :** les informations pertinentes, fiables, dont la connaissance permet à chaque acteur dans l'organisation d'exercer ses responsabilités. Elles doivent être identifiées, collectées et communiquées dans un format facilitant leurs échanges et communications, tout en respectant les délais. La circulation de l'information doit être efficace, aussi bien verticalement que transversalement au travers de toutes les directions de l'organisation;
- **Le pilotage :** il supervise les processus de contrôle interne par le biais des activités de vérifications internes permanentes ou par le biais de procédures d'évaluation indépendantes externes mises en place à cette fin.

Concernant la gestion des risques, trois processus sont imposés : la fixation des objectifs, l'identification des évènements et le traitement des risques. Avant d'aborder ces processus en détail, il est nécessaire de définir la notion de gestion des risques. Selon COSO, la gestion des risques est un processus mis en œuvre par le conseil d'administration, la direction

Rapport-Gratuit.com

générale, les gestionnaires et l'ensemble des collaborateurs de l'organisation. La gestion des risques doit être prise en compte lors de l'élaboration de la stratégie ainsi que dans toutes les activités de l'organisation. Elle est responsable de l'identification d'évènements potentiels susceptibles d'affecter l'organisation et permet de les gérer dans les limites de son appétence pour le risque. La gestion des risques vise donc à fournir une assurance raisonnable quant à l'atteinte des objectifs de l'organisation (IFACI, PriceWaterhouse-Coopers et Landwell, 2005). Le référentiel COSO propose donc trois processus pour la gestion du risque :

- **La fixation des objectifs :** il est nécessaire de fixer, au préalable, les objectifs de l'organisation afin de définir les évènements potentiels susceptibles d'affecter la réalisation;
- **L'identification des évènements :** il faut identifier tous les évènements externes et internes qui peuvent subvenir et affecter la réalisation ou l'atteinte d'objectifs fixés par l'organisation, tout en faisant la distinction entre risques et opportunités;
- **Le traitement des risques :** il faut aussi proposer des stratégies, des solutions et des mesures à prendre pour faire face aux risques identifiés (c.-à-d. l'évitement, l'acceptation, la réduction ou le partage).

Une question peut se poser : quelle est la relation entre « contrôle interne » et « gestion des risques » ?

Le référentiel COSO considère que le contrôle interne est une partie intégrante du dispositif de gestion des risques. Pour cette raison, la deuxième version de COSO (orienté vers la gestion des risques) intègre totalement COSO 1 (orienté vers le contrôle interne). Ce dernier a fait ses preuves et constitue le fondement des règles, règlementations ou lois actuellement en vigueur et est actuellement le référentiel le plus important de contrôle interne des organisations (Davis et al., 2011; IFACI, PriceWaterhouse-Coopers et Landwell, 2005).
Il est clair que le référentiel de contrôle interne et de gestion des risques proposé par COSO offre plusieurs avantages aux organisations. Cependant, ce référentiel, aussi bien conçu et appliqué soit-il, ne peut pas fournir une garantie absolue quant à la réalisation des objectifs de la société (Autorité des Marchés Financiers, 2007). Ces limites résultent principalement

des facteurs suivants (Autorité des Marchés Financiers, 2007; IFACI, PriceWaterhouse-Coopers et Landwell, 2005) :

- Les erreurs de jugement lors de prise de décisions;
- Les contrôles susceptibles d'être déjoués par collusion entre deux ou plusieurs individus;
- La nécessité de prendre en compte le rapport couts/bénéfices dans le choix de mesures à prendre concernant les risques comparé au cout des contrôles internes afin d'atteindre un équilibre raisonnable.

Un contrôle COSO est principalement composé :

- D'un objectif de contrôle;
- De pratiques de contrôle;
- De risques à mitiger.

Le tableau 1.3 présente un exemple de contrôle COSO (COSO, 2012) tel qu'il est représenté dans une organisation.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Tableau 1.3 Exemple de contrôle COSO
Adapté de COSO (2012)

Objectif de contrôle	Pratiques de contrôle	Risques à mitiger
« Avoir un personnel hautement qualifié, opérant selon les objectifs de l'organisation et ses valeurs d'éthique »;	- Documenter la phase de test du logiciel tout en spécifiant les outils utilisés, les étapes suivies et les résultats de chacune de ces étapes. Cette documentation va permettre la formation de nouveaux employés et jouer le rôle d'un outil de référence pour les employés actuels et protéger les logiciels financiers de l'organisation; - Vérifier si la formation en qualité logiciel (que le personnel doit suivre) est conforme aux valeurs d'éthique et d'intégrité de l'organisation; - Vérifier si la formation en qualité logiciel (que le personnel doit suivre) est conforme aux plans stratégiques de l'organisation.	- Risque d'introduction d'instructions frauduleuses dans les logiciels financiers de l'entreprise ; - Personnel non qualifié; - Les valeurs d'éthique de l'entreprise ne sont pas transférées à ses employés; - Personnel non qualifié.

1.3.2 COBIT (*Control Objectives for Information and related Technology*)

COBIT (*Control Objectives for Information and related Technology*) est un référentiel qui découle directement des principes du référentiel COSO, et qui présente un cadre de références pour le contrôle interne de la gestion des SI (Systèmes d'Information) d'une organisation. Développé en 1994 et publié pour la première fois en 1996 par « *L'Information Systems Audit and Control Association »* (ISACA), COBIT a pour objectif de fournir des indicateurs, des processus et de bonnes pratiques permettant de gouverner, contrôler et maximiser l'efficacité des systèmes d'information des organisations.

COBIT se positionne à la fois comme un référentiel de contrôle et un référentiel de gouvernance. En effet, dans ses premières versions (c.-à-d. la version 3 et les versions antérieures), COBIT était destiné principalement aux besoins des vérificateurs informatiques afin d'effectuer des contrôles sur les SI et de partager, entre eux, les mêmes pratiques pour

l'ensemble des organisations. C'est à partir de la version 4, de COBIT, que le volet management a été ajouté (Damianides, 2005; Fox et Zonneveld, 2006; Moisand et De Labareyre, 2009).

COBIT propose une approche orientée processus composée de 36 processus de contrôle. Il propose plus de 400 contrôles détaillés pour le SI (Information Systems Audit and Control Association, 2012e; Radovanovic et al., 2010b).

Les processus de COBIT peuvent être abordés selon deux points de vue complémentaires :

- Le point de vue du « guide de management » : adopté principalement par des gestionnaires de processus métiers;
- Le point de vue « objectif de contrôle » : adopté principalement par des vérificateurs informatiques.

Dans le cadre de cette recherche, l'intérêt n'est porté que sur le point de vue du contrôle (c.-à-d. qui est principalement reflété par la version 4.1 de COBIT). IT Governance Institute (2000; 2005) présente plus de détails concernant la perspective « *management* » de COBIT.
COBIT propose des contrôles internes à plusieurs niveaux de l'organisation (Fox et Zonneveld, 2006; IT Governance Institute, 2000; 2005) :

- **Les contrôles niveau entité :** ces contrôles sont d'ordre général et ont une portée organisationnelle. Ce sont des contrôles internes qui permettent de vérifier si les directives de gestion de l'organisation sont bien appliquées. Ces contrôles peuvent inclure : le contrôle d'application des stratégies et plans, le contrôle des procédures et politiques, les activités d'évaluation du risque, etc.;
- **Les contrôles TI d'ordre général :** assurent la fiabilité des SI et des données qu'ils fournissent. Ce niveau de contrôle inclut, parmi les plus populaires, le contrôle du développement de logiciel, le contrôle d'accès aux systèmes et aux données, le contrôle de version documentaire et du code source des logiciels, etc.;
- **Les contrôles d'application :** ce sont des contrôles inclus dans le code source des logiciels qui permettent de s'assurer de la complétude et l'exactitude des traitements

faits sur les données de l'organisation. Des exemples de contrôle d'application sont : le contrôle d'identification, le contrôle d'authentification, le contrôle d'intégrité des données, etc.

COBIT (dans sa version 5 et 4.1) et les nombreux objectifs de contrôle qu'il propose se limite à proposer des objectifs à atteindre pour les organisations. Il ne décrit pas, pratiquement, comment ces derniers (c.-à-d. les objectifs) doivent être implémentés. Pour atteindre ces objectifs, COBIT se contente de proposer de bonnes pratiques qui sont toujours énoncées d'une manière générale permettant ainsi d'être applicables à toutes sortes d'organisations dans toutes sortes d'industries. Pour cette raison, une organisation qui veut instaurer un système de contrôles fait appel, en plus de COBIT, à d'autres normes complémentaires qui décrivent avec plus de détails le « Comment faire ».

Dans un contexte d'audit de SI, Radovanovic et al. (2010c) proposent une approche (voir la figure 1.4) basée sur l'utilisation de COBIT conjointement avec d'autres normes (Radovanovic et al., 2010c) :

- **ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*)** (Chamfrault et Durand, 2007b; The IT Service Management Forum, 2007);
- **ISO 9000** (International Organization for Standardization, 2008);
- **ISO/IEC 27002** (Calder et Watkins, 2008; Forte et Power, 2007; International Organization for Standardization, 2005).

Cette situation, d'utiliser plusieurs normes et référentiels de manière à bien couvrir le risque à partir de plus d'une perspective est courante dans les organisations modernes. Pour aider avec cette situation, ISACA offre une panoplie de documents qui décrivent comment utiliser conjointement les normes et les référentiels les plus connus à COBIT (Information Systems Audit and Control Association, 2011), tels que : le CMMI, le PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), le TOGAF (*The Open Group Architecture Framework*) et bien d'autres.

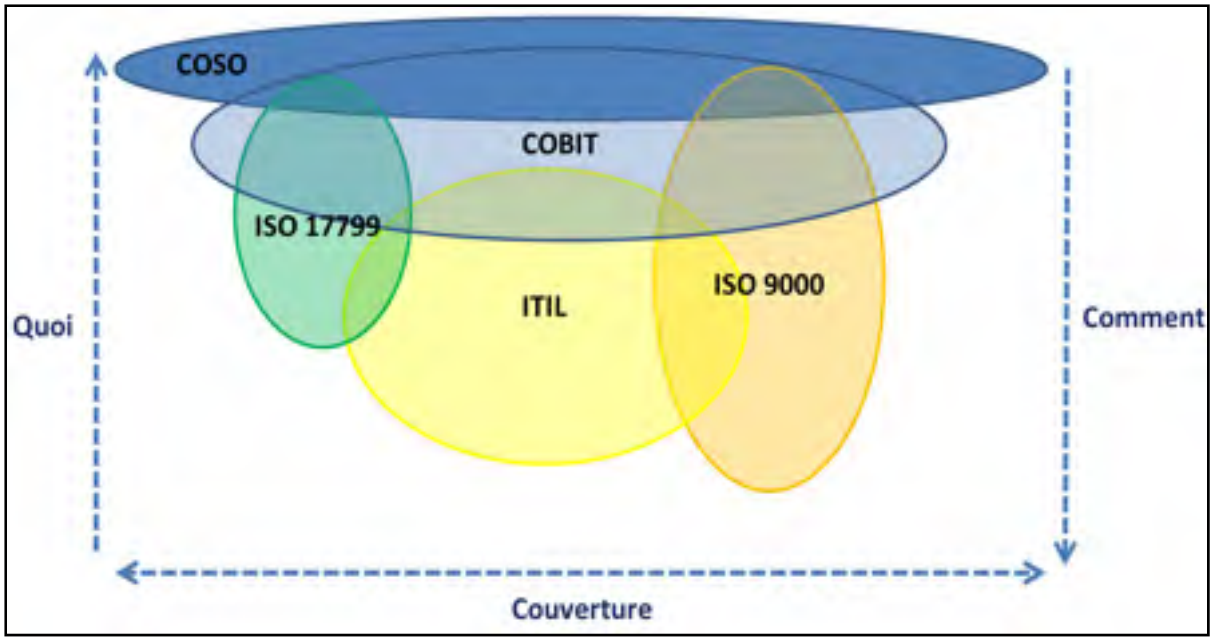


Figure 1.4 COBIT comme un consolidateur.
Adaptée de Radovanovic (2010c, p. 1137)

Un contrôle COBIT est principalement composé :

- D'un objectif de contrôle;
- De pratiques de contrôle;
- De risques à mitiger.

Le tableau 1.4 présente un exemple de contrôle COBIT (IT Governance Institute., 2007).

Tableau 1.4 Exemple de contrôle COBIT
Adapté de IT Governance Institute (2007)

Objectif de contrôle	Pratiques de contrôle	Risques à mitiger
« Une éducation efficace de tous les utilisateurs des systèmes informatiques, y compris les informaticiens »;	- S'assurer de mettre à jour régulièrement le programme de « formation en planification des ressources humaines ». - S'assurer que la « formation en planification des ressources humaines » est conforme à : ▪ la stratégie de l'organisation et ses objectifs actuels et futurs; ▪ les valeurs de l'organisation (valeurs éthiques, culture de contrôle et de sécurité, etc.); - Revoir le programme de la « formation en planification des ressources humaines » et confirmer qu'il répond bien aux besoins fixés au départ pour avoir cette formation.	- Les membres du personnel sont insuffisamment formés pour remplir leurs fonctions; - Les mécanismes de formation sont inefficaces; - Capacités sous-utilisées des applications installées.

1.3.3 CMMI (Capability Maturity Model Integrated)

Le référentiel CMMI « *Capability Maturity Model Integration* » est un modèle des meilleures pratiques de développement de logiciel permettant l'évaluation du niveau de maturité d'une organisation. Le CMMI est une évolution du modèle CMM, développé en 1989 par le « *Software Engineering Institute* » (SEI) de l'Université Carnegie Mellon située à Pittsburgh aux États-Unis. Cette norme industrielle visait à répondre initialement au besoin du département de la défense des États-Unis afin de diminuer les risques de dépassement des échéanciers et des couts des projets de développement de logiciel (Software Engineering Institute, 2011).

Le référentiel CMMI s'est rapidement déployé dans les organisations spécialisées en développement de logiciel de toutes les industries. Les meilleures pratiques proposées par le CMMI sont applicables dans plusieurs domaines d'activité. Le CMMI a pour objectifs :

- D'améliorer la qualité des livrables;

- De garantir la satisfaction du client en répondant au mieux à ses exigences;
- D'améliorer la productibilité (donc réduction des couts et respect des délais);
- D'assurer une meilleure gestion du risque et du projet.

Le référentiel CMMI propose 25 processus clés (de l'anglais « Process Areas ») qui sont regroupés en domaine et par niveau de maturité. Dans sa perspective en niveau de maturité (la perspective la plus utilisée), chaque processus décrit comment l'organisation peut progresser d'un niveau de maturité à l'autre. Le CMMI propose qu'une organisation SI progresse du niveau 1 au niveau cinq de maturité (Kulpa et Johnson, 2008) :

- **Niveau 1 (*initial*) :** c'est le niveau par défaut atteint par toutes les organisations, dans lequel il n'y a aucune organisation du travail. Tout dépend des compétences des individus et de leurs niveaux de professionnalisme. Aucun contrôle n'est instauré à ce niveau de maturité. Les projets peuvent réussir à atteindre leurs objectifs tout de même, mais souvent avec un dépassement des délais et des couts et sans grande assurance de bien répondre aux besoins et attentes du client;
- **Niveau 2 (*géré*) :** à ce niveau de maturité, il y a l'instauration des règles et des disciplines de gestion classiques (c.-à-d. la spécification de plans et étapes-clés avec vérification des couts et de l'échéance) au niveau de chaque projet, de manière à ce que les nouveaux projets soient planifiés à partir de l'expérience d'autres projets quasi identiques;
- **Niveau 3 (*défini*) :** à ce niveau de maturité, l'organisation commence à adopter de bonnes pratiques ainsi que des politiques de gestion efficace, et ce, non seulement au niveau des projets locaux d'une direction, mais aussi à l'échelle de toute l'organisation. De cette manière, l'organisation dispose ainsi d'outils et de méthodes qui lui permettent de gérer et d'améliorer d'une façon cohérente tous ses processus SI;
- **Niveau 4 (*géré quantitativement*) :** à ce niveau de maturité, l'organisation devient apte à mesurer la qualité de ses livrables, la réussite de ses projets, sa performance ainsi que l'analyse des écarts qui peuvent exister entre la planification et la réalisation;

- **Niveau 5 (*en optimisation continue*) :** c'est le plus haut niveau de maturité qu'une organisation qui développe des Systèmes d'Information (SI) puisse atteindre, dans lequel ses processus sont en optimisation continue en vue de les garder continuellement alignés avec les objectifs.

Chaque niveau de maturité est encadré par un ensemble d'objectifs génériques. Pour chacun de ces objectifs, le référentiel CMMI spécifie un ensemble de pratiques et de contrôles, qui permettent d'atteindre ces objectifs (Kulpa et Johnson, 2008).

L'atteinte d'un niveau de maturité donné n'est possible que si les niveaux de maturité précédents sont déjà atteints nécessitant aussi que les objectifs génériques et spécifiques (c.-à-d. de chaque pratique) soient atteints à leur tour.

Un contrôle du référentiel CMMI est composé :

- d'un objectif de contrôle;
- de pratiques de contrôle.

Tableau 1.5 Exemple de contrôle CMMI
Adapté de Software Engineering Institute (2014)

Objectif de contrôle	Pratiques de contrôle
« Développer les compétences et les connaissances du personnel afin qu'ils puissent jouer leur rôle efficacement »;	- Vérifier pour le plan stratégique de l'année 2015 s'il inclut des budgets et des échéanciers alloués pour des fins de formation du personnel; - Vérifier si le personnel affecté au projet de mise en place d'une plateforme de cybercommerce nécessite une formation additionnelle ou non. Si oui, vérifier si le plan de ce projet inclut des échéanciers et des budgets destinés à cette formation.

Le tableau 1.5 présente un exemple de contrôle CMMI (Software Engineering Institute, 2014).

1.3.4 Comparaison des différents référentiels d'un point de vue du contrôle

COSO, COBIT et CMMI sont des référentiels populaires utilisés par les organisations qui comportent une division en technologie de l'information. Chacun de ces référentiels possède ses propres particularités (voir Tableau 1.6), cependant, ils proposent tous, à peu de choses près, la même structure de contrôle.

Tableau 1.6 Tableau comparatif des référentiels COSO, COBIT et CMMI

	COSO	COBIT	CMMI
Objectif	Contrôle interne des processus métiers.	Contrôle interne des processus TI.	Évaluation du niveau de la maturité des processus TI.
Domaines ou composants	Composants : - L'environnement de contrôle. - L'évaluation des risques. - Les activités de contrôle. - L'information et la communication. - Le pilotage. - La fixation des objectifs. - L'identification des évènements. - Le traitement des risques.	Domaines : - Évaluer, diriger et surveiller. - Aligner, planifier et organiser. - Construire, acquérir et implémenter. - Délivrer, servir et supporter. - Surveiller, évaluer et estimer.	Domaines : - Gestion du processus. - Gestion du projet. - Ingénierie. - Support.
Domaine d'application	Toute l'organisation.	Technologie de l'information.	Technologie de l'information.
Propriétaire	COSO	ISACA	SEI
Audience primaire.	Gestionnaires.	Auditeurs de SI, gestionnaires.	Développeurs de produits, de processus.

Ces référentiels partagent le même avis concernant la nécessité d'avoir un système de contrôles au sein d'une organisation SI. Ils proposent six caractéristiques qu'un contrôle doit démontrer, à savoir :

Rapport-Gratuit.com

1. L'objectif à atteindre par l'implémentation du contrôle en question. Ceci permet de faire le lien entre le contrôle et l'objectif métier pour lequel il est mis en place;
2. Le ou les risques courus en cas où le contrôle n'est pas instauré ou respecté. Ceci permet d'avoir une idée sur l'importance du contrôle à mettre en place et justifier le cout d'implémentation de ce dernier;
3. L'ensemble des pratiques à suivre pour instaurer le contrôle. Cela consiste à diviser le contrôle en un ensemble de pratiques à mettre en place, nécessaire au bon déroulement de ce dernier;
4. Un contrôle peut être spécifique à un processus donné, ou générique pour un ensemble de processus appartenant à un même domaine;
5. Le ou les responsables sur le bon déroulement du contrôle;
6. Le niveau auquel le contrôle intervient au sein de l'organisation (niveau stratégique, organisationnel ou opérationnel).

Les exemples de contrôles COSO, COBIT et CMMI présentés à la fin des sections 1.3.1, 1.3.2 et 1.3.3 présentent des pratiques de contrôles qui partagent le même objectif de contrôle « assurer une formation continue du personnel afin d'avoir des employés hautement qualifiés ». Aussi, il faut noter que ces contrôles partagent certaines pratiques similaires, voire même répétitives, de contrôle. Par exemple, la pratique de contrôle COSO « Vérifier si la formation en qualité logiciel (c.-à-d. que le personnel doit suivre) est conforme aux plans stratégiques de l'organisation. » (citée à la fin de la section 1.3.1), est équivalente à :

- celle proposée par le référentiel COBIT : « S'assurer de mettre à jour régulièrement le programme de « formation en planification des ressources humaines ». » (citée à la fin de la section 1.3.2);
- et celle proposée par le référentiel CMMI : « Vérifier pour le plan stratégique de l'année 2015 s'il inclut des budgets et des échéanciers alloués pour des fins de formation du personnel. » (citée à la fin de la section 1.3.3).

Ainsi, comme c'est le cas ici, avec seulement trois référentiels, on observe rapidement qu'il y a des objectifs et des pratiques de contrôle dupliquées du point de vue de l'utilisateur. Sachant que dans une organisation, il peut y avoir bien plus que trois référentiels et normes

utilisées à la fois, nous pouvons imaginer le grand nombre de pratiques de contrôles dupliqués qu'il est possible d'y retrouver. Cette duplication augmente l'effort et le cout que l'organisation doit défrayer afin de gérer les pratiques de contrôles dupliqués. Étant donnée cette situation, il serait utile d'avoir une approche de contrôles multiperspectives qui permettrait d'avoir une vision d'ensemble des contrôles de l'organisation qui permettrait de remédier à la situation où les contrôles sont dupliqués.

Malgré la présence de plusieurs recoupements entre les référentiels et malgré le consensus de l'industrie concernant l'importance des contrôles, il n'y a toujours pas d'accord clair sur la façon dont un contrôle doit être mené. Ceci peut s'expliquer par deux raisons :

- La première est que chaque référentiel s'intéresse à un domaine spécialisé donné et une audience particulière, donc les contrôles seront décrits du point de vue du domaine et de l'auditoire auxquels s'intéresse le référentiel en question (à partir duquel émergent ces contrôles) . Pour cette raison, il peut y avoir les mêmes contrôles dans plusieurs autres référentiels, mais chacun est abordé à partir d'une certaine perspective spécialisée;
- La deuxième raison est liée aux particularités de chaque organisation. En effet, chaque organisation a ses propres besoins et pratiques en matière de contrôle interne. Pour cette raison, il ne faut pas espérer l'apparition future d'un guide détaillé de mise en place d'un système de contrôles internes applicable à toutes les organisations et dans tous les contextes.

En conclusion, les référentiels sont utiles afin d'aider à encadrer l'organisation lors de l'étape de mise en place d'un système de management de processus ou lors de la modélisation des processus qui doivent inclure les différents contrôles. Cependant, ces référentiels ne décrivent pas comment, techniquement, instaurer ni adapter les contrôles à des situations bien particulières. Ils se limitent souvent à proposer des lignes directrices qui peuvent servir à guider l'organisation lors de la mise en place des contrôles. C'est à l'organisation de sélectionner les contrôles qui lui sont appropriés et de mettre en place des procédés pour mettre en œuvre (représenter et mesurer) ces contrôles.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

La section qui suit présente, dans un premier temps, un survol des méthodes utilisées par les organisations afin de mettre en place les contrôles et, dans un deuxième temps, une discussion concernant si la mise en place de ces contrôles dépend seulement de la perspective à partir de laquelle le responsable les instaure.

1.4 Les perspectives et approches de contrôle des processus métiers

L'identification et la mise en place d'un contrôle à l'intérieur des processus métiers est la responsabilité de tous les acteurs de l'organisation. Lors du processus de mise en place d'un système de contrôles, chacun des acteurs impliqués (c.-à-d. gestionnaire, vérificateur, responsable financier, responsable de sécurité, etc.) essaye, à partir de la perspective propre à son métier, d'identifier et de définir des contrôles qui lui semblent nécessaires et, par la suite, d'identifier les moyens de les instaurer dans les processus organisationnels.

Tout au long de cette thèse, une approche de contrôle des processus métiers est définie comme suit : « toute approche dont l'objectif est d'identifier et de mettre en place des contrôles internes afin de contrôler des processus métiers et de s'assurer que ces derniers s'exécutent conformément aux exigences de la perspective à partir de laquelle émergent ces contrôles internes ».

Ceci amène à classer les approches de contrôle selon leur perspective. Certains chercheurs (Sadiq, Governatori et Namiri, 2007) proposent de classer les approches de contrôle selon la phase au cours de laquelle celles-ci détectent les anomalies : « avant le fait » (c.-à-d. préventives) ou « après le fait » (c.-à-d. défectives ou correctives). Les approches d'audit et de vérification manuelle des processus, suite à leur exécution, constituent un exemple d'approches dites « après le fait ». La simulation et la vérification des contrôles représentent un exemple d'approches dites « avant le fait ».

Dans la littérature, il n'existe aucune classification des approches de contrôle des processus métier. Une des contributions de cette thèse est de proposer une classification des approches

de contrôle selon les perspectives à partir desquelles celles-ci émergent. Ainsi, les approches de mise en place d'un système de contrôles peuvent être classées selon les cinq perspectives suivantes qui sont décrites dans les sections 1.4.1 à 1.4.5 ici-bas:

1. La perspective de contrôles de gestion;
2. La perspective de contrôles de sécurité et d'accès aux actifs de l'organisation;
3. La perspective de contrôles d'audit;
4. La perspective de contrôles législatifs, et;
5. La perspective de contrôles de la qualité.

1.4.1 Perspective de contrôles de gestion

Plusieurs chercheurs (Bider et Striy, 2008; Gamble et Thompson, 2012; L. Ratliff, 1998; Stefansen et Borch, 2008) publient des exemples d'approches qui découlent de la perspective de gestion et de la stratégie de l'organisation. Certaines de ces approches (Bider et Striy, 2008; L. Ratliff, 1998) sont spécifiques aux contrôles des procédures bureaucratiques qu'une organisation peut avoir, sans pour autant être conforme à une norme ou un référentiel. D'autres propositions visent plus à être conformes à une norme tout en essayant de définir leurs contrôles en fonction de cette dernière. Ceci est le cas de Gamble et Thompson (2012) qui s'inspirent de la norme ISO 9000, pour la définition de trois types de contrôles internes :

- **Les contrôles stratégiques :** qui assurent l'application des stratégies de l'organisation;
- **Les contrôles organisationnels :** qui opèrent dans le cadre des contrôles stratégiques mis en place. Cependant, ces contrôles sont propres à une entité donnée (c.-à-d. projet, produit, fonction, centre de responsabilité, etc.);
- **Les contrôles opérationnels :** qui sont dérivés des contrôles organisationnels et assurent le contrôle continu des opérations de l'organisation (c.-à-d. à base journalière).

La différence majeure entre chacun de ces types de contrôles (c.-à-d. stratégiques, organisationnels et opérationnels) est la période de vérification des contrôles. En effet,

prenons l'exemple des contrôles stratégiques, ces derniers pourraient être vérifiés une fois par trimestre, tandis que les contrôles opérationnels devraient être vérifiés continuellement (Gamble et Thompson, 2012). Par exemple, l'activité de vérification des quantités des stocks de matières premières afin de s'assurer que la production ne soit pas interrompue représente un exemple typique de contrôle opérationnel.

1.4.2 Perspective de contrôles de sécurité et d'accès aux actifs de l'organisation

La perspective de contrôles de sécurité et d'accès aux actifs informationnels d'une organisation est parmi les perspectives les plus répandues dans les organisations modernes. Cette importance découle de la présence grandissante de l'utilisation des TI, de l'importance des risques mitigés par ce type de contrôles et de la valeur grandissante que comportent les actifs informationnels pour une organisation. Selon la perspective sécurité, l'objectif principal d'un contrôle est la protection des actifs contre les fraudes et les utilisations inappropriées (Leslie et Andrea, 2008).

Plusieurs travaux de recherche (Bouchahda et al., 2010; Karimi, 2009; Kern et Walhorn, 2005; Wolter, Weiss et Meinel, 2009; Wolter et al., 2009) proposent des approches de contrôle de sécurité dirigées par les modèles « *model-driven* » pour la mise en place de politiques et contrôles de sécurité. À l'aide de ces approches, les auteurs proposent de représenter graphiquement l'endroit où se situent les contrôles de sécurité, à l'aide d'annotations dans les représentations existantes des processus métiers, ceci afin de permettre aux experts métiers et experts de sécurité de définir leurs contrôles de sécurité d'une manière collaborative et au même niveau d'abstraction (c.-à-d. la représentation graphique commune du processus métier), utilisant le même langage (c.-à-d. des annotations graphiques communes).

Ramaswamy (2000) propose aussi une approche, mais cette fois plus formelle de contrôle d'accès aux actifs de l'organisation. Cette approche comporte six étapes et a pour objectif la mise en place d'un service automatisé de contrôle d'accès opérationnel. L'approche proposée

est basée sur l'analyse des opérations et méthodes incluses dans un Système d'Information (SI), au niveau applicatif et opérationnel, et l'exécution de la correspondance entre ces opérations et les politiques d'accès imposées par l'organisation, ceci afin de dériver un ensemble de contraintes opérationnelles qui vont gouverner ces opérations (Ramaswamy, 2000). Contrairement à Ramaswamy (2000), Shuai, Hongming et Boyi (2010) comptent plus sur l'analyse des ressources utilisées par le processus métier afin de définir, à partir de son état, un automate fini (c.-à-d. les automates finis constituent le modèle le plus élémentaire de machine) (Pin, 2006), qui contrôle l'exécution du processus métier ainsi que ses accès (Shuai, Hongming et Boyi, 2010).

S'assurer que le pare-feu du SI de l'organisation est à jour et tester sa performance contre les intrusions présente un exemple typique de contrôle de sécurité et d'accès aux actifs de l'organisation.

1.4.3 Perspective de contrôles d'audit

L'audit est l'une des perspectives les plus utilisées du domaine de contrôle des processus métiers. Ceci découle de la nature de l'activité d'audit en elle-même, qui se définit comme étant : « une activité de contrôle et de conseil menée par un expert indépendant du domaine en vue soit d'améliorer la qualité ou d'évaluer la conformité des processus métiers » (Carlin et Gallegos, 2007). À cette fin, un auditeur a besoin de savoir 1) quels sont les contrôles implémentés au sein d'un processus métier et 2) le degré de conformité vis-à-vis des objectifs de contrôle (Amancei, 2010; April, Abran et Merlo, 1998; Carlin et Gallegos, 2007; Davis et al., 2011; Premaratne et al., 2010; Spremic et Popovic, 2008). Le degré de conformité est généralement déterminé grâce à un ensemble de mesures qualitatives calculées à partir d'une vérification de chaque élément d'une liste de vérification (April, Abran et Merlo, 1998), ou encore par l'association d'un pointage à des éléments d'audit et le rajustement de ce pointage selon la conformité des contrôles évalués (Ouanouki et April, 2007). Les résultats de cette mesure peuvent être aussi représentés sous forme d'histogrammes ou de graphiques (voir la figure 1.5).

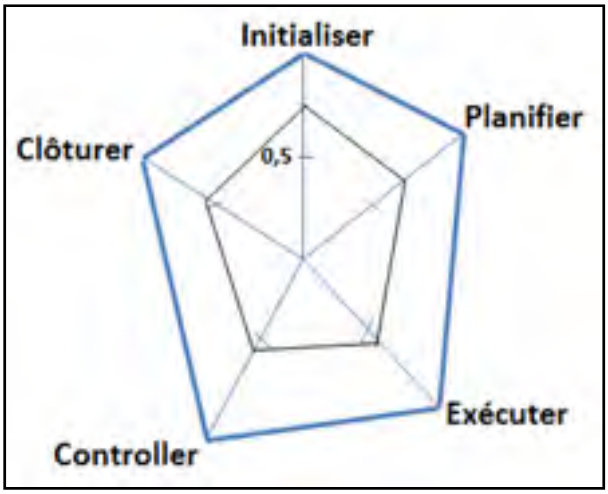


Figure 1.5 Exemple de conformité de gestion
de projet (graphique en radar)
Adaptée de April, Abran
et Merlo (1998, p. 485)

S'assurer que tout document doit être signé et daté présente un exemple typique d'un contrôle d'audit.

1.4.4 Perspective de contrôles législatifs

La perspective d'audit, dans le contrôle des processus métiers, est très influencée par la perspective de contrôle de conformité législative, surtout dans le contexte d'audit externe. Le « *Sarbanes-Oxley Act* » ou son équivalent au Canada, la *loi C198*, représentent des exemples typiques de lois qui obligent les organisations à instaurer des contrôles internes dans leur processus métiers et d'en mesurer la conformité afin d'assurer la véracité des rapports financiers. En effet, ces lois obligent toute organisation, cotée en bourse, de bien documenter ses processus métiers ainsi que ses contrôles internes. Selon la perspective du groupe des Technologies de l'Information (TI), ceci se traduit par la mise en place d'un projet de formalisation des processus existants et de l'identification de contrôles liés aux systèmes d'information financiers (Leslie et Andrea, 2008). Pour atteindre ce but rapidement, plusieurs spécialistes recommandent l'utilisation, mot à mot, de référentiels existants tels que COBIT (Spremic et Popovic, 2008), pendant que d'autres (Ouanouki et April, 2007) préfèrent adapter légèrement les processus actuels de l'organisation en interprétant chaque contrôle

COBIT afin de minimiser la gestion du changement organisationnel. En effet Ouanouki et April (2007) présentent un exemple d'approche, dans lequel ils décrivent en détail 1) comment décrire les contrôles COBIT dans un processus de tests de logiciel, et 2) comment mesurer la conformité du processus de tests afin qu'il soit conforme aux exigences de la loi C198. Ouanouki et April (2007) proposent l'algorithme suivant de mesure de conformité:

- La mesure de conformité est fixée par défaut à 100%;
- Pour chaque information qui manque, des points seront enlevés. Ces points sont déterminés en fonction de l'importance de l'information qui est omise. Dans l'exemple de la figure 1.6, si « l'approbation n'est pas clairement mentionnée », 10% seront enlevés de la mesure de conformité actuelle;
- Selon la valeur de la mesure de conformité finale, une couleur serait associée à la mesure (figure 1.6).

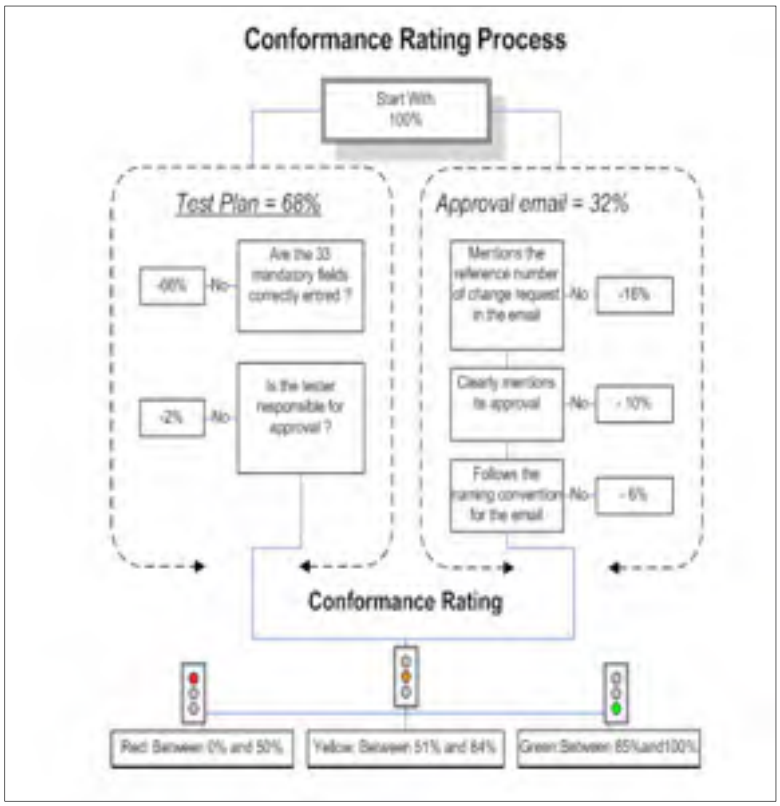


Figure 1.6 Algorithme de mesure de conformité
Tirée de Ouanouki et April (2007, p. 34)

Dissaux et IT General Control Matrix (2007) présentent un autre exemple d'approche dans lequel les spécialistes proposent d'adapter les référentiels et ne pas les utiliser tels quels (par exemple, ceci est souvent le cas d'utilisation préféré des grandes firmes de comptables agrées). Tout comme Ouanouki et April (2007), Dissaux et IT General Control Matrix (2007) proposent de mesurer la conformité en associant des caractéristiques d'existence, d'efficience et de documentation à une couleur pour chaque contrôle (c.-à-d. rouge : non conforme, jaune : partiellement conforme et vert : complètement conforme). Dissaux et IT General Control Matrix (2007) proposent leur propre matrice (voir la figure 1.7) pour mesurer la conformité. Exemple, selon Dissaux et IT General Control Matrix (2007) un contrôle qui existe et qui est efficient, mais non documenté est un contrôle partiellement conforme. Un autre exemple, un contrôle qui existe et qui est documenté, mais non efficient est un contrôle non conforme.

Control legend						Control status
existence		efficiency		documentation		
yes	no	yes	no	yes	no	Color
X		X		X		GREEN
X		X			X	YELLOW
X			X	X		RED
X			X		X	RED
	X					RED

Figure 1.7 Matrice de mesure de conformité
Tirée de Dissaux et IT General Control Matrix (2007, p. 4)

1.4.5 Perspective de contrôles de la qualité

En plus de la conformité légale, discutée dans la section précédente, les organisations ont un autre souci lié à la performance et la qualité de leurs processus et de leurs produits. En effet, étant donnée la compétition de plus en plus accrue entre les organisations et la complexité des procédés et procédures utilisés au sein de ces dernières, les organisations cherchent de plus en plus à améliorer la qualité de leurs produits en adoptant des normes de la qualité telles que l'ISO 9001 (Hoyle, 2006) ou, pour les organisations qui opèrent dans le domaine

du logiciel, des référentiels tels que CMMI (Kasse, 2004) ou encore des approches d'amélioration continue telles que le Lean et le Six Sigma (6σ) (Allen, 2006; Anand, Ward et Tatikonda, 2010). Bien que les contrôles statistiques soient appliqués le plus souvent dans un contexte industriel, il y a des approches qui appliquent ce type de contrôles aussi dans le domaine TI. Tel est le cas de l'étude de Yongchang et al. qui est fondée sur les principes de la distribution normale (3σ) afin d'établir des niveaux maximum (*Upper control Limit*- UCL) et minimum de services (*Lower Control Limit* - LCL) qui visent à conserver un niveau acceptable d'erreurs au sein d'un SI (Yongchang et al., 2011). D'autres expériences (Execution-MiH, 2011) admettent que la qualité d'un SI dépend principalement de la qualité des données gérées par les processus métiers qu'il automatise. En effet, d'après Execution-MiH (2011), un SI n'est robuste que si ses processus métiers le sont, et pour atteindre cet objectif, il faut que les processus métiers mécanisés par l'application informatique soient capables de gérer correctement les données avant même qu'elles soient entrées dans les interfaces du logiciel, et après, qu'elles soient validées par ce dernier. Afin d'assurer la robustesse d'un SI, Execution-MiH (2011) propose d'intégrer aux processus métiers, avant leur automatisation, des contrôles tels que :

- L'utilisation de listes de vérification (de l'anglais *checklists*) des données, avant et après leurs entrées dans le système;
- La double vérification des données;
- La centralisation des contrôles liés aux données et aux formulaires et documents qui lui sont liés.

Les approches de contrôles d'ordre général, qui n'appartiennent à aucune des perspectives listées ci-dessus, sont le sujet de la prochaine section.

1.4.6 Approches de contrôles d'ordre général

Les différentes perspectives spécialisées d'approches de contrôles, présentées ci-dessus, sont toutes utilisées afin d'assurer un bon déroulement des activités quotidiennes de l'organisation. Dans cette section des approches d'ordre général seront présentées.

Rapport-Gratuit.com

Une approche de contrôle de processus métiers d'ordre général s'intéresse au contrôle indifféremment d'une perspective spécifique. Les partisans des approches d'ordre général (Anderson et al., 2005; Ball, Levin et Rajamani, 2011; Charlotta, 2010; Classen et al., 2011; Hanley, 1993; Kehlenbeck, Sandner et Breitner, 2010; Natovich et Vasarhelyi, 1997; Oditis et Bicevskis, 2010; Sadiq, Governatori et Namiri, 2007; Succi et al., 2000) observent que chaque organisation possède sa spécificité propre et ses propres besoins en termes de contrôle. Ils proposent que ce ne soit que lors de la mise en place d'un système de contrôles que quelques pratiques communes et indispensables, telles que la modélisation graphique des contrôles métiers, seront nécessaires. Sadiq, Governatori et Namiri (2007) proposent que la représentation graphique des processus métiers est l'étape la plus indiquée afin d'identifier, modéliser et situer les contrôles de conformité dans les processus de l'organisation. Selon Sadiq, Governatori et Namiri (2007), la modélisation des processus métiers et la modélisation des contrôles métiers représentent deux étapes distinctes, mais interdépendantes lors de la conception d'un système de contrôle d'une organisation. Selon eux, elles sont distinctes, étant donné qu'elles vont être créées indépendamment, à différents moments, par différents acteurs, utilisant potentiellement des représentations propres à chacun. Cependant, ces différents acteurs doivent converger afin d'atteindre les objectifs métiers et de conformité que l'organisation a ciblée.

La figure 1.8 présente les trois étapes de l'approche de contrôle de processus général proposé par Sadiq, Governatori et Namiri (2007) :

1. La définition, à partir des différentes législations, normes et contraintes, des contrôles ou objectifs de contrôles que l'organisation doit atteindre. Ceci amène à la définition d'un référentiel local, de contrôles, dans lequel tous les contrôles nécessaires à l'organisation seront présents (voir l'étape (a) de la figure 1.8);
2. Suite à l'identification des différents objectifs de contrôles, les auteurs proposent de les encoder et les représenter dans un langage appelé FCL (*Formal Contract Langage*) (voir l'étape (b) de la figure 1.8);
3. Ces objectifs de contrôles seront annotés sur les cartographies de processus métiers à l'aide de ce que les auteurs appellent des étiquettes de contrôle « *Control-Tags* ». Ces

étiquettes permettent d'annoter les différents éléments du processus métier, tels que les flux, les données, les ressources, etc. (voir l'étape (c) de la figure 1.8).

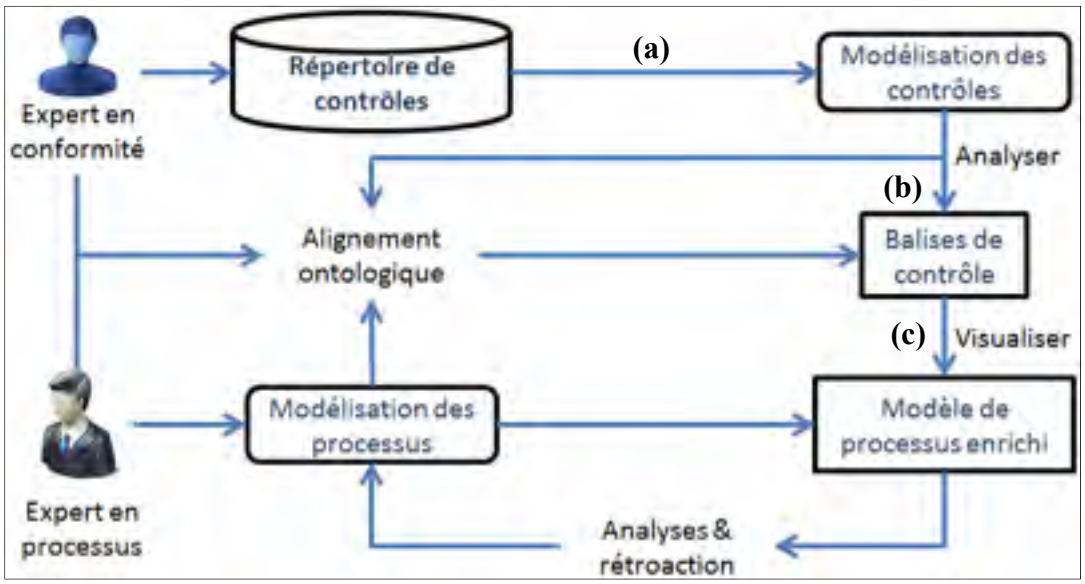


Figure 1.8 Modèle de contrôles à base de répertoire de contrôles
Adaptée de Sadiq, Governatori et Namiri (2007, p. 15)

La majorité des approches de contrôle de processus général, présentées dans cette partie de la revue littéraire, sont fondés sur la représentation graphique des contrôles métiers. Cette représentation se résume par l'annotation des cibles à contrôler (c.-à-d. ressource, activité et flux) et la traduction, par la suite, de ces annotations en spécifications logicielles à l'aide des langages informatiques XACML (*eXtensible Access Control Markup Language*) et RBAC (*Role Based Access Control*) (American National Standards Institute, 2003) et bien d'autres. Ce type d'approches de contrôles se nomme une approche dirigée par les modèles. Toutes les approches présentées dans cette section s'intéressent à la représentation et la mise en place de contrôles métiers. Cependant, il existe d'autres approches, telles que celle proposée par Narenda et al. (2008), qui cherchent à réduire les couts de mise en place des systèmes de contrôle et essayent d'optimiser le nombre de points de contrôle à instaurer dans un processus, partant du principe que plus le nombre de contrôles important, plus les couts seront élevés. Cette optimisation permet aussi de réduire le risque d'induire une non-conformité dans le processus métier lors de sa manipulation. Le problème devient alors un

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

problème d'optimisation du nombre de points de contrôle afin d'atteindre un équilibre (Narendra et al., 2008).

Le domaine de contrôles métiers est un domaine qui séduit non seulement les chercheurs, tels que présentés tout au long de cette section, mais aussi :

- les grands fournisseurs de solutions logicielles telles que IBM avec son outil *IBM Lotus workplace for Business Controls & Reporting;* Microsoft avec son outil *Microsoft Office Solutions Accelerator for Sarbanes-Oxley;* et SAP avec son outil *SAP GRC (Governance, Risk and Compliance) Solution;*
- les firmes de consultants telles que *PriceWaterhouseCoppers, Deliotte,* etc.;
- ou d'autres éditeurs de solutions logicielles spécialistes dans le domaine de conformité tels que *OpenPages, Paisley Consulting, QumasInc* et autres.

Dans sa mission de mise en place d'un système de contrôles, une organisation doit prendre en compte toutes les perspectives citées tout au long de cette section. Ces perspectives n'ont qu'un seul objectif : réduire les couts de l'organisation tout en assurant que ses processus s'exécutent en parfait alignement avec ses objectifs métiers (c.-à-d. contrôles de gestion), assurant un certain niveau de qualité (c.-à-d. contrôles de qualité), et ce, d'une manière sécurisée en protégeant les actifs de l'organisation (c.-à-d. contrôles de sécurité et d'accès aux actifs), tout en étant conforme aux lois et normes en vigueur (c.-à-d. contrôles législatifs, contrôles d'audit). Ainsi, le système de contrôles à mettre en place doit répondre aux exigences de toutes les perspectives. Malgré la conscience de ce fait, il n'y a actuellement aucune approche qui traite le contrôle à partir de plusieurs perspectives. Cette absence rend les systèmes de contrôle actuels trop spécifiques et orientés vers un domaine spécifique (c.-à-d. TI, finance, audit, etc.). Ceci a comme conséquence la présence de plusieurs systèmes de contrôles cohabitant au sein d'une même organisation. Chacun de ces systèmes opère ses propres contrôles et ses propres politiques, sans pour autant tenir compte des autres contrôles opérant dans les autres systèmes. Ainsi, le risque d'avoir des contrôles contradictoires ou dupliqués dans une même organisation est élevé. Cette situation subviendra principalement dans les organisations de grande envergure, dans lesquelles il peut y avoir un manque de

communication entre les directions et/ou les services. L'approche proposée dans le chapitre trois de cette thèse propose une solution à cette problématique, étant donné qu'elle permettra d'aligner tous les contrôles métiers (c.-à-d. indépendamment de leurs perspectives) par le biais d'une proposition novatrice d'architecture de contrôle multiperspective.

1.5 Conclusion

Au cours de ce chapitre, il y a eu la description des principaux aspects liés au contrôle métier, à savoir : les processus métiers et leurs aspects fondamentaux, les référentiels, ainsi que les approches les plus populaires de mise en place des systèmes de contrôles. Ce chapitre aussi a pu discuter de la plupart des perspectives à partir desquelles un contrôle peut émerger. Il a été possible aussi de soulever l'importance d'avoir une vision multiperspectives lors de la mise en place d'un système de contrôle interne au niveau organisationnel. La revue de littérature, réalisée dans ce chapitre, a permis aussi de répondre aux questions suivantes énoncées au début du chapitre :

1) **Est-il possible d'unifier toutes les perspectives de contrôle ou référentiels dans une même architecture de contrôle permettant une vision multiperspective?**

Oui, c'est possible. En effet, la revue littéraire a permis de constater que les différents référentiels ou normes (c.-à-d. COBIT, CMMI, COSO, et bien d'autres) qui représentent les différentes perspectives de contrôles partagent, de très près, la même structure de contrôle. En effet, dans toutes ces perspectives de contrôles, un contrôle doit avoir :

- Un objectif à atteindre;
- L'identification d'un ou des risques courus en cas où le contrôle n'est pas instauré ou n'est pas respecté;
- La liste des pratiques à instaurer pour établir le contrôle;
- Le ou les processus auquel/auxquels le contrôle est affecté;
- Le ou les responsables du bon déroulement du contrôle, et;
- Le niveau auquel le contrôle intervient au sein de l'organisation (niveau stratégique, organisationnel ou opérationnel).

2) Est-il possible d'avoir un contrôle multiperspectives qui tient compte à la fois des aspects législatifs, financiers, sécuritaires ou autres qu'un contrôle doit traiter?

Oui, en effet, ces aspects ne sont que les perspectives à partir desquelles les contrôles internes de l'organisation émergent. Ces perspectives sont fondées généralement à partir de normes ou de bonnes pratiques largement répandues (par exemple l'ISO 27002 pour la sécurité). Ces pratiques ou normes peuvent dupliquer plusieurs objectifs de contrôles. Bien que ces contrôles soient les mêmes dans plusieurs perspectives, il n'en demeure pas moins que chacun d'entre eux :

- Se décrit d'une manière différente;
- Instaure des pratiques différentes;
- Interviens sur des processus et des niveaux (c.-à-d. stratégique, organisationnel ou opérationnel) différents.

3) Quelle serait la structure d'un contrôle multiperspective?

La réponse à cette question est adressée partiellement dans la réponse à la question 1. En effet, la structure d'un contrôle multiperspectives ne serait autre que les éléments mis en commun entre les contrôles des différentes perspectives, à savoir :

- L'objectif de contrôle;
- Le ou les risques encourus en cas où le contrôle n'est pas instauré ou n'est pas respecté;
- L'ensemble des pratiques à suivre pour instaurer le contrôle;
- Le ou les processus auquel/auxquels le contrôle est affecté;
- Le ou les responsables sur le bon déroulement du contrôle;
- Le niveau auquel le contrôle intervient au sein de l'organisation (niveau stratégique, organisationnel ou opérationnel).

CHAPITRE 2

REVUE DE LITTÉRATURE SUR LA MESURE DE CONFORMITÉ ET LA VISUALISATION D'INFORMATION

2.1 Introduction

La mesure et la visualisation de l'information sont importantes pour le décideur d'une organisation. La mesure, combinée à sa visualisation, assure une vue d'ensemble permettant d'appuyer le gestionnaire pour une prise de décision efficace.

Les contrôles internes de l'organisation, vu leurs nombres et leurs importances, sont au centre de la notion de mesure et de visualisation. Étant données leurs complexités et leurs natures multiperspectives (présentée au chapitre 1), il est souhaitable, pour une organisation, d'avoir un moyen efficace de mesurer et de représenter graphiquement leurs contrôles internes.

Ce chapitre fait une synthèse, dans cette deuxième revue de littérature, pour lesquelles des réponses aux questions suivantes sont investiguées :

1. Comment mesurer la conformité d'un contrôle interne?
2. Comment représenter graphiquement un contrôle multiperspectives tout en considérant sa mesure de conformité?

Afin de répondre à ces questions, cette étape de la recherche a été orientée en suivant deux axes, nécessitant deux revues littéraires plus ciblées (voir les étapes encadrées en noir de la figure 2.1) :

1. Revue littéraire concernant les approches de mesure de conformité des contrôles internes;
2. Revue littéraire concernant l'étude comparative des approches de visualisation de l'information structurée.

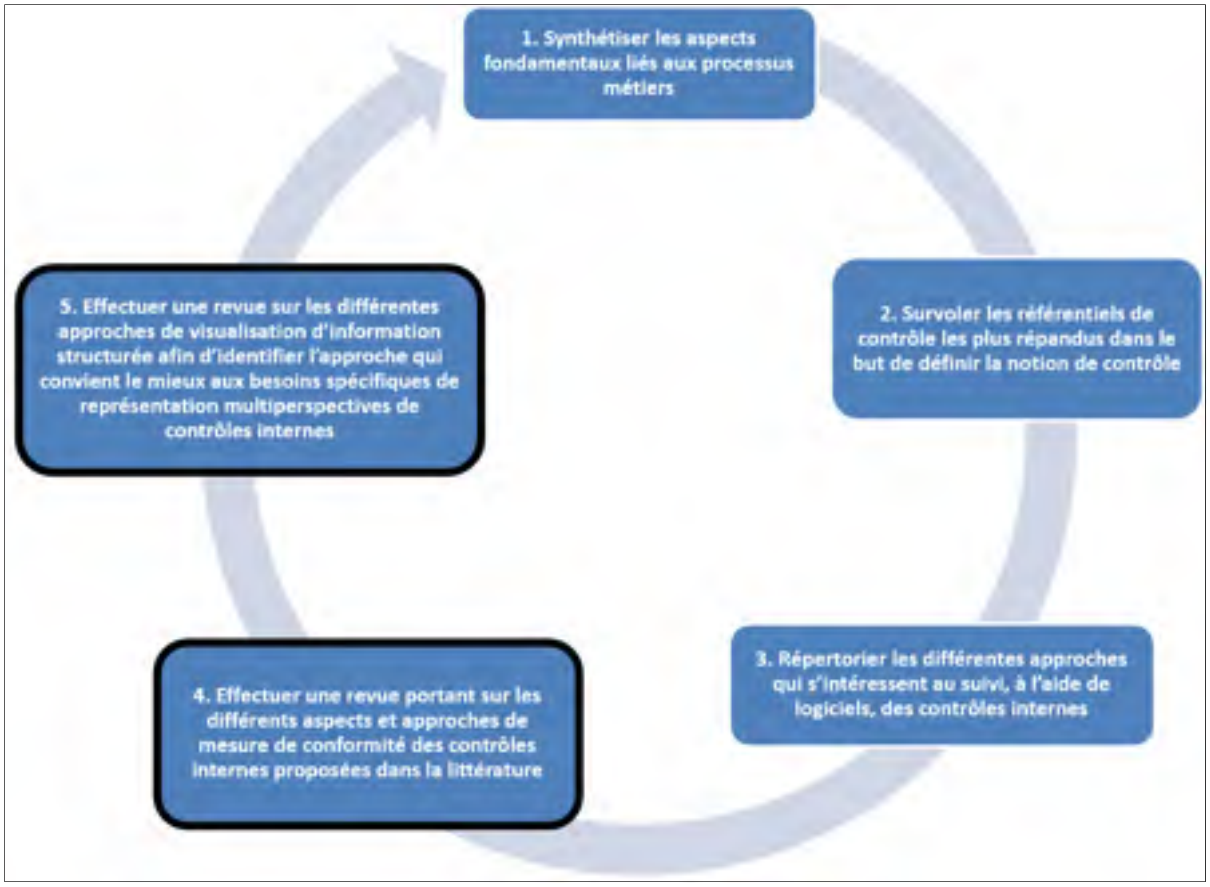


Figure 2.1 Les cinq axes suivis dans la revue de littérature

2.2 Revue littéraire - approches de mesure de conformité des contrôles internes

Le chapitre 2 de cette thèse a décrit l'importance d'adopter des référentiels (tels que COSO, COBIT, CMMI et bien d'autres) pour les organisations. Cependant, la question qui se pose à cette étape est : comment une organisation pourrait-elle mesurer sa conformité vis-à-vis d'une norme ou d'un référentiel de contrôle? Autrement dit, comment l'organisation pourrait-elle déterminer si elle est conforme à une norme ou à un référentiel de contrôle et à quel degré?

Nous avons vu que les degrés de conformité sont généralement déterminés par le biais de mesures qualitatives de conformité basées sur les résultats de listes de vérification avec barèmes (April, Abran et Merlo, 1998), ou encore par association de scores à des éléments à

vérifier et des ajustements de ces scores selon la conformité de ces éléments (Ouanouki et April, 2007). Ces éléments, à vérifier, et les scores y étant associés sont définis à partir de la norme choisie par l'organisation qui désire mesurer sa conformité.

Nous avons aussi présenté que la mesure de conformité se fasse typiquement dans le cadre d'une activité d'audit menée par un ou plusieurs experts externes qui ont pour objectif de mesurer la conformité de l'organisation par rapport à une norme ou un référentiel. Afin de bien comprendre comment se déroule l'activité de mesure de la conformité, il est nécessaire de comprendre ce qu'est une mesure et de présenter les concepts qu'y sont liés. Étant donné que les perspectives de contrôle, expérimentées lors de cette recherche, sont majoritairement du domaine des TI's, cette revue littéraire se concentrera sur la notion de la mesure dans le domaine du génie logiciel (de l'anglais, « *Software Engeneering Measurement* »).

2.2.1 Définition d'une mesure

Selon Fenton (1994), la mesure est définie comme étant un processus par lequel des nombres ou des symboles sont assignés aux attributs d'une entité du monde réel, à partir desquels cette entité peut être décrite suivant des règles bien définies (Fenton, 1994; Finkelstein et Leaning, 1984; Robert, 2009).

Une entité peut être un objet, une personne ou une spécification logicielle. Un attribut est une propriété de l'entité; cela pourrait être la hauteur ou le poids (d'une personne), la longueur (d'une spécification logicielle), la durée (d'une phase de test du logiciel) (Fenton, 1994).
La norme ISO/IEC 15939 (International Organization for Standardization, 2007) propose un modèle (voir la figure 2.2) qui décrit les relations qu'on peut retrouver dans un modèle de mesure entre :

- les informations demandées sur une entité;
- l'entité elle-même; et
- ses attributs.

Les notions de méthode de mesure et modèle d'analyse présentées à la figure 2.2 seront expliquées, en plus de détails, dans la section suivante.

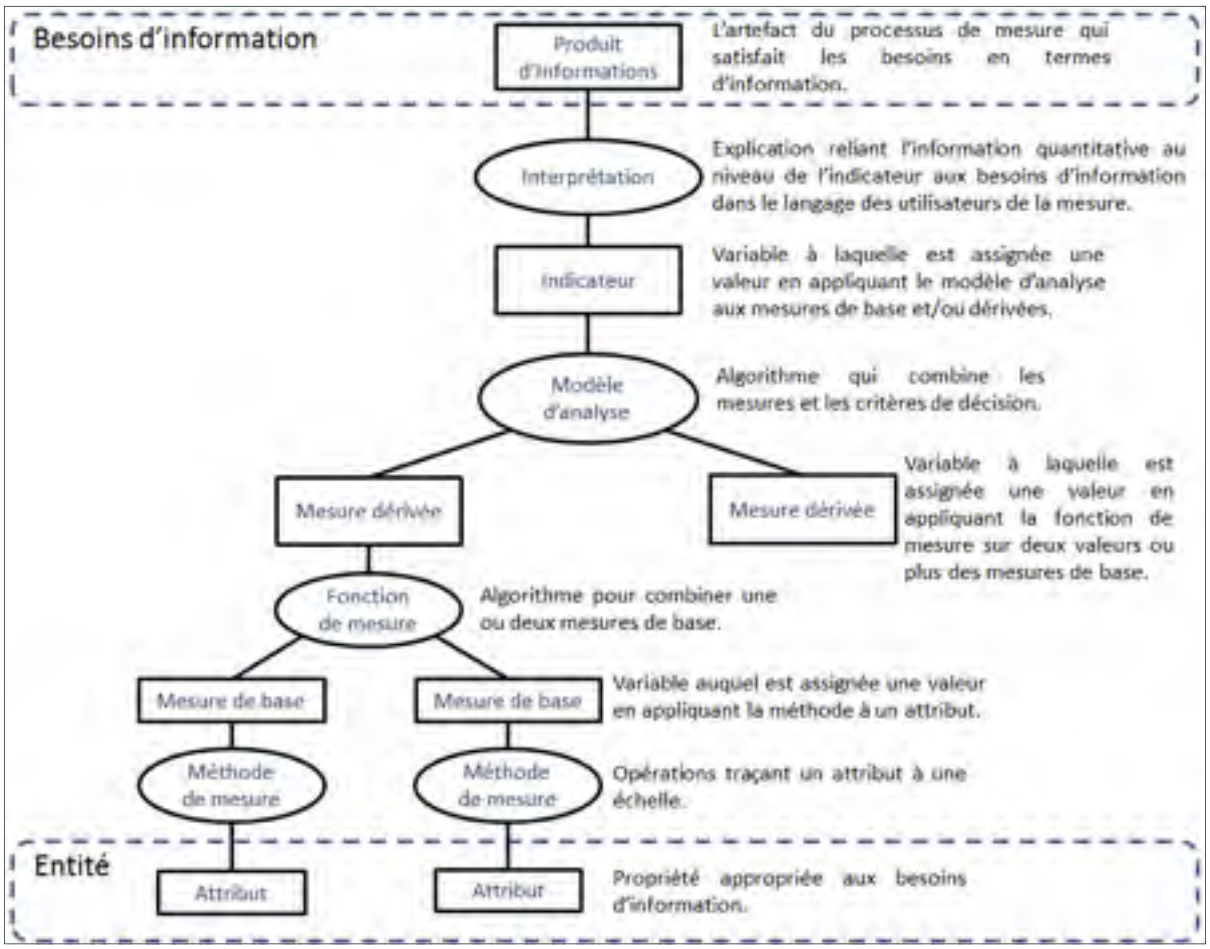


Figure 2.2 Modèle de mesure d'information
Adaptée de International Organization for Standardization (2007, p. 21)

2.2.2 Méthode de mesure

D'après Abran (2010), la mesure, dans le domaine du génie logiciel, doit suivre une méthode de mesure constituée de trois étapes (voir la figure 2.3) (Abran, 2010):

- **Étape 1 :** La conception de la méthode de mesure (sinon en choisir une qui existe déjà). Les intrants de cette étape sont :
    - la description de l'objectif de mesure,

- la description de l'ensemble des concepts et techniques requis pour concevoir la mesure.

Les extrants de cette étape sont, l'identification :

- des concepts de mesure,
- de la méthode de mesure.

- **Étape 2 :** L'application de la méthode de mesure.

  Les intrants de cette étape sont :

  - les entités à mesurer,
  - la méthode de mesure conçue à l'étape précédente.

  Les extrants sont :

  - les résultats de la mesure,
  - le degré de précision de ces résultats de mesure.

- **Étape 3 :** L'exploitation des résultats de mesure avec des modèles quantitatifs ou qualitatifs. La plupart du temps, ces résultats de mesure seront combinés avec d'autres résultats de mesure qui pourront être de type différent.

Pour la représentation et la mesure multiperspectives de la conformité des contrôles internes, les étapes 1 et 2, de la figure 2.3, sont hors de portée de la présente thèse. En effet, la conception de la méthode de mesure et son application sont réalisées dans le cadre de l'activité d'audit. Aussi, les normes et référentiels définissent généralement les entités, les informations et les mesures à collecter afin de mesurer la conformité des contrôles internes. Dans ce qui suit, seulement l'étape d'exploitation des résultats de mesure sera explorée par cette thèse.

Rapport-Gratuit.com

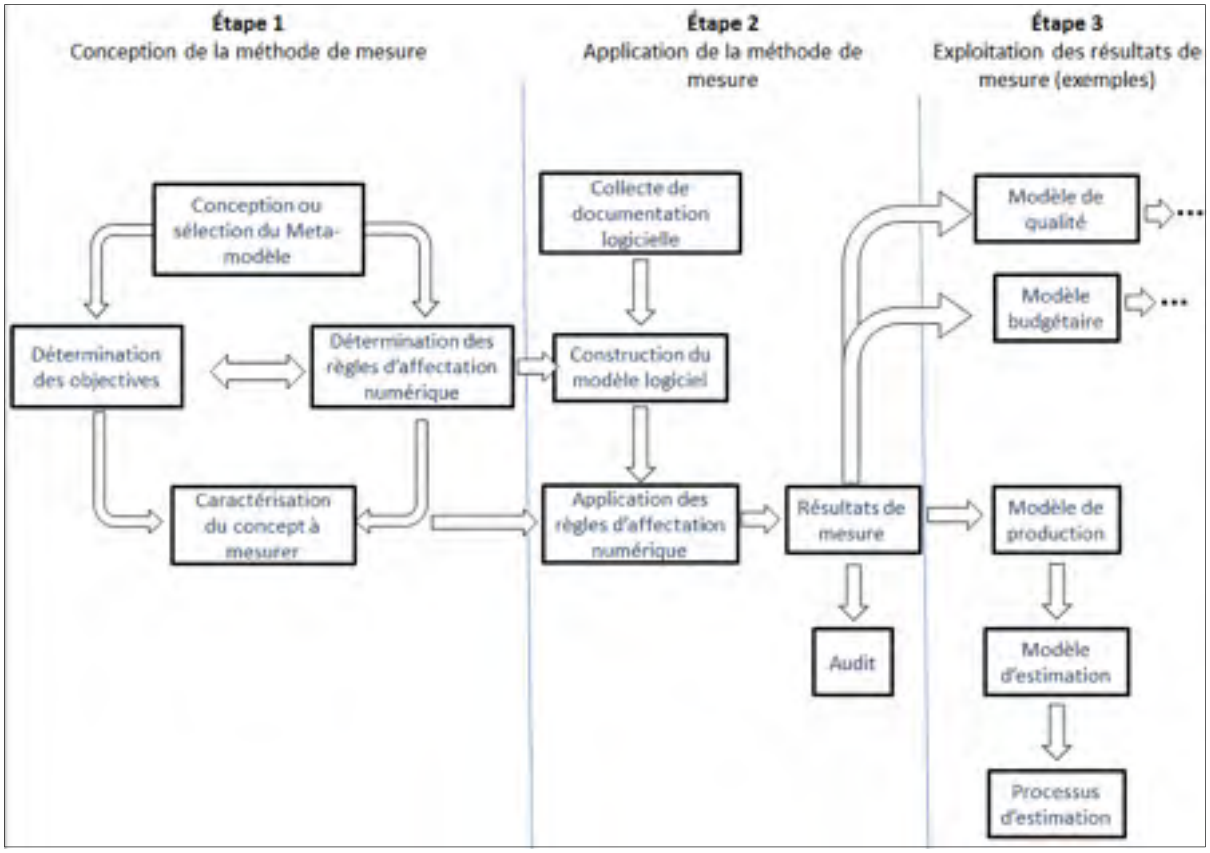


Figure 2.3 Modèle contextuel de mesure
Adaptée de Abran (2010, p. 67)

2.2.3 L'exploitation des résultats de mesure

L'exploitation des résultats de la mesure est l'étape qui survient suite à la conception et l'application de la méthode de mesure. L'exploitation peut être réalisée par le biais de (voir la figure 2.3) :

- modèles d'évaluation (tels que les modèles de qualité),
- modèles budgétaires,
- modèles d'estimation,
- ou autres (algorithmes ou modèles mathématiques, etc.).

Parmi ces modèles, présentés par Abran (2010), ceux qui correspondent le plus à cette thèse sont les modèles d'évaluation. En effet, l'évaluation de la conformité d'un contrôle interne

est un modèle d'évaluation. Prenons l'exemple du modèle CMMI (présenté à la section 1.3.3). Ce modèle propose la mise en place de bonnes pratiques et de contrôles assurant un certain niveau de maturité des processus de développement logiciels de l'organisation. Admettant qu'une organisation, ayant adopté les pratiques proposées par le CMMI, décide de mesurer sa conformité envers ce modèle (CMMI) et obtient le niveau 3 de maturité comme résultat de mesure; cette mesure de niveau 3, toute seule, n'a aucune signification si elle n'est pas évaluée conjointement avec un modèle de mesure. En effet, le CMMI propose un modèle de maturité composé de cinq niveaux de maturité (de 1 à 5, voir la section 1.3.3). Si l'organisation utilise ce modèle pour l'évaluation du résultat de mesure, alors l'organisation peut dire qu'elle a atteint le niveau 3 de maturité. Ce niveau de maturité implique que l'organisation possède des outils et des méthodes qui lui permettent de gérer et améliorer d'une façon cohérente tous ses processus. L'ensemble des pratiques des niveaux 1, 2 et 3 auront dû être atteintes, ce qui implique une certaine mesure.

De plus, si l'organisation était évaluée au niveau 2 de maturité avant cette nouvelle mesure, un nouveau résultat à 3 représenterait ainsi une amélioration de l'organisation en termes de maturité. Cependant, si elle était initialement évaluée au niveau 4 ou 5, un résultat de mesure 3 représenterait une dégradation de la maturité de l'organisation.

2.2.4 Les modèles d'évaluation multidimensionnels des résultats de mesure

Comme décrit à la section précédente, la signification d'un résultat de mesure dépend principalement du modèle d'évaluation utilisé et du contexte de l'évaluation (Abran, 2010). Dans une organisation, l'évaluation des mesures est une activité à laquelle plusieurs acteurs peuvent participer. Il est fort probable que chacun de ces participants se basera sur un modèle d'évaluation différent. Ainsi, les évaluations des mesures vont probablement différer d'un participant à un autre. D'où la nécessité d'avoir des modèles d'évaluation multidimensionnels, qui prennent en considération plusieurs dimensions d'évaluation de mesure (c.-à-d. les dimensions proposées par les participants). Ces dimensions diffèrent d'un

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

modèle multidimensionnel d'évaluation de mesure à un autre. Par exemple, il existe le modèle proposé par :

- Gonzalez (2005), qui propose une approche vectorielle pour la mesure de la complexité des logiciels, basée sur 3 dimensions, à savoir : la longueur, le temps et le niveau de chaque domaine de complexité (syntaxique, fonctionnel, calcul) (Gonzalez, 1995);
- Sharfman et Dean (1991), qui proposent une approche de mesure multidimensionnelle de l'environnement d'une organisation. Cette mesure multidimensionnelle est basée sur la mesure de trois dimensions : la complexité, l'instabilité et la disponibilité des ressources (Sharfman et Dean, 1991);
- Dans le même contexte d'organisation, Doll et Torkzadeh (1998) proposent une approche de mesure multidimensionnelle de l'utilisation des systèmes TI dans l'organisation en se basant sur 3 dimensions : la fonction de support de décision, la fonction d'intégration du travail et la fonction de service à la clientèle (Doll et Torkzadeh, 1998).

L'analyse de mesure de nature multidimensionnelle est une activité qui n'est pas toujours évidente, surtout s'il y a un volume très important de données (Buglione et Abran, 1999a). Pour cette raison, plusieurs travaux de recherche cherchent à utiliser des représentations graphiques de leurs résultats de mesure afin de synthétiser l'information pour les gestionnaires qui les utilisent. Parmi ces travaux, il y a ceux (Pinzger et al., 2005; Saboe, 2001) qui utilisent des diagrammes de Kiviat (Kolence et Kiviat, 1973). Il y en a d'autres (Abran et Buglione, 2003; Palza, Fuhrman et Abran, 2003; Stroian, Bourque et Abran, 2006) qui utilisent des tableaux de bord, et d'autres (Novais et al., 2013; Sánchez-González et al., 2012), qui utilisent des graphes simples développés à l'aide d'outils de bureautique populaires tels qu'Excel.

En plus des travaux de visualisation graphique des mesures multidimensionnelles, Buglione et Abran (1999a) proposent un modèle de mesure intitulé QEST (Quality factor + Economic, Social & Technical dimensions) dans lequel les auteurs utilisent la forme géométrique

du tétraèdre pour représenter et calculer la mesure de performance d'un logiciel selon plus d'une perspective. QEST est basé sur les perspectives suivantes :

- Qualité Q + Économique **E** (la perspective des gestionnaires);
- Sociale **S** (la perspective des utilisateurs), et;
- Technique **T** (la perspective des développeurs).

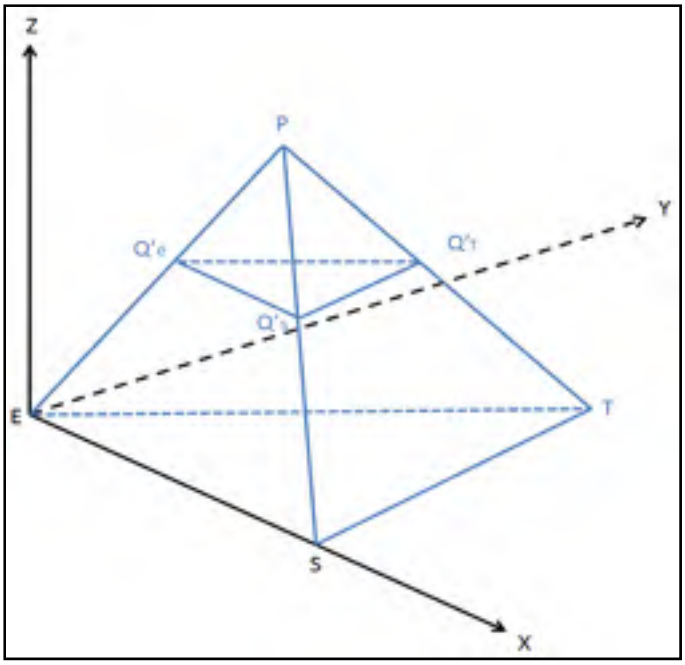


Figure 2.4 Base géométrique du modèle QEST
Adaptée de Buglione et Abran (1999a, p. 2)

Buglione et Abran (1999a) utilisent le tétraèdre proposé (voir la figure 2.4) comme suit :

- Les trois dimensions de l'espace (E, S, T) correspondent à la base du tétraèdre;
- Le vertex P décrit la performance maximale;
- Les trois côtés du tétraèdre sont égaux en terme de longueur;
- Les côtés du tétraèdre (EP, SP et TP) définissent les axes qui représentent respectivement les mesures de performance d'un point de vue : Économique, Social et Technique; ces axes représentent des valeurs allant de 0 à 1;
- Q'_e, Q'_s et Q'_t représentent les mesures de performance de chacune des dimensions (c.-à-d. Sociale, Économique et Technique) à l'instant T=n.

Selon Buglione et Abran (1999a), la mesure de performance à l'instant T=n est définie par le rapport du :

- volume de la forme (E, S, T, Q'e, Q's, Q't);
- et le volume du tétraèdre.

Lors d'une deuxième itération de cette recherche, Buglione et Abran (2002) généralisent le modèle QEST pour en faire un modèle QEST-nD qui est applicable à plus d'une dimension de la performance et proposent d'utiliser la formule ci-dessous pour le calcul de la performance, dont p_i représente la mesure de performance de la dimension i.

$$P = 1 - \prod_{i=1}^{n}(1 - p_i)$$

Cette approche s'applique plus particulièrement à la mesure de performance dans des projets qui se comportent de manière à ce que « Plus la performance est importante (c.-à-d. la valeur est proche du sommet de la pyramide), plus l'effort pour converger vers la performance maximale est moindre ». Ceci est le cas pour la plupart des projets informatiques : au début, les concepteurs de logiciels ne maitrisent pas bien le projet et dans certains cas, même les technologies utilisées. Plus le temps passe, plus ces concepteurs deviennent familiers avec le projet ce qui implique que le facteur d'apprentissage réduit progressivement. Ce comportement est induit par Buglione et Abran (2002) lors du choix de la forme du « tétraèdre régulier » à la base du modèle QEST-nD. Prenons l'exemple de trois mesures de performances (P_1, P_2, P_3) et de trois dimensions (D_1, D_2, D_3) avec $P_1=P_2=P_3=0,5$. Selon l'approche QEST-nD, la performance globale de D1, D2 et D3 serait égale à P=0,875 (supérieure à la performance moyenne qui serait de 0,5). Ceci s'explique par la nature de la forme géométrique sur laquelle est fondé le modèle QEST-nD. En effet, se positionner au milieu des arêtes (PE, PS, PT) de la pyramide (voir la figure 2.4) signifie que le volume couvert par la partie inférieure de la pyramide (c.-à-d. le tétraèdre tronqué $ESTQ_EQ_SQ_T$) est plus que la moitié du volume total de la pyramide. Ceci sous-entend que, si l'équipe est au

milieu du projet, les performances sont à 0.5, l'effort, en jours-personnes, qui reste à déployer sera moins important que l'effort déjà dépensé.

Une autre limite du modèle QEST-nD est qu'il est difficile de représenter graphiquement la forme géométrique qui reflète le cas où il y a plus de trois dimensions. Représenter géométriquement une mesure donne un aspect plus tangible de cette dernière, surtout aux yeux des dirigeants de l'organisation (Buglione et Abran, 1999a).

En conclusion, la représentation de la mesure multidimensionnelle est un domaine de recherche fertile pour lequel il reste encore beaucoup à faire. Cette section, de la thèse, a présenté une synthèse de l'état de l'art dans le domaine de la mesure, plus spécifiquement la mesure de conformité, ainsi que des approches de mesures pertinentes à cette recherche.
Les chapitres 3 et 4 présenteront l'utilisation possible de toutes les notions de mesures présentées dans cette section (c.-à-d. modèle de mesure, quantification et modèles d'évaluation multidimensionnels) et la possibilité de s'inspirer du modèle QEST-nD pour les besoins de représentation de la mesure multiperspectives des contrôles internes.

2.3 Revue littéraire - étude comparative des approches de visualisation d'information structurée

Nous avons vu à la section 1.4 qu'il est difficile de représenter, à partir d'une simple annotation graphique, une vue d'ensemble des contrôles métiers d'une organisation. Les contrôles internes sont typiquement représentés par des simples annotations (figure 2.5 (b)) ou des formes (figure 2.5 (a)) qui ne permettent pas de visualiser la nature multiperspectives d'un contrôle.

Pour bien comprendre les avenues de solution possible, cette recherche va puiser des solutions possibles dans un autre domaine de recherche du génie logiciel, le domaine de la visualisation des informations structurées. La prochaine section présente une synthèse de la littérature de ce domaine afin d'y identifier des pistes de solution pour la représentation des contrôles.

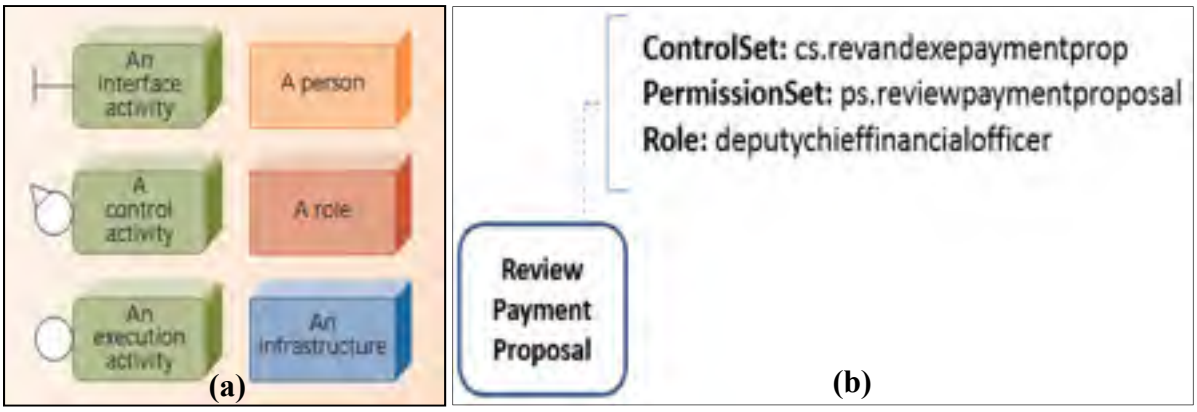


Figure 2.5 Des exemples de représentations graphiques de contrôles internes
Adaptée de Bider et Striy (2008, p. 11); et Kehlenbeck, Sandner et Breitner (2010, p. 8)

2.3.1 Visualisation d'information structurée

La visualisation d'information structurée, ou hiérarchique, constitue un sous-domaine du domaine de recherche en visualisation d'information, dans lequel (c.-à-d. le domaine de visualisation d'information structurée) les informations doivent suivre une hiérarchie bien définie. Les organigrammes constituent la forme la plus typique, et la plus utilisée, pour la représentation de données hiérarchiques. Ce type de représentation est retrouvé communément dans les organisations, car la structure organisationnelle du personnel est le plus souvent représentée en hiérarchie.

Certes, les organigrammes représentent la forme la plus reconnue de représentation des données hiérarchiques; cependant, ils ne sont pas les seuls. En effet, les organigrammes représentent un cas particulier de ce qu'on appelle « les Arbres », qui à leur tour appartiennent à une famille dite « des Graphes ». Un graphe se définit tout simplement comme étant un ensemble de sommets et d'arêtes; chacune des arêtes relie deux sommets (Nishizeki et Rahman, 2004). Les graphes sont utilisés principalement pour :

- représenter des entités concrètes (par exemple : des ordinateurs dans le cas de la modélisation d'un réseau d'ordinateurs) ou abstraites (c.-à-d. des idées ou concepts),
- et mettre le point sur les liens qui régissent entre elles.

Un arbre représente donc un cas particulier de graphe, dans lequel un nœud particulier nommé « la racine » peut se distinguer. Ce nœud ne possède pas de nœuds parents.

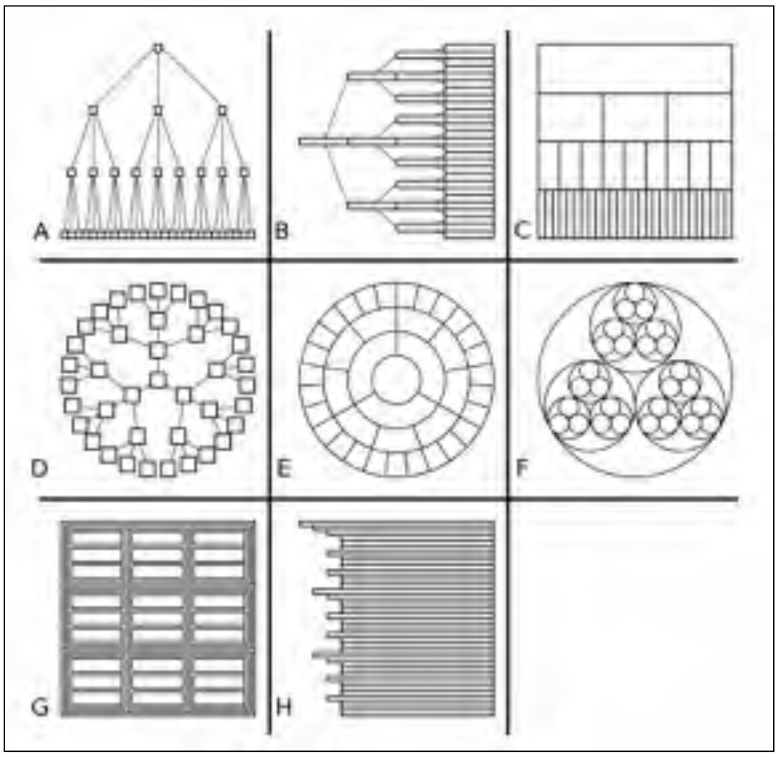


Figure 2.6 Les différents genres de représentations basiques d'arbres
Tirée de McGuffin et Robert (2010, p. 1)

Bien que la structure des arbres soit toujours sensiblement la même, les dispositions (c.-à-d. les représentations) de ces derniers peuvent différer d'un type d'arbre à un autre. En effet, les chercheurs du domaine de l'IHM (Interface Homme Machine) ont essayé d'inventer et améliorer les arbres et leurs dispositions afin de les adapter aux capacités motrices et sensorielles de l'homme (liées à son aptitude à manipuler de l'information affichée sur un écran), cherchant ainsi à rendre plus facile l'exploitation et la compréhension des données représentées.

Il existe plusieurs types de représentations d'arbres proposées dans la littérature du génie logiciel (voir la figure 2.6), les plus reconnues et les plus basiques sont les (McGuffin et Robert, 2010) :

- **Arbres verticaux classiques** (figure 2.6 (a)) : c'est le cas le plus typique d'arbres dans lequel le nœud racine est placé en haut et les feuilles en bas;
- **Arbres horizontaux** (orientation de droite à gauche ou de gauche à droite) (figure2.6 (b)) : identiques aux arbres verticaux classiques sauf que la racine de l'arbre est à gauche (ou à droite) et les feuilles sont à droite (respectivement à gauche);
- **Arbres à glaçons** (de l'anglais « *Icicles »*) (figure 2.6 (c)) : arbres dans lesquels les nœuds sont représentés en rectangles. Les nœuds du même niveau sont sur la même ligne, l'un à côté de l'autre. La racine de l'arbre est représentée par le rectangle le plus haut. Chaque nœud fil est placé en dessous du rectangle de son parent. La taille des rectangles est proportionnelle à la taille des nœuds;
- **Arbres radiaux** (figure 2.6 (d)) : représentent un type d'arbres dans lequel les nœuds sont placés sur des cercles concentriques dont le centre est la racine de l'arbre;
- **Cercles concentriques** (figure 2.6 (e)) : peuvent être définis comme étant la forme circulaire de la représentation « Arbres à glaçons », dans laquelle la taille des nœuds est proportionnelle à l'angle balayé par chacun de ces derniers;
- **Cercles imbriqués** (de l'anglais « *nested circles »* ou « *Balloon tree »*) (figure 2.6 (f)) : illustrent une représentation dans laquelle chaque nœud est représenté par un cercle. Dans chaque cercle parent, il y a les cercles illustrant les nœuds fils;
- **Treemaps** (figure 2.6 (g)) : ressemblent un peu à la représentation en cercles imbriqués sauf que pour le « *Treemaps* », les nœuds sont représentés par des rectangles et non pas des cercles. En effet, l'espace d'affichage est divisé en rectangles, dont chacun représente un nœud. Chaque rectangle d'un nœud parent englobe les rectangles des nœuds fils et ainsi de suite;
- **Arbres indentés** (figure 2.6 (h)) : ressemblent à l'explorateur de dossier des systèmes d'exploitation (par exemple, celui de *Windows*). Dans ce type d'arbres, les nœuds sont listés les uns sur les autres. Le nœud parent est au sommet de cette liste.

Les types de représentations présentés jusqu'ici sont tous des techniques utilisant deux dimensions (2D) de représentations d'arbres. Cependant, il existe des techniques utilisant trois dimensions (3D) qui sont basées généralement sur les formes d'arbres en 2D. Parmi les formes 3D de représentations d'arbres, il y a les arbres coniques. Plaisant, Grosjean et Bederson (2002) stipulent que certes, les techniques 3D sont plus attrayantes que leurs homologues en 2D; cependant, elles ne permettent pas une bonne gestion de l'espace d'affichage et augmentent la complexité de compréhension et d'interaction de l'utilisateur (Plaisant, Grosjean et Bederson, 2002). Pour cette raison, cette recherche se limite aux techniques en 2D de représentations d'arbres.

Deux questions se posent encore: 1) étant données toutes ces représentations, existe-t-il une meilleure représentation d'arbres parmi celles listées ci-dessus? Si oui, 2) selon quels critères cette dernière devrait être sélectionnée? Afin de répondre à ces questions et à d'autres problématiques, cette thèse présente une synthèse de la littérature traitant de la comparaison des techniques 2D de représentation d'arbres.

2.3.2 Comparaison des différents types de représentation d'arbres

Plusieurs travaux de recherche se sont intéressés aux questions posées à la section précédente et ont essayé de comparer les différentes représentations classiques d'arbres. Ces approches de comparaison peuvent être classées selon le critère choisi pour comparer les représentations. Ces dernières s'intéressent principalement à deux critères : 1) l'efficacité de gestion d'espace de représentation; et 2) l'utilisabilité des représentations en arbres.

McGuffin et Robert (2010) présentent un exemple d'approche qui compare mathématiquement les différentes représentations d'arbres 2D en se basant sur le critère « Efficacité d'utilisation d'espace de représentation ». Partant du principe que la taille des étiquettes des nœuds d'arbres tend vers zéro, quand la taille de l'arbre tend vers l'infini, et que la vitesse avec laquelle la taille des étiquettes tend vers zéro n'est pas la même pour chaque type d'arbres, McGuffin et Robert (2010) cherchent à comparer les représentations

Rapport-Gratuit.com

d'arbres en comparant la vitesse avec laquelle la taille des étiquettes tend vers zéro. McGuffin et Robert (2010) proposent deux classements : 1) un pour les étiquettes carrées (ratio égal à un); et 2) un autre pour les étiquettes longues et minces (ratio > cinq). Indépendamment du ratio des étiquettes, ils stipulent que les *Treemaps* sont les mieux placés pour assurer une meilleure efficacité en termes d'espace de représentation. Ceci s'explique par le fait que les *Treemaps* utilisent tout l'espace d'affichage, d'un écran informatique, pour visualiser le contenu de l'arbre.

Cependant, la division continue des rectangles du *Treemaps* peut engendrer des rectangles minces et allongés difficiles à sélectionner ou à comparer. Afin de remédier à ce problème, Bruls, Huizing et Van Wijk (2000) proposent un algorithme permettant de rapprocher le ratio des rectangles du *Treemaps* à 1. Ainsi, les rectangles seront plus carrés et donc faciles à sélectionner.

Une autre limitation des *Treemaps*, est que la structure de l'arbre n'est pas facilement visualisée par ce dernier, surtout dans le cas où l'arbre est de grande taille ou aussi dans le cas où l'arbre est balancé (c.-à-d. chaque parent a le même nombre de fils et tous les fils ont la même taille) (Bruls, Huizing et Van Wijk, 2000). Dans ce dernier cas (c.-à-d. l'arbre balancé), il y aura des grilles régulières dont les structures seront difficiles à déterminer (quels sont les parents et quels sont les fils). Pour répondre à cette limitation de perception de structure, Bruls, Huizing et Van Wijk (2000) proposent de contourner chaque nœud parent par un cadre.

Les limitations associées aux *Treemaps* sont plus d'ordre d'utilisabilité que d'efficacité de gestion d'espace. En effet, permettre une perception claire de la structure de l'arbre et faciliter la sélection des rectangles ne sont que des sous-critères du critère principal « d'utilisabilité » qui permettent d'assurer une meilleure utilisation des *Treemaps*.

L'utilisabilité est définie, par la norme ISO 9241-11 (International Organization for Standardization, 1998), comme étant « le degré selon lequel un produit peut être utilisé, par

des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié ». Ainsi, en plus de l'efficacité et de l'efficience, les préférences de l'utilisateur ou sa satisfaction se présentent comme un critère majeur pour déterminer le degré d'utilisabilité d'une interface. Dans le même contexte de définition de l'utilisabilité, Barlow et Neville (2001) décomposent ce critère en trois : (1) la facilité d'interprétation, (2) la comparaison de grandeur de nœud et (3) les préférences des utilisateurs. Afin de comparer des représentations d'arbres suivant ces trois critères, Barlow et Neville (2001) proposent de faire deux expérimentations sur trente personnes (c.-à-d. quinze personnes par expérimentation). La première expérimentation consiste à donner des tâches aux utilisateurs pour tester la capacité des représentations à leur communiquer des caractéristiques simples liées à la topologie des arbres et la taille de leurs nœuds. La deuxième expérimentation invite les utilisateurs à réaliser des tâches plus complexes permettant de recenser des caractéristiques plus avancées (par exemple : sélectionner la feuille la moins profonde dans l'arbre). À partir de la première expérimentation, les auteurs sont parvenus à écarter les *Treemaps*, considérant leurs résultats médiocres en matière de temps d'exécution et d'exactitude des tâches. La deuxième expérimentation n'a pas vraiment distingué un type d'arbre par rapport à d'autres, étant donné que pour chaque type de tâche, une des représentations excelle sur les autres. À partir de leurs expériences personnelles, Barlow et Neville (2001) concluent que les utilisateurs ont tendance à toujours utiliser les organigrammes, ou les « arbres à glaçons », dans le domaine du forage de données.

(Burch et al., 2011) confirment la perception de Barlow et Neville (2001) en affirmant que les arbres orthogonaux (ou organigrammes) sont significativement plus performants, en terme d'utilisabilité, que les autres représentations classiques d'arbres. Cette conclusion est le résultat d'une étude de suivi du comportement des yeux (de l'anglais « *Eye-Tracking* »), à partir de laquelle les auteurs révèlent qu'en plus de la rapidité d'analyse, les arbres orthogonaux nécessitent moins d'effort mental que les arbres classiques, ou radiaux. Les auteurs expliquent cette différence par le fait que les utilisateurs qui font appel aux arbres radiaux ont tendance à faire plus de doubles vérifications que ceux qui utilisent d'autres types d'arbres.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Selon le même critère d'utilisabilité, Stasko et al. (2000) tentent de comparer les *Treemaps* et les cercles concentriques lorsqu'il est question de visualisation de la hiérarchie de systèmes de fichiers. Les auteurs de cette approche s'appuient sur une série d'expérimentations réalisées auprès de trente-deux personnes invitées à faire des tâches telles que : « Recherche d'un fichier à partir de son nom » ou « Recherche du fichier le plus gros ». Les résultats de ces expérimentations mènent à la conclusion que la méthode d'affichage par cercles concentriques présente les meilleurs résultats en matière de temps et de taux de réussite de réalisation des tâches.

Toutes les approches présentées jusqu'ici s'intéressent aux représentations classiques d'arbres. Une nouvelle tendance tente de remédier aux problèmes classiques de ce type de représentation (c.-à-d. l'espace de représentation, la navigation, etc.) en y intégrant différentes extensions (Bernard et Mohammed, 2003; Bongshin et Benjamin, 2003; Hong et Nagamochi, 2008; Jankun-Kelly et Kwan-Liu, 2003; Plaisant, Grosjean et Bederson, 2002; Song et al., 2010; Yee et al., 2001).

2.3.3 Discussion des différentes approches de visualisation d'information structurée

Dans cette section, les approches les plus connues de représentations graphiques d'arbres ont été présentées. Parmi ces approches, certaines visent à comparer les types de base d'arbres (c.-à-d. arbre vertical, arbre radial, liste, etc.) et d'identifier lesquels correspondent le plus avec leurs critères de sélection, et d'autres tentent d'améliorer ces représentations de base en leur intégrant des extensions leur permettant de répondre aux exigences des utilisateurs.

Une conclusion acquise de ces différentes publications est qu'il est impossible d'affirmer, dans l'absolu, qu'un type de représentation d'arbre est meilleur qu'un autre. En effet, pour répondre à la question « Existe-t-il une meilleure représentation d'arbre? », les chercheurs consultés soulèvent toujours la question suivante « Par rapport à quels critères ? ». Cela dit, pour certains critères de comparaison, il n'y a pas de réponses claires à la question (« Existe-t-il une meilleure représentation d'arbre? »).

Par exemple, le critère « Efficacité de gestion d'espace de représentation » est le plus clair, et celui qui fournit le plus facilement la réponse à la question de la meilleure représentation. En effet, les travaux consultés partagent tous l'avis que les *Treemaps* sont les meilleurs en termes de gestion d'espace. Ce consensus concernant le critère d'efficacité de gestion d'espace peut être expliqué par la présence de métriques exactes pour mesurer la différence de performance entre une représentation et une autre en termes de gestion d'espace, ce qui n'est pas le cas pour le critère d'utilisabilité.

Afin de contourner cette limitation du critère d'utilisabilité, certaines approches (Burch et al., 2011; Plaisant, Grosjean et Bederson, 2002; Song et al., 2010; Stasko et al., 2000) tentent de mesurer l'utilisabilité en la traduisant en un ensemble de tâches par rapport auxquelles la performance des utilisateurs est mesurée. Cependant, ces approches ne font pas appel aux mêmes tâches pour mesurer l'utilisabilité; ces tâches diffèrent d'une approche à une autre et dépendent principalement de ce à quoi les chercheurs s'attendent de l'interface. Ainsi, chaque approche essaie de déterminer laquelle des représentations dans une interface utilisateur est meilleure en termes d'utilisabilité, dans un contexte donné et non dans l'absolu. Prenons par exemple l'approche proposée par Barlow et Neville (2001) afin de mesurer l'utilisabilité de leur interface utilisateur : ces derniers proposent de calculer la performance des utilisateurs pour réaliser des tâches précises, telles que déterminer si l'arbre est binaire ou N-aire, balancé ou non, le nombre de feuilles, etc. Cet ensemble de tâches ne constitue pas une liste exhaustive à partir de laquelle il peut y avoir affirmation qu'une représentation sera performante, en termes d'utilisabilité, dans l'absolu.

La différence des tâches pour chaque expérimentation menée dans les différentes approches mène à l'obtention de résultats contradictoires et de recommandations qui diffèrent d'une approche à l'autre. Par exemple, Song et al. (2010) recommandent l'utilisation d'arbres horizontaux à droite (c.-à-d. dont la racine est à gauche et les feuilles à droite) qui affichent leurs nœuds sur plusieurs colonnes. Or, selon Burch et al. (2011), les arbres horizontaux, même ceux orientés de gauche à droite (c.-à-d. dans le sens normal de la lecture pour les langues latines) ne sont pas aussi performants que, par exemple, les arbres aux dispositions

verticales (c.-à-d. dont la racine est en haut et les feuilles sont en bas). Cela s'explique par le fait que dans le cas d'arbres horizontaux, la distance parcourue sera plus grande que celle pour les arbres verticaux, étant donné que le parcours des nœuds se fait par largeur et s'étend si les nœuds ayant le même parent sont affichés sur plusieurs colonnes consécutives, comme le font Song et al. (2010). Dans le cas des arbres verticaux, par contre, les nœuds seront parcourus en hauteur et la distance de parcours sera moins importante. Certains chercheurs (Burch et al., 2011) sont conscients de la différence des résultats que l'on retrouve d'une approche à une autre et affirment que leurs résultats et leurs conclusions ne sont valables que pour l'ensemble des tâches qu'ils ont évaluées.

L'absence de liste exhaustive permettant de mesurer le critère d'utilisabilité ne constitue pas le seul problème afin mesurer ce dernier. Prenons l'exemple de l'approche proposée par Barlow et Neville (2001) : malgré que ces derniers aient dressés une liste claire de tâches pour évaluer plusieurs types d'arbres (c.-à-d. organigramme, *Tree ring*, *icicle plot* et *Treemaps*), ils ne sont pas arrivés à déterminer d'une manière définitive laquelle des interfaces étudiées est la plus performante en termes d'utilisabilité. Cela s'explique par le fait qu'il y a des interfaces plus performantes pour certaines tâches que pour d'autres.

2.4 Conclusion

Ce chapitre a présenté les principaux aspects de la mesure de conformité de contrôles internes et a discuté de différentes approches de visualisation structurée de l'information. Cette revue de littérature permet de répondre aux différentes questions énoncées en début de chapitre :

1) Comment mesurer la conformité d'un contrôle interne?

Suite à cette revue de littérature, force est de constater que chaque contrôle a ses pratiques propres, qui découlent de plusieurs perspectives. Certaines normes proposent une échelle binaire (oui/non) pour mesurer la conformité de leurs contrôles. D'autres référentiels, tels que le CMMI, proposent un intervalle comportant quatre valeurs (N : *Not Achieved*, P : *Partially*

Achieved, L : *Largely Achieved* , F : *Fully Achieved*) afin de mesurer la conformité de chaque pratique. D'autres approches de mesure de la conformité, telles que celle proposée par Ouanouki et April (2007), suggèrent l'identification d'une liste d'éléments associés à la conformité d'une pratique. Pour chaque élément non présent, un certain score (par exemple 6% pour l'absence d'une signature) est soustrait à partir d'un score initial défini à 100%. Finalement, d'autres approches, qui découlent des grandes firmes de comptables agréés (Dissaux et IT General Control Matrix, 2007), proposent une matrice pour mesurer la conformité. Selon cette matrice, un contrôle pourrait être conforme, partiellement conforme ou non conforme.

2) Comment représenter graphiquement un contrôle multiperspectives tout en considérant son niveau de conformité?

En se basant sur la revue de littérature présentée à la section 2.3, c'est la représentation en arbre qui semble convenir le mieux. Il reste à identifier laquelle des dispositions d'arbres (c.-à-d. *Treemap*, arbre radial, etc.) est la plus performante pour le contexte d'utilisation. Afin de répondre à cette question, il sera nécessaire d'effectuer des analyses multicritères et des expérimentations qui seront définies dans le prochain chapitre de cette thèse.

Le prochain chapitre illustre l'approche de contrôle multiperspectives proposée par cette thèse et montre comment les revues de la littérature menées dans les chapitres 1 et 2 ont servi dans la conception de cette approche.

CHAPITRE 3

PROPOSISTION D'UNE APPROCHE DE CONTRÔLE MULTIPERSPECTIVE

3.1 Introduction

Cette recherche vise, entre autres, à répondre à la problématique générale suivante : comment assurer une gestion multiperspectives des contrôles internes de l'organisation, qui prenne en considération toutes les perspectives à partir desquelles ces contrôles émergent ? Tel que mentionné lors de l'introduction générale (c.-à-d. la section 1.1 problématique et motivation de la recherche), cette problématique ne peut être résolue qu'en intégrant une vision multiperspectives dans toutes les phases du cycle de vie d'un contrôle interne. La figure 3.1 présente un modèle novateur offrant la vue d'ensemble de la solution proposée. Ce chapitre reprend en détail chacune des phases illustrées par cette figure et décrit les décisions de conception de la solution proposée pour chacune d'elles.

Figure 3.1 Modèle de cycle de vie de contrôles multiperspectives

3.2 Phase 1 : Définition des contrôles multiperspectives

Cette première phase consiste essentiellement à définir les contrôles internes et à les décrire en vue de leur mise en place. Afin d'atteindre cet objectif, les acteurs participant à la définition des contrôles internes ont besoin d'une terminologie commune et d'un processus de définition de contrôles formalisé. Cette section identifie la terminologie commune ainsi que le processus de définition de contrôles multiperspectives proposés dans le cadre de cette thèse.

Dans cette section, les définitions marquées en caractère gras présentent les contributions de cette recherche en ce qui a trait à la terminologie commune de contrôles.

3.2.1 Terminologie commune de contrôles

La définition de contrôle interne est « un processus auquel participent plusieurs acteurs issus de différents domaines d'expertise » (Colbert et Bowen, 1996; COSO, 2009; Leslie et Andrea, 2008). Nous avons vu à la section 1.4 que ces acteurs expriment leurs besoins en utilisant plusieurs terminologies. Même si les termes utilisés peuvent être les mêmes, leurs significations ne le sont pas toujours. Par exemple, le terme « processus » pourrait avoir une signification pour un informaticien (c.-à-d. soit une instance de programme en train de s'exécuter) qui serait fort différente de celle d'un analyste métier (c.-à-d. soit un ensemble de tâches coordonnées pour atteindre un objectif métier). De ce fait, il est souhaitable de partager une terminologie commune et une définition claire de tous les concepts utilisés pour la définition et la documentation des contrôles. Cette section propose une définition claire et unifiée de chaque concept. Par ce travail de définition, cette recherche contribue à la définition d'une terminologie spécifique aux contrôles multiperspectives.

3.2.1.1 Objectif d'un contrôle multiperspective

Un des objectifs d'un contrôle est le résultat souhaité (ou le but que veut atteindre une organisation), par la mise en œuvre de procédures de contrôle dans un processus particulier.

Ainsi, « protéger les actifs de l'organisation » et « documenter toutes les transactions » constituent deux exemples typiques d'objectifs de contrôle (Information Systems Audit and Control Association, 2011).

3.2.1.2 Pratique de contrôle

Une pratique de contrôle peut être définie comme étant « l'action par laquelle une organisation veut atteindre un objectif de contrôle » (Information Systems Audit and Control Association, 2012a; Moeller, 2011; Software Engineering Institute, 2014). Généralement, l'atteinte d'un objectif de contrôle est assurée par la mise en place de plusieurs pratiques de contrôle instaurées au sein des différents processus métiers. Par exemple, « contrôler les accès à la salle des machines » est un exemple de pratique de contrôle qui entre dans le cadre de l'objectif de contrôle : « protéger les actifs de l'organisation » (Amancei, 2010).

3.2.1.3 Contrôle multiperspective

Selon (Information Systems Audit and Control Association, 2011; Kulpa et Johnson, 2008; Moeller, 2011), un contrôle interne est composé d'un objectif de contrôle et de plusieurs pratiques de contrôle. **Un contrôle multiperspectives est donc «un contrôle interne, dont les pratiques découlent de plusieurs perspectives de contrôle (référentiels, normes, etc.)».**

3.2.1.4 Processus

Un processus est défini comme « une suite d'opérations ou d'activités réalisées afin d'atteindre un objectif donné » (Arjit Singh, 2010). La conformité des processus est assurée par la mise en place de pratiques de contrôle.

Rapport-Gratuit.com

3.2.1.5 Portée d'un contrôle multiperspective

La portée d'un contrôle multiperspectives réfère à « **l'ensemble des éléments et des moyens consacrés pour rendre conformes les processus métiers d'une organisation** ».

3.2.1.6 Mesure de conformité unifiée

Une mesure de conformité unifiée est « **une mesure qui permet d'agréger les différentes mesures de conformité individuelles d'un contrôle** » (c.-à-d. chacune découlant d'une perspective de contrôle donnée). **Cette mesure permet d'avoir une idée de la conformité de l'organisation vis-à-vis l'ensemble de ses perspectives**.

3.2.1.7 Niveau de mesure

Afin d'en faciliter l'analyse et de mieux cerner les sources de failles, les mesures de conformité doivent assurer plusieurs niveaux de granularité de mesure ou de synthèse. Dans le cadre de cette recherche, **un « niveau de mesure » réfère à « l'entité ou à l'élément dont la conformité est à mesurer : organisation, division, section, unité, etc. ». Cela facilite la tâche des vérificateurs et leur permettra de mieux voir les failles dans les contrôles internes de l'organisation.**

3.2.1.8 Processus conforme

Un processus est considéré comme conforme uniquement si sa mesure de conformité est supérieure ou égale à la mesure de conformité attendue ou ciblée par l'organisation (Carlin et Gallegos, 2007; IT Governance Institute., 2007).

3.2.2 Processus de définition de contrôles multiperspectives

La définition de contrôles multiperspectives est « un processus au sein duquel il faut considérer toutes les perspectives de contrôle qui existent dans l'organisation ». Cette

définition des perspectives de contrôle est le plus souvent le fait d'un comité d'experts dans le domaine du contrôle et de la gestion de risques. Ce comité rassemble des individus chevronnés issus de différents domaines (financier, informatique, gestion, etc.). (voir la figure 3.2).

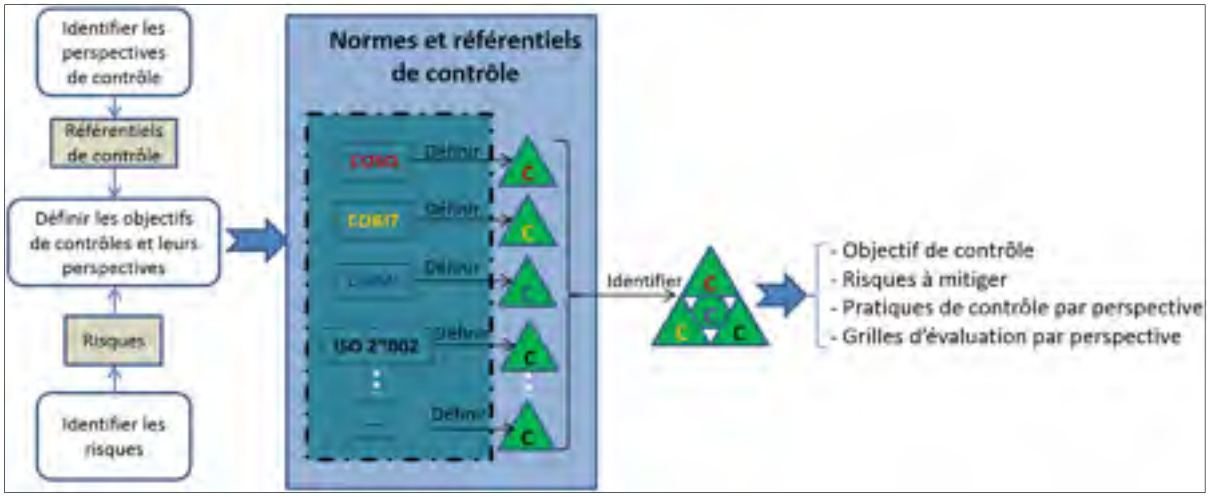


Figure 3.2 Modèle de processus de définition des contrôles multiperspectives

Cette proposition novatrice de modèle de processus de définition des contrôles multiperspectives, imagée à la figure 3.2, se résume par les étapes suivantes :

- Évaluer les risques afin d'identifier les dangers et les besoins en matière de contrôles internes;
- Définir les objectifs de contrôle à atteindre (c.-à-d. pour mitiger les risques identifiés) ainsi que les différentes perspectives (c.-à-d. référentiels et normes) à partir desquelles seront définis les contrôles internes;
- Pour chaque objectif de contrôle, et à partir de chaque perspective de contrôle, déterminer la liste des pratiques de contrôle à adopter. Ainsi, pour chaque objectif de contrôle il y aura :
    - Les risques qu'il doit mitiger;
    - Les pratiques qui lui sont liées;
    - Pour chacune des pratiques, la perspective à partir de laquelle celle-ci découle.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Ainsi, à la suite de l'application de ce modèle, un contrôle multiperspectives aurait la structure résultante suivante :

- Un objectif de contrôle auquel doit répondre le contrôle en question;
- Les risques à mitiger par ce contrôle;
- Les perspectives de contrôle et pour chaque perspective, les pratiques de contrôle à mettre en œuvre.

Les contrôles multiperspectives identifiés à ce niveau ainsi que leurs constituants (c.-à-d. pratiques de contrôle, risques et perspectives) profiterais à être décrits textuellement, en mentionnant des informations telles que : le responsable de chaque pratique de contrôle, les processus où ces pratiques seront implémentées, les niveaux métiers (c.-à-d. stratégique, organisationnel ou opérationnel) dans lesquels le contrôle est impliqué, etc.

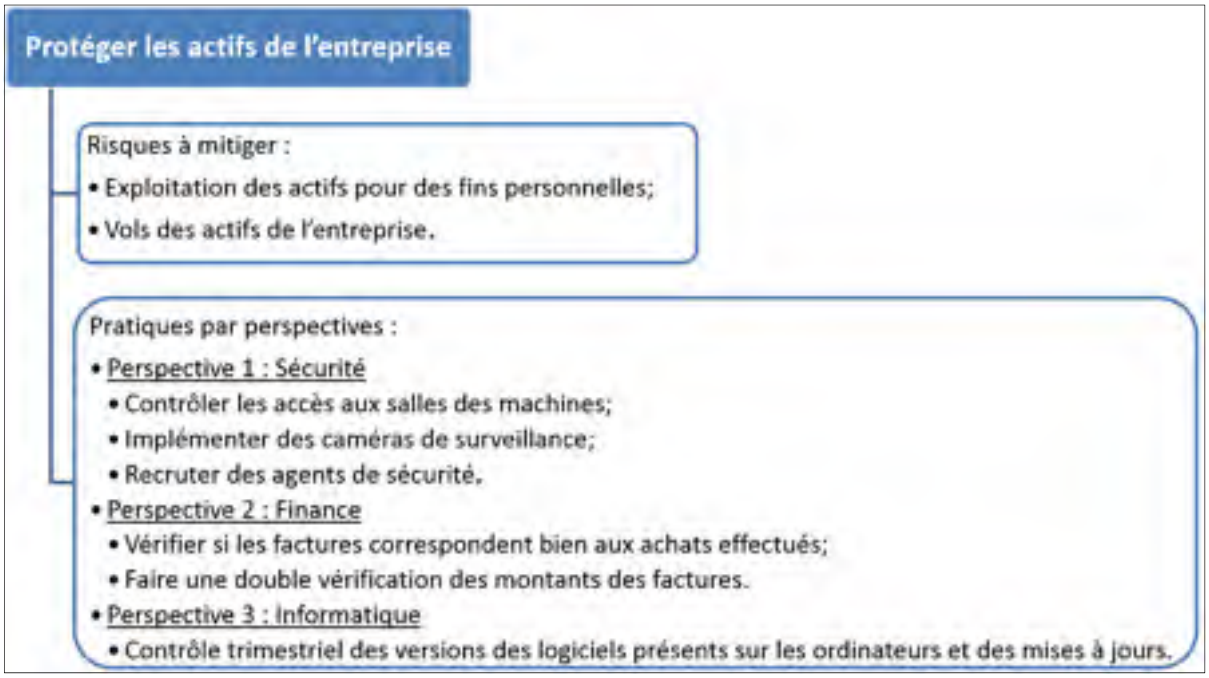


Figure 3.3 Un exemple d'un contrôle multiperspective

La figure 3.3 présente un exemple de contrôle multiperspectives dans lequel trois perspectives de contrôle peuvent être distinguées : Finance, Sécurité et Informatique. Pour

chacune des perspectives, il y a la liste des pratiques avec lesquelles l'organisation tente de protéger ses actifs.

En appliquant ainsi l'approche proposée dans cette première phase, l'organisation aurait une terminologie commune et un processus de définition des contrôles internes essentiels pour la mise en place de ces derniers.

3.3 Phase 2 : Mise en place des contrôles multiperspectives

Le modèle de processus de définition des contrôles multiperspectives décrits à la section précédente doit être complété par la mise en place d'une architecture qui prend en considération l'aspect multiperspectives d'un contrôle interne. Cette proposition d'architecture est illustrée à la figure 3.4.

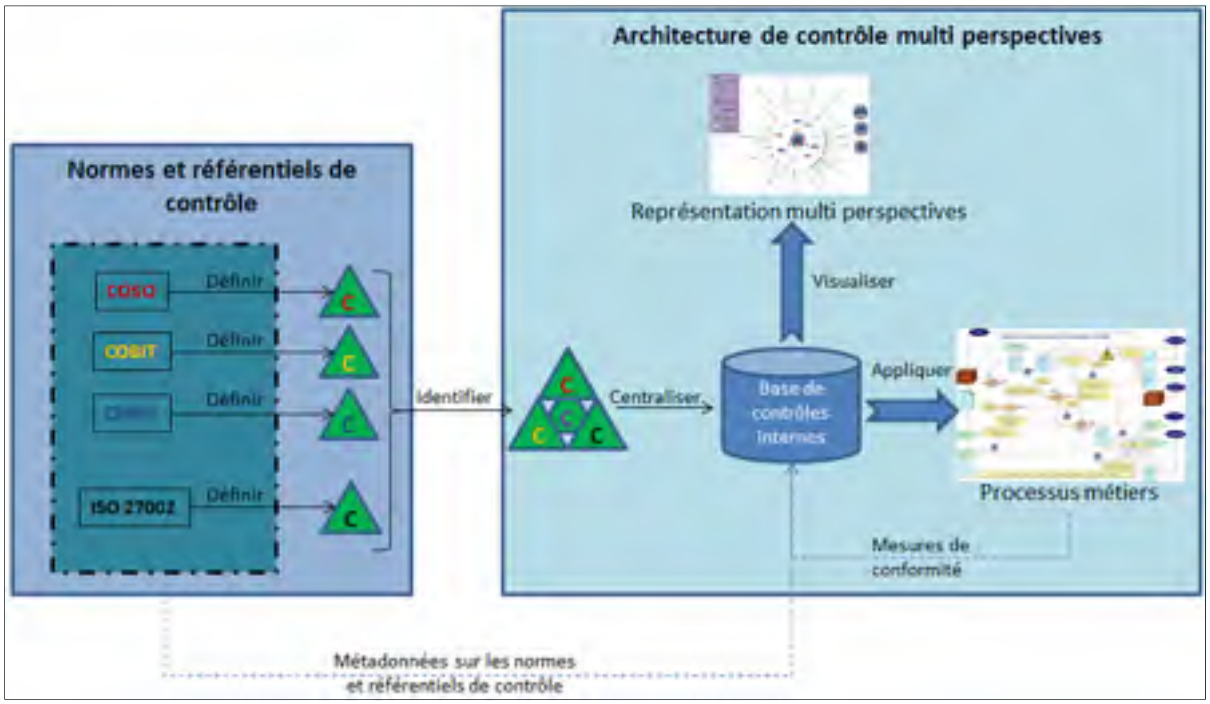


Figure 3.4 L'architecture de contrôle multiperspectives proposée

La « base de contrôles internes » présentée ci-dessus constitue la clé de voute de l'architecture de contrôle multiperspectives proposée par cette thèse. Cette base de contrôle

représente le référentiel unique de l'organisation, dans lequel celle-ci centralise tous les contrôles internes, leurs perspectives ainsi que toutes les informations qui leurs sont liées. Cette base centralisée doit fournir toute l'information nécessaire afin de permettre la mesure de conformité unifiée et la représentation multiperspectives des contrôles internes.

La structure de la base de contrôles internes est illustrée par le diagramme de classe de la figure 3.5 qui décrit :

- Les constituants d'un contrôle multiperspective, à savoir : l'objectif de contrôle, les risques à mitiger ainsi que les pratiques de contrôle par perspective;
- Les perspectives de contrôle et leurs métadonnées (organisme responsable, version, etc.);
- Pour chaque perspective, sa mesure de conformité ainsi que tous les résultats de conformité collectés dans le cadre de l'activité d'audit.

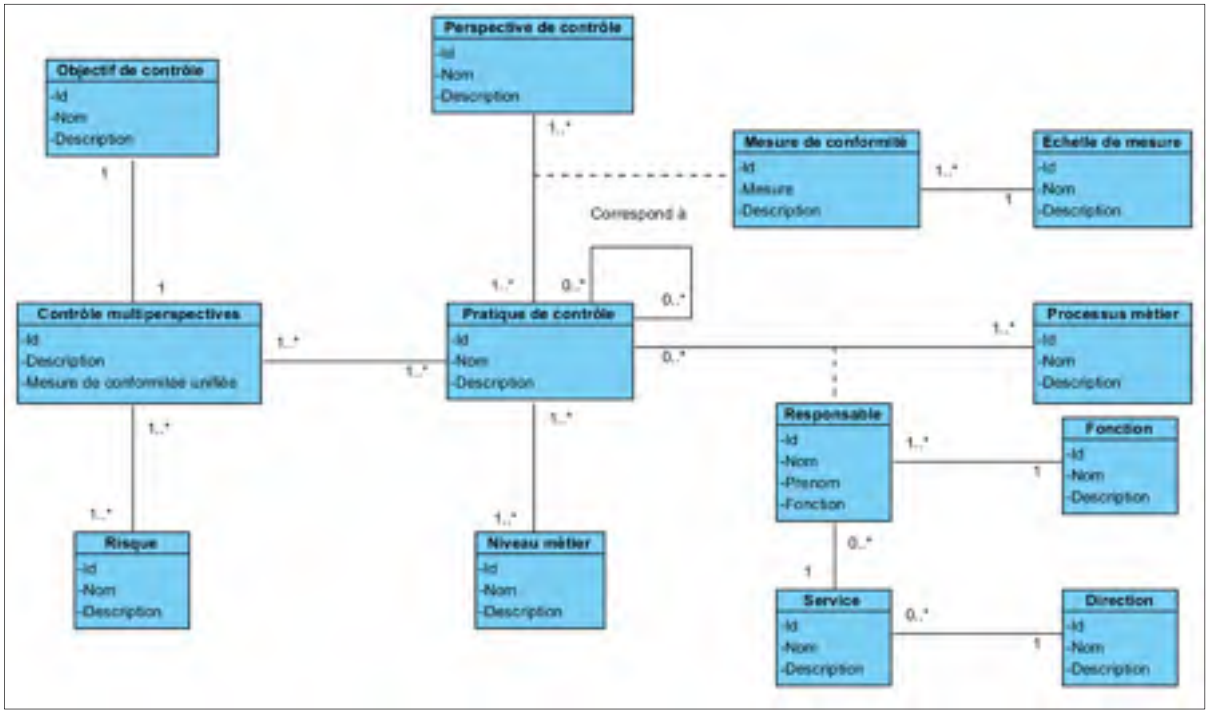


Figure 3.5 Le diagramme de classe de « la base de contrôles internes »

Afin de pouvoir mettre en place des contrôles multiperspectives, cette thèse propose ainsi une architecture de contrôle axée sur « une base de contrôles internes » (figure 3.4) détaillée par un diagramme de classe (figure 3.5).

3.4 Phase 3 : Mesure de conformité d'un contrôle multiperspective

La mesure de conformité est la phase qui survient à la suite de la définition et de la mise en place des contrôles multiperspectives. Étant donné que chacune des perspectives de contrôle propose sa propre grille d'évaluation, chaque sous-ensemble de pratiques de contrôle va être évalué par rapport à la grille d'évaluation à laquelle il est soumis.

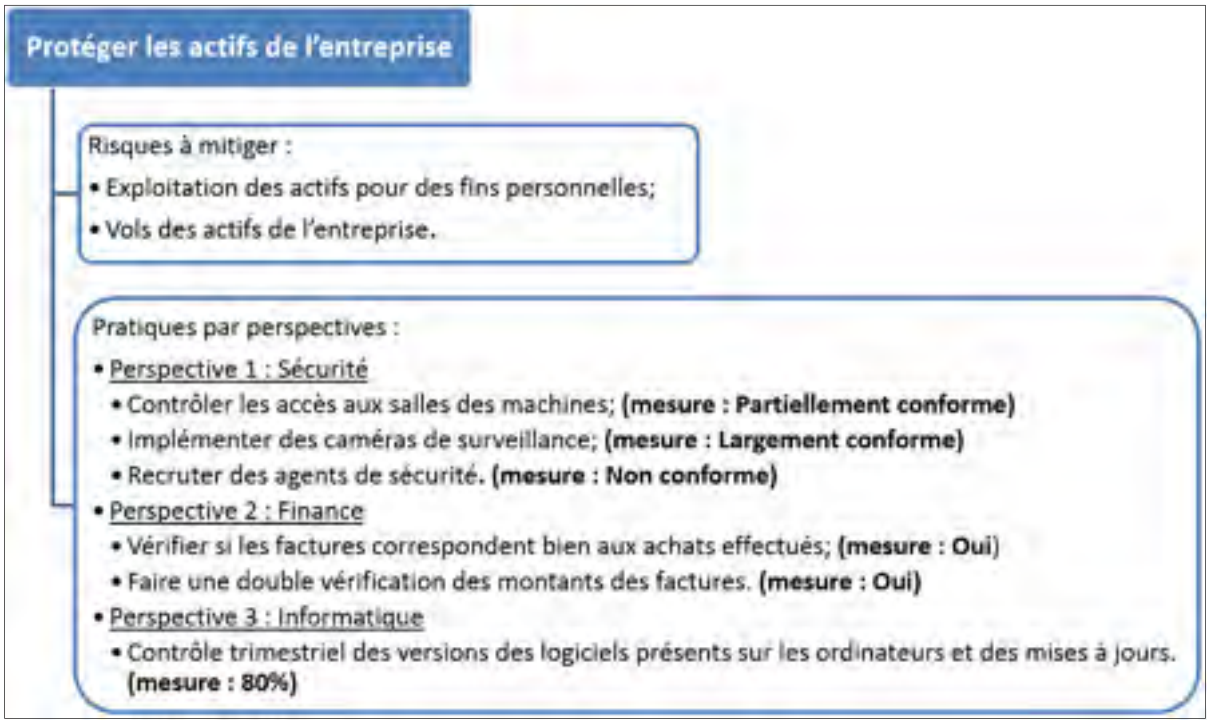


Figure 3.6 Un exemple de contrôle multiperspectives avec plusieurs échelles de mesure

Ainsi, un contrôle multiperspectives comprenant des pratiques de contrôle provenant de trois perspectives va être évalué selon trois grilles d'évaluation différentes. Prenons l'exemple de la figure 3.6. Le contrôle multiperspectives « Protéger les actifs de l'entreprise » possède des pratiques de contrôle provenant de trois perspectives. Chacune de ces perspectives propose sa

propre grille d'évaluation et sa propre échelle de mesure. Par exemple, la perspective de sécurité propose une échelle de quatre valeurs (c.-à-d. non conforme, partiellement conforme, largement conforme et complètement conforme), alors que la perspective de finance présente une échelle binaire (c.-à-d. oui ou non). Comment peut-on, de ce fait, mettre au point une mesure « unifiée » qui mesure la conformité du contrôle multiperspectives vis-à-vis de toutes les perspectives de contrôle en même temps?

3.4.1 Préparation des mesures de conformité

Afin de pouvoir unifier les mesures de conformité, il est essentiel, dans un premier temps, d'unifier leurs échelles de mesure. Pour y arriver, il est proposé de convertir toutes les mesures en une échelle allant de 0 à 1. Voici la méthode de conversion proposée :

- Pour les mesures de type score (c.-à-d. pourcentage), il est proposé de diviser ces mesures par 100. Par exemple, dans le cas d'une mesure de conformité M_i = 80%, celle-ci est, après conversion, égale à M_i = 0.8;
- Pour les mesures de type binaire (c.-à-d. oui/non), si la mesure M_i est égale à « oui », celle-ci est convertie en la valeur 1. Dans le cas où la mesure M_i est égale à « non », cette dernière serait convertie en la valeur 0;
- Pour les mesures qui suivent une échelle de X valeurs, chaque niveau de cette échelle est pondéré par une valeur égale à $(\frac{1}{(X-1)})$. Prenons l'exemple de l'échelle proposée par CMMI et formée par quatre valeurs (N : *Not Achieved*, P : *Partially Achieved*, L : *Largely Achieved* , F : *Fully Achieved*). Chaque niveau de cette échelle se verrait attribuer une pondération égale à 0.33 $(\frac{1}{3})$. Ainsi, une mesure M_i égale à P (*Partially Achieved*) dans CMMI serait égale à 0.33, et une mesure M_i égale à L (*Largely Achieved*) serait égale à 0.67, selon l'échelle proposée par cette thèse.

Une fois que toutes les mesures de conformité sont converties en une échelle de 0 à 1, le modèle de conformité unifié proposé dans la section suivante pourra être appliqué.

3.4.2 Modèle de mesure de conformité unifiée

Afin d'obtenir une mesure de conformité unifiée d'un contrôle mutliperspectives, cette thèse propose un modèle de mesure basé sur une forme géographique, inspiré du modèle QEST-nD (Buglione et Abran, 1999a; 1999d). Comme il a été mentionné dans la section 2.2.4, le modèle QEST-nD est plus adapté aux projets, là où « plus la performance est importante (c.-à-d. on est proche du sommet de la pyramide), plus l'effort pour converger vers la performance maximale est moindre ». Ce n'est pas le cas pour les projets d'adoption de normes de contrôle. En effet, plus l'organisation avance dans le processus de mise en place, plus la norme devient exigeante et plus le temps (c.-à-d. l'effort en jours/personnes) augmente pour converger vers une conformité. Prenons l'exemple de CMMI : chaque fois que l'organisation avance d'un niveau de maturité, les exigences et les objectifs deviennent de plus en plus difficiles à atteindre.

Afin de remédier à cette situation, cette thèse propose un nouveau modèle nommé MICMM (*Mutiperspective Internal control Compliance Measuremant Model*). Celle-ci reprend le concept de modélisation multidimensionnelle par forme géométrique de Buglione et Abran (1999a; 2002), tout en y apportant certaines modifications. La forme proposée est le « prisme régulier » (voir la figure 3.7), dont :

- Les arêtes formant les façades représentent les mesures de conformité (M_i) de la pratique de contrôle i;
- L'axe passant par la hauteur du prisme constitue l'axe de représentation de l'instant T, dans le temps, auquel les mesures de conformité (M_i) ont été prises;
- Toutes les arêtes du prisme sont égales à 1 unité de mesure; ainsi, les façades sont des carrés dont les côtés sont égaux à 1.

Un exemple du modèle proposé est illustré par la figure 3.7. Celle-ci montre un prisme, qui symbolise un contrôle multiperspectives comportant six pratiques de contrôles et dont les mesures de conformité sont représentées par les six arêtes (S_1S_1', S_2S_2', S_3S_3', S_4S_4', S_5S_5', S_6S_6') formant les six façades du prisme. Les M_i de la figure 3.7 représentent les mesures de

chaque pratique de contrôle inclue dans le contrôle multiperspective. T représente l'instant dans le temps auquel les mesures M_i ont été prises.

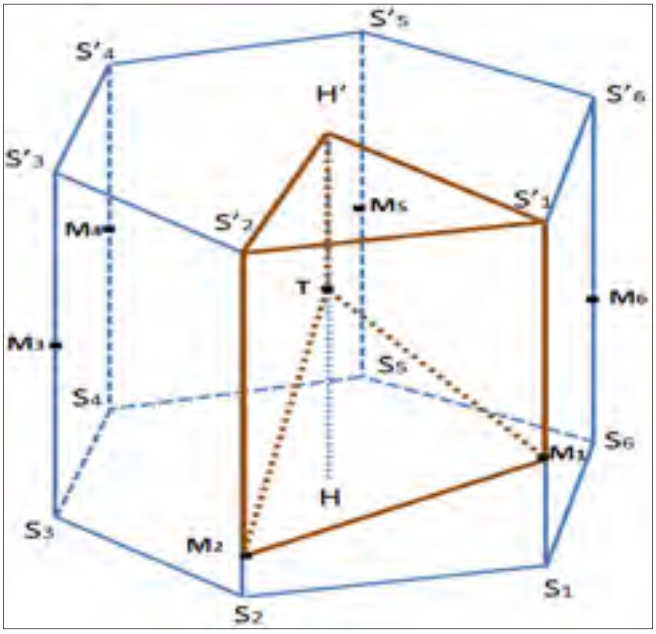


Figure 3.7 Fondements géométriques du modèle MICMM proposé

Selon le modèle MICMM proposé, et par analogie avec l'approche proposée par Buglione et Abran (1999a, 2002), la mesure de conformité unifiée M_u est calculée selon la formule suivante :

$$M_u = 1 - \frac{V}{V_T} \tag{3.1}$$

Où :

- V_T représente le volume du prisme régulier P;
- V représente le volume de la forme supérieure F du prisme régulier cernée par les points $M_1 \ldots M_n T S'_1 \ldots S'_n$ (avec « n », le nombre de mesures de conformité à unifier). Dans l'exemple de la figure 3.8, V serait le volume de la forme $M_1M_2M_3M_4M_5M_6TS'_1S'_2S'_3S'_4S'_5S'_6$ (voir la figure 3.8).

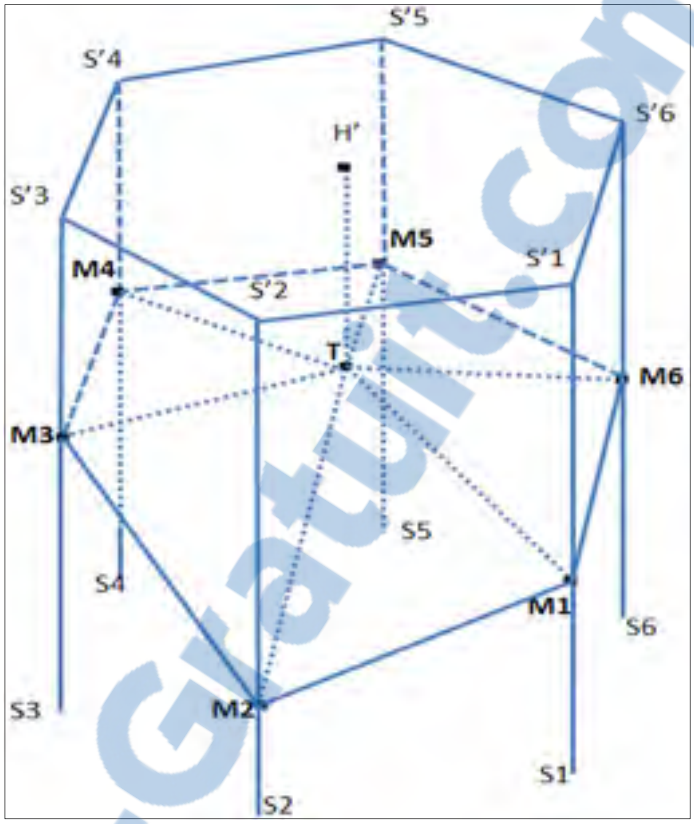


Figure 3.8 La forme géométrique F
dont le volume est V

Afin de mieux comprendre le modèle proposé dans la figure 3.7, considérons quelques cas particuliers :

- Prenons le cas où les mesures M_i sont égales à 0 à l'instant T=0; ainsi, V serait égal à V_T. Dans ce cas, la mesure de conformité unifiée M_u serait égale à 0 (puisque $\frac{V}{V_T} = 1$);
- Prenons le cas où toutes les mesures M_i sont égales à 1 à l'instant T=1; ainsi, V serait égal à 0. Dans ce cas, la mesure de conformité unifiée M_u serait égale à 1 (puisque $\frac{V}{V_T} = 0$).

Ainsi, plus le volume V est grand (proche de V_T), plus la mesure de conformité unifiée est petite (proche de 0) et vice versa (plus le volume V est moins important, plus la mesure de conformité unifiée est importante).

Rapport-Gratuit.com

Dans le cas d'un contrôle multiperspectives formé par seulement deux pratiques de contrôle (où il n'y aurait que deux mesures M_i), la mesure unifiée M_u serait égale à la moyenne arithmétique des deux mesures de conformité des deux pratiques de contrôle.

Dans la section suivante, les travaux de recherche démontrent comment l'équation (3.1) a été utilisée pour en arriver à l'équation finale du modèle de mesure proposé.

3.4.3 Formule de quantification de la mesure de conformité unifiée

Selon l'équation (3.1) proposée dans la section précédente, la mesure de conformité unifiée est définie en fonction du rapport des volumes V et V_T.

Dans tout ce qui suit, la présente recherche considère que :

- « n » est le nombre de facettes du prisme, qui n'est autre que le nombre de pratiques de contrôle dont la mesure de conformité va être unifiée;
- « i » est un index allant de 1 à n;
- $j = \begin{cases} i+1 \; si \; i < n \\ 1 \; si \; i = n \end{cases}$
- M_i et M_j sont deux mesures de conformité des pratiques de contrôle dont les index sont respectivement « i » et « j »;
- T représente l'instant dans le temps auquel les mesures M_i ont été prises;
- $Max(M_i, M_j, T)$ représente le maximum de M_i, M_j et T;
- $Min(M_i, M_j, T)$ représente le minimum de M_i, M_j et T.

3.4.4 Calcul du volume total du prisme V_T

Selon (Palmer et Bibb, 1970; Villagrá et Villagrá, 2004), le volume du prisme P est égal à :

$$V_T = A_{Base}.H \qquad (3.2)$$

Où :

- A_{Base} est l'aire de la base du prisme;
- H est la hauteur du prisme.

Étant donné que la hauteur du prisme est égale à 1 unité (toutes les arêtes du prisme sont égales à 1 unité de mesure), alors :

$$V_T = A_{Base} \tag{3.3}$$

Selon (Palmer et Bibb, 1970; Villagrá et Villagrá, 2004), l'aire de la base d'un prisme est égale à :

$$A_{Base} = \frac{n.c.a}{2} \tag{3.4}$$

Avec :

- « c » est la mesure des côtés de la base du prisme;
- « a » est l'apothème du polygone régulier.

Étant donné que toutes les arêtes du prisme sont égales à 1 unité de mesure, « c » est alors égal à 1; ainsi, l'aire de la base du prisme est égale à :

$$A_{Base} = \frac{n.a}{2} \tag{3.5}$$

En se basant sur les équations 3.3 et 3.5, le volume total du prisme P est égal à :

$$V_T = \frac{n.a}{2} \tag{3.6}$$

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

3.4.5 Calcul du volume V de la forme F

Une fois que le volume total V_T du prisme P est calculé, il ne reste qu'à calculer le volume V de la forme F, constituant la partie supérieure du prisme (voir la figure 3.8).

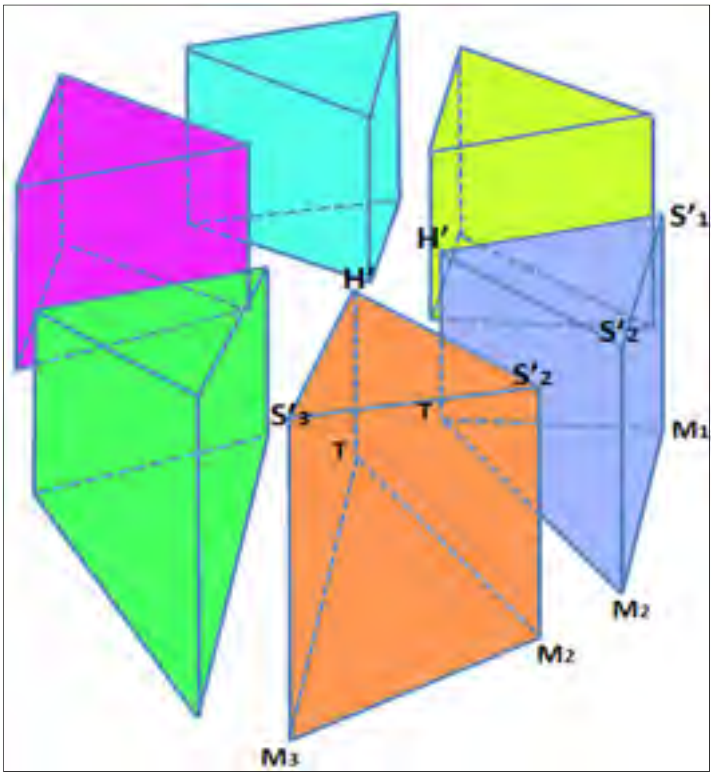


Figure 3.9 Division de la forme géométrique F
en « n » formes F_i

La forme F étant une forme géométrique complexe, cette thèse propose de calculer son volume en suivant l'approche intitulée « découpage et recollement » (Perrin, 2010; 2011). Cette approche consiste à découper une forme géométrique complexe F en plusieurs formes moins complexes, afin de pouvoir calculer son volume. La présente thèse propose de calculer le volume V de la forme F en divisant celle-ci en « n » formes géométriques F_i (comme le démontre la figure 3.9), avec « i » allant de 1 à « n ». Afin d'alléger la figure 3.9, seulement deux formes F_i ont les noms des sommets marqués.

Prenons V_i comme étant le volume de la forme F_i; ainsi, le volume V de la forme F est égal à:

$$V = \sum_{i=1}^{n} V_i \tag{3.7}$$

Ainsi, selon l'équation (3.7), le calcul du volume V revient à calculer les volumes V_i des formes F_i.

Dans la figure 3.10, la forme F_i peut à son tour être divisée en deux formes géométriques reconnues :

- Un prisme Pr_i délimité par les points $M'_iM'_jTH'S'_iS'_j$ (forme marquée en rouge dans la figure 3.10);
- Une pyramide Py_i délimitée par les points $M_iM_jTM'_iM'_j$ (forme marquée en bleu dans la figure 3.10).

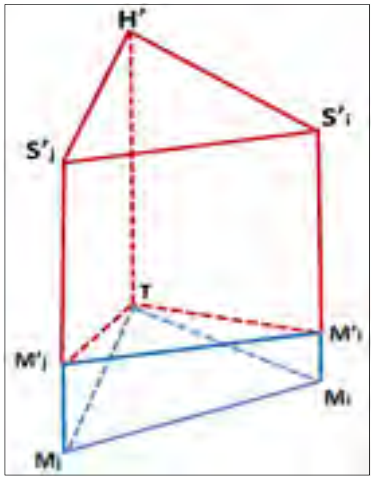


Figure 3.10 Formes F_i

Ainsi, le volume de la forme F_i est égal à :

$$V_i = VPrisme_i + VPyramide_i \tag{3.8}$$

Où :

- $VPrisme_i$ est le volume du prisme « i »;

- VPyramide$_i$ est le volume de la pyramide « i ».

Calcul du volume VPrisme$_i$

Selon (Palmer et Bibb, 1970; Villagrá et Villagrá, 2004), le volume du prisme Pr$_i$ est égal à :

$$\mathrm{VPrisme}_i = \mathrm{A}_{\mathrm{BasePri}} . \mathrm{H}_{\mathrm{Pri}} \quad (3.9)$$

Où :

- $\mathrm{A}_{\mathrm{BasePri}}$ est l'aire de la base du prisme Pr$_i$;
- $\mathrm{H}_{\mathrm{Pri}}$ est la hauteur du prisme Pr$_i$.

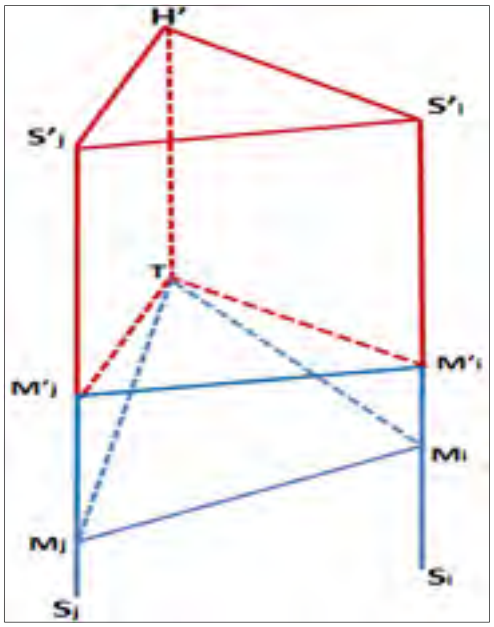


Figure 3.11 Prisme Pr$_i$

Selon la figure 3.10, la base supérieure du prisme Pr$_i$ est un triangle isocèle dont la base S'$_i$S'$_j$ représente l'un des côtés du prisme P et dont la hauteur constitue l'apothème « a » du polygone qui forme la base du prisme P (voir la figure 3.11). Ainsi, selon (Palmer et Bibb, 1970; Villagrá et Villagrá, 2004) l'aire de la base du prisme Pr$_i$ est égale à :

$$\mathrm{A}_{\mathrm{BasePri}} = \frac{\mathrm{c.a}}{2} \quad (3.10)$$

Où :

- « c » est un des côtés du polygone qui forme la base du prisme P;
- « a » est l'apothème du polygone qui forme la base du prisme P.

Étant donné que toutes les arêtes du prisme P sont égales à 1 unité de mesure, alors :

$$\mathrm{A_{BasePri}} = \frac{\mathrm{a}}{2} \tag{3.11}$$

L'aire de la base du prisme étant calculée, il ne reste qu'à calculer sa hauteur pour pouvoir calculer le volume.

La hauteur du prisme $\mathrm{Pr_i}$ n'est autre que :

$$\mathrm{H_{Pri}} = H - Max(M_{\mathrm{i}}, M_{\mathrm{j}}, T) \tag{3.12}$$

Où :

- H est la hauteur du prisme P.

H étant égal à 1 (toutes les arêtes du prisme sont égales à 1 unité de mesure), alors :

$$\mathrm{H_{Pri}} = 1 - Max(M_{\mathrm{i}}, M_{\mathrm{j}}, T) \tag{3.13}$$

Ainsi, selon les équations (3.9) (3.11) et (3.13) le volume du prisme $\mathrm{Pr_i}$ est égal à :

$$\mathrm{VPrisme}_i = \frac{a}{2} . \left[1 - Max(M_{\mathrm{i}}, M_{\mathrm{j}}, T)\right] \tag{3.14}$$

Calcul du volume $\mathrm{VPyramide_i}$

Selon (Learning Resources Corporation, 2010; Villagrá et Villagrá, 2004), le volume de la pyramide $\mathrm{Py_i}$ est égal à :

$$\mathrm{VPyramide_i} = \frac{A_{\mathrm{BaseTrap}}.H_{\mathrm{i}}}{3} \tag{3.15}$$

La base de Py_i étant un trapèze (voir la figure 3.12), selon (Perrin, 2011), l'aire de la base de Py_i est égale à :

$$\mathrm{A_{BaseTrap}} = \frac{H_{\mathrm{Trapèze}}.(\mathrm{B}+\mathrm{b})}{2} \tag{3.16}$$

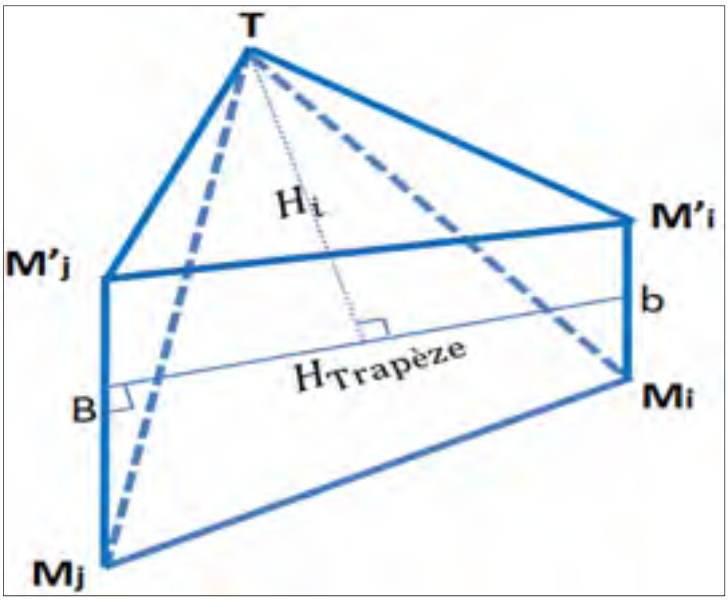


Figure 3.12 Pyramide Py_i

Selon les équations (3.15) et (3.16) :

$$\mathrm{VPyramide_i} = \frac{H_{\mathrm{Trapèze}}.(\mathrm{B}+\mathrm{b}).H_{\mathrm{i}}}{6} \tag{3.17}$$

Où :

- $H_{Trapèze}$ est la hauteur du trapèze qui constitue la base de la pyramide Py_i;
- B est la grande base du trapèze;
- b est la petite base du trapèze;

- H_i est la hauteur de la pyramide Py_i.

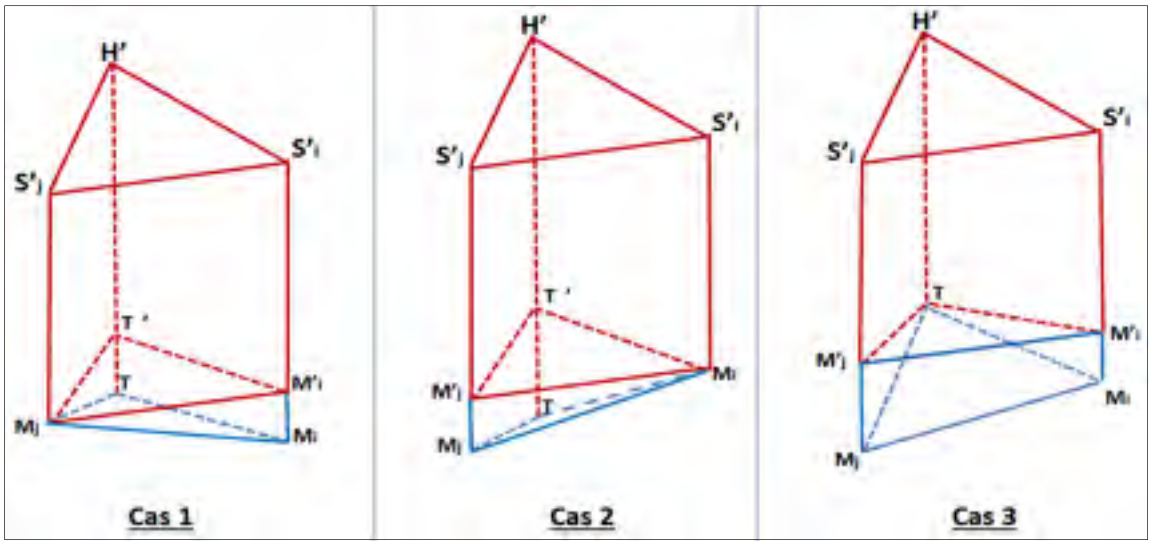


Figure 3.13 Les trois différentes configurations de la pyramide Pr_i

Le calcul de ces 4 paramètres diffère du cas où la base de la pyramide Py_i est sur l'une des facettes du prisme P (cas 3 de la figure 3.13) ou non (cas 1 et 2 de la figure 3.13).

Cas 1 : La base de la pyramide Py_i est sur l'une des facettes du prisme P

Dans ce cas (voir la figure 3.14) :

- $Max(M_i, M_j, T)$ = T;
- $(B + b) = \left[(T - M_i) + (T - M_j)\right]$;
- H_i = a, avec « a » l'apothème du prisme P;
- $H_{Trapèze}$ = 1 (étant donné que $H_{Trapèze}$ est égal à l'un des côtés du prisme P dont tous les côtés sont égaux à 1).

Ainsi, selon l'équation (3.17), le volume de la pyramide Py_i est égal à :

$$VPyramide_i = \frac{\left[(T - M_i) + (T - M_j)\right].a}{6} \qquad (3.18)$$

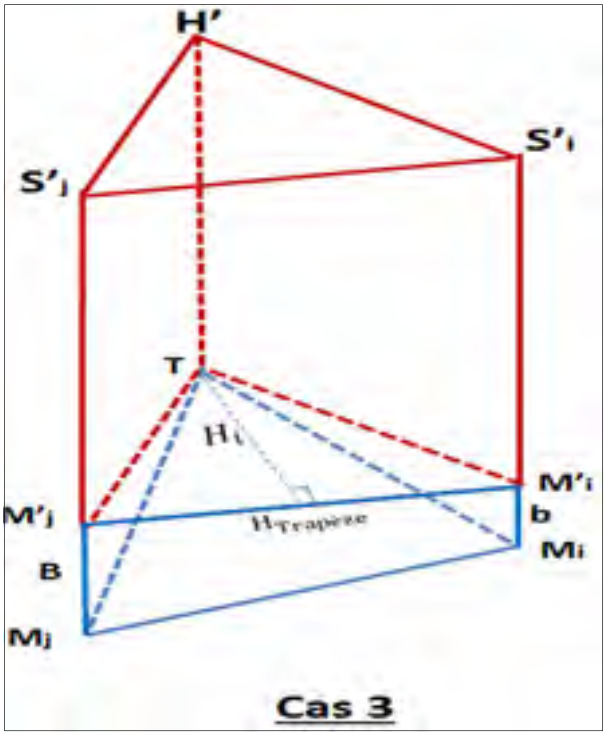


Figure 3.14 La base de la pyramide Py_i
est sur l'une des facettes du prisme P

Cas 2 et 3 : La base de la pyramide Py_i n'est pas sur l'une des facettes du prisme P

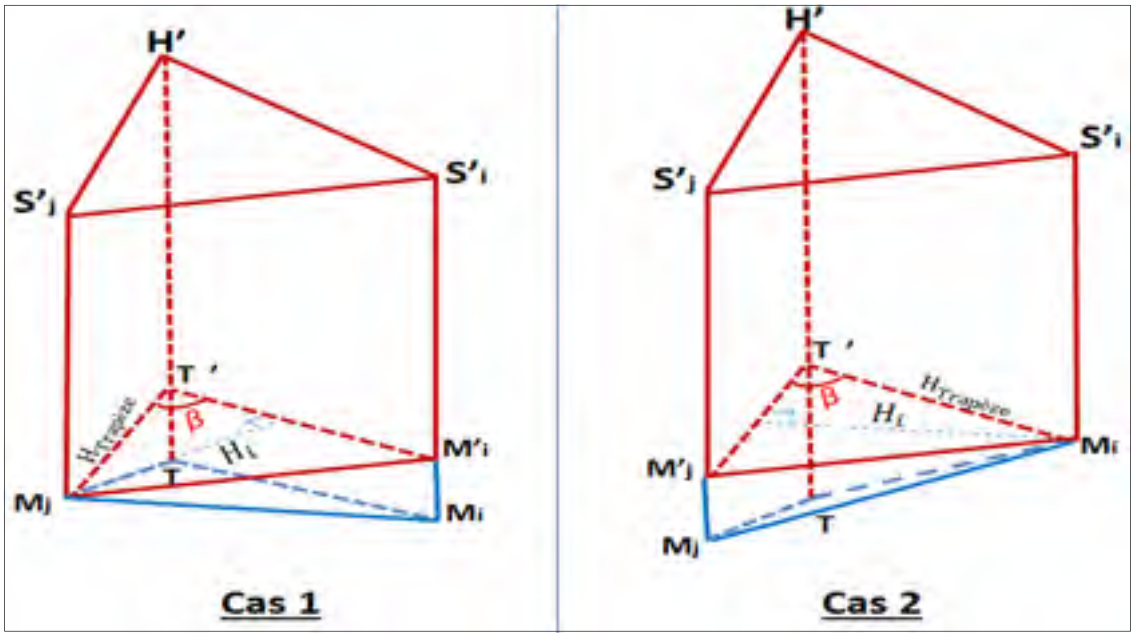


Figure 3.15 La base de la pyramide Py_i n'est pas sur l'une des facettes du prisme P

Dans ce cas :

- $(B+b) = \left[2.Max\left(M_i, M_j, T\right) - \left(T + Min\left(M_i, M_j, T\right)\right)\right]$;
- $H_i = \sin(\beta).\, H_{Trapèze}$ (voir la figure 3.15);
- $H_{Trapèze} = \frac{c}{2.\sin(\frac{\beta}{2})} = \frac{1}{2.\sin(\frac{\beta}{2})}$ (voir la figure 3.16)

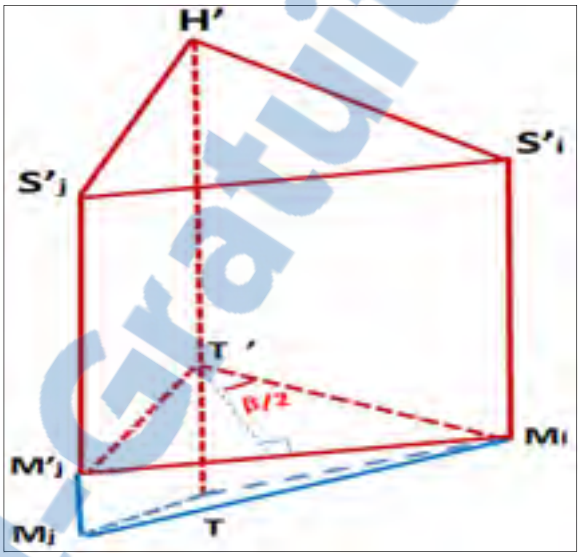


Figure 3.16 Le calcul de $H_{Trapèze}$

Ainsi, selon l'équation (3.17), le volume de la pyramide Py_i est égal à :

$$VPyramide_i = \frac{\left[2.Max\left(M_i, M_j, T\right) - \left(T + Min\left(M_i, M_j, T\right)\right)\right].\sin(\beta)}{24.\sin(\frac{\beta}{2})} \quad (3.19)$$

Où :

- $\beta = \frac{2\pi}{n}$

Ainsi, le volume de la pyramide est égal à :

Rapport-Gratuit.com

$$\text{VPyramide}_{\text{i}} = \begin{cases} \dfrac{\left[2.Max(M_{\text{i}}, M_{\text{j}}, T) - \left(T + Min(M_{\text{i}}, M_{\text{j}}, T)\right)\right].\sin(\beta)}{24.\sin(\frac{\beta}{2})^2} & \text{si } Max(M_{\text{i}}, M_{\text{j}}, T) \neq T \\ \dfrac{\left[2T - (M_i + M_j)\right].\text{a}}{6} & \text{si } Max(M_{\text{i}}, M_{\text{j}}, T) = T \end{cases} \quad (3.20)$$

Ainsi, selon l'équation ci-dessus et les équations (3.8) et (3.14), V_i est égal à :

$$\text{V}_{\text{i}} = \begin{cases} \dfrac{a}{2}\left\{\left[1 - Max(M_{\text{i}}, M_{\text{j}}, T)\right] + \dfrac{\left[2.Max(M_{\text{i}}, M_{\text{j}}, T) - \left(T + Min(M_{\text{i}}, M_{\text{j}}, T)\right)\right].\sin(\beta)}{12.\sin(\frac{\beta}{2})^2.a}\right\} & si\ Max(M_{\text{i}}, M_{\text{j}}, T) \neq T \\ \dfrac{a}{2}\left\{(1 - T) + \dfrac{\left[2T - (M_i + M_j)\right]}{3}\right\} & \text{si } Max(M_{\text{i}}, M_{\text{j}}, T) = T \end{cases} \quad (3.21)$$

Ainsi, selon l'équation (3.7), le volume V est égal à :

$$\text{V} = \frac{a}{2}\sum_{i=1}^{n} X_i \quad (22)$$

Où :

$$X_i = \begin{cases} \left[1 - Max(M_{\text{i}}, M_{\text{j}}, T)\right] + \dfrac{\left[2.Max(M_{\text{i}}, M_{\text{j}}, T) - \left(T + Min(M_{\text{i}}, M_{\text{j}}, T)\right)\right].\sin(\beta)}{12.\sin(\frac{\beta}{2})^2.a} & si\ Max(M_{\text{i}}, M_{\text{j}}, T) \neq T \\ \left\{(1 - T) + \dfrac{\left[2T - (M_i + M_j)\right]}{3}\right\} & \text{si } Max(M_{\text{i}}, M_{\text{j}}, T) = T \end{cases} \quad (3.22)$$

Ainsi, selon les équations (3.1) (3.6) (3.7) et (3.22) la mesure unifiée est égale à :

$$\text{M}_{\text{u}} = 1 - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i \quad (3.23)$$

3.5 Phase 4 : Représentation multiperspectives des contrôles internes

Une fois que les contrôles multiperspectives sont mis en place et que leur conformité est mesurée, le moment est venu de proposer une représentation graphique qui permet d'assurer une vision multiperspectives de ces contrôles.

3.5.1 Processus de sélection de la représentation

La représentation multiperspectives des contrôles métiers entre dans la catégorie des représentations d'informations hiérarchiquement structurées. Comme il a été mentionné dans la revue de littérature (section 2.3), les arbres présentent le choix par excellence pour la représentation de données hiérarchiquement structurées. Reste à définir laquelle des dispositions d'arbres serait la mieux adaptée pour la représentation multiperspectives des contrôles internes ?

Afin de répondre à cette question, cette thèse propose de suivre le processus illustré par la figure 3.17.

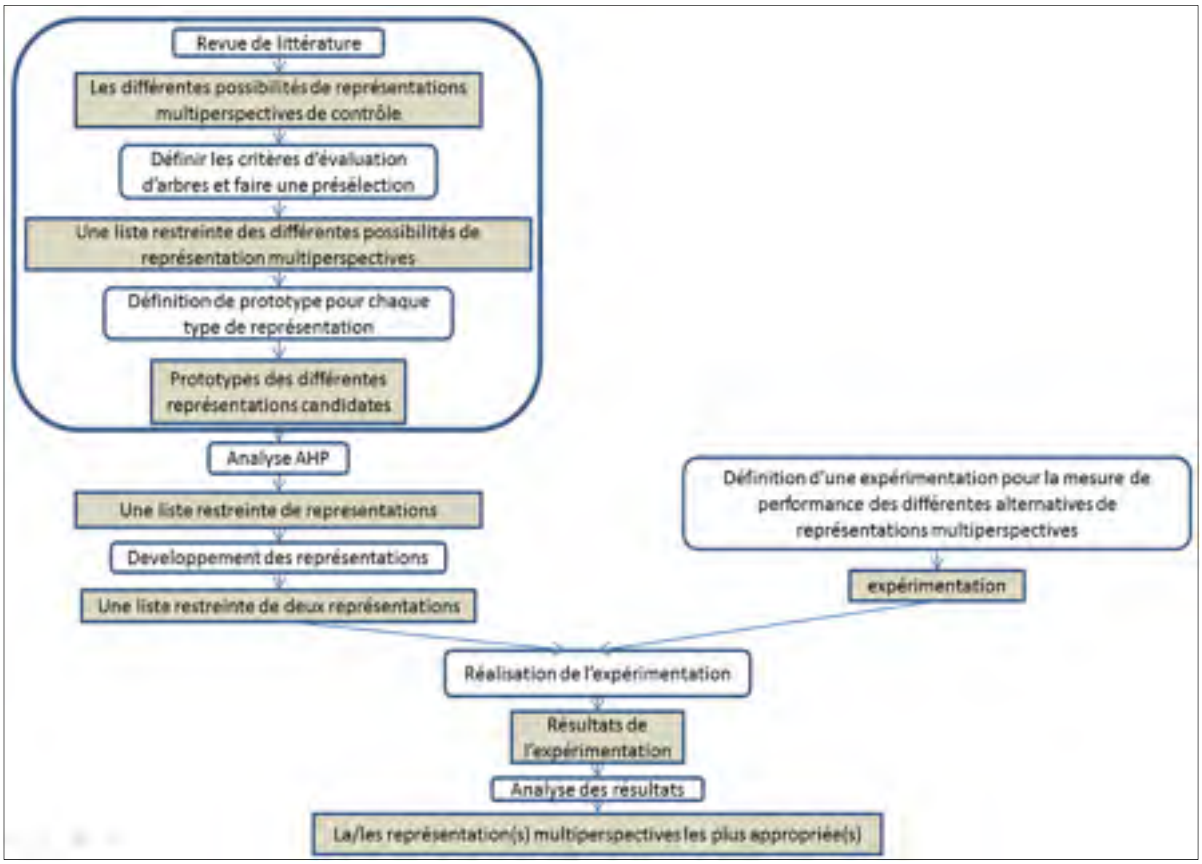


Figure 3.17 Le processus de sélection de la représentation graphique la plus appropriée pour un contrôle multiperspective

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Ce processus est composé de deux branches. Celle de gauche consiste à faire une présélection des représentations candidates en se basant sur une revue de littérature et une analyse AHP (*Analytical Hierarchy Process*). L'analyse AHP a pour rôle de justifier le choix d'une liste restreinte de deux représentations candidates et ce, en se s'appuyant sur des analyses mathématiques et psychologiques (annexe II). Celle de droite illustre pour sa part la définition d'une expérimentation à partir de laquelle cette thèse a identifié la représentation la plus appropriée au contexte de représentation multiperspectives de contrôles.

La portée de cette section se limitera aux activités encerclées en bleu à la figure 3.17. L'analyse AHP et l'étude expérimentale seront le sujet du chapitre suivant : « CHAPITRE 4 ÉTUDE EXPÉRIMENTALE ET VALIDATION DE L'APPROCHE PROPOSÉE ».

3.5.2 Présélection des représentations candidates

La première étape de ce processus de présélection consiste à faire une revue de littérature et à recenser les différentes solutions de remplacement de représentation multiperspectives des contrôles internes. Dans le cadre de cette thèse, cet exercice a mené au fait que les arbres représentent le choix par excellence pour la représentation d'informations hiérarchiques, car tel est le cas des informations liées aux contrôles internes. À ce stade, cette thèse a identifié huit représentations candidates pour assurer la représentation multiperspectives des contrôles internes, à savoir :

- Les arbres verticaux classiques;
- Les arbres horizontaux;
- Les arbres à glaçons;
- Les arbres radiaux;
- Les arbres à cercles concentriques;
- Les arbres à cercles imbriqués;
- Les *Treemaps*;
- Les arbres indentés.

La deuxième étape de ce processus consiste à établir les critères d'évaluation des représentations graphiques et à dresser une liste plus restreinte de ces dernières. Les résultats trouvés dans la littérature montrent qu'il n'existe pas une disposition d'arbre qui excelle par rapport aux autres dispositions. Cependant, il peut y avoir des arbres qui excellent pour un domaine et pas pour un autre. Indépendamment du domaine d'application, le choix d'une disposition d'arbres se fait principalement selon deux critères, à savoir : la gestion d'espace et l'utilisabilité.

D'après les résultats fournis par la littérature, les *Treemaps*, les cercles imbriqués, les cercles concentriques et les arbres à glaçons ne conviennent pas aux objectifs de visualisation poursuivis par cette thèse; ces modèles sont mieux adaptés aux cas où la taille des nœuds des arbres est mise en valeur et non leur structure. Pour cette raison, les dispositions d'arbres retenues à ce niveau sont, les :

- arbres radiaux;
- arbres verticaux;
- arbres horizontaux;
- arbres indentés.

Dans la section qui suit, cette thèse va présenter sa proposition de représentation multiperspectives des contrôles internes suivant les dispositions d'arbres citées ci-dessus.

3.5.3 Prototypes des représentations candidates

Les prototypes proposés dans cette section permettront la représentation multiperspectives des contrôles internes, tout en respectant la hiérarchie suivante :

- **Niveau 1 :** Les contrôles multiperspectives;
- **Niveau 2 :** Les niveaux métiers (stratégique, organisationnel et opérationnel);
- **Niveau 3 :** Les perspectives de contrôle;
- **Niveau 4 :** Les pratiques de contrôles proposées par chacune des perspectives;

- **Niveau 5 :** Les processus métiers dans lesquels ces pratiques de contrôles sont présentes.

Prototype d'arbre radial

La figure 3.18 illustre le prototype d'arbre radial proposé pour la représentation multiperspectives des contrôles internes. Dans cette figure:

- Les niveaux métiers sont représentés par les icônes 1, 2, 3 signifient respectivement : niveau 1 (stratégique), 2 (organisationnel) et 3 (opérationnel);

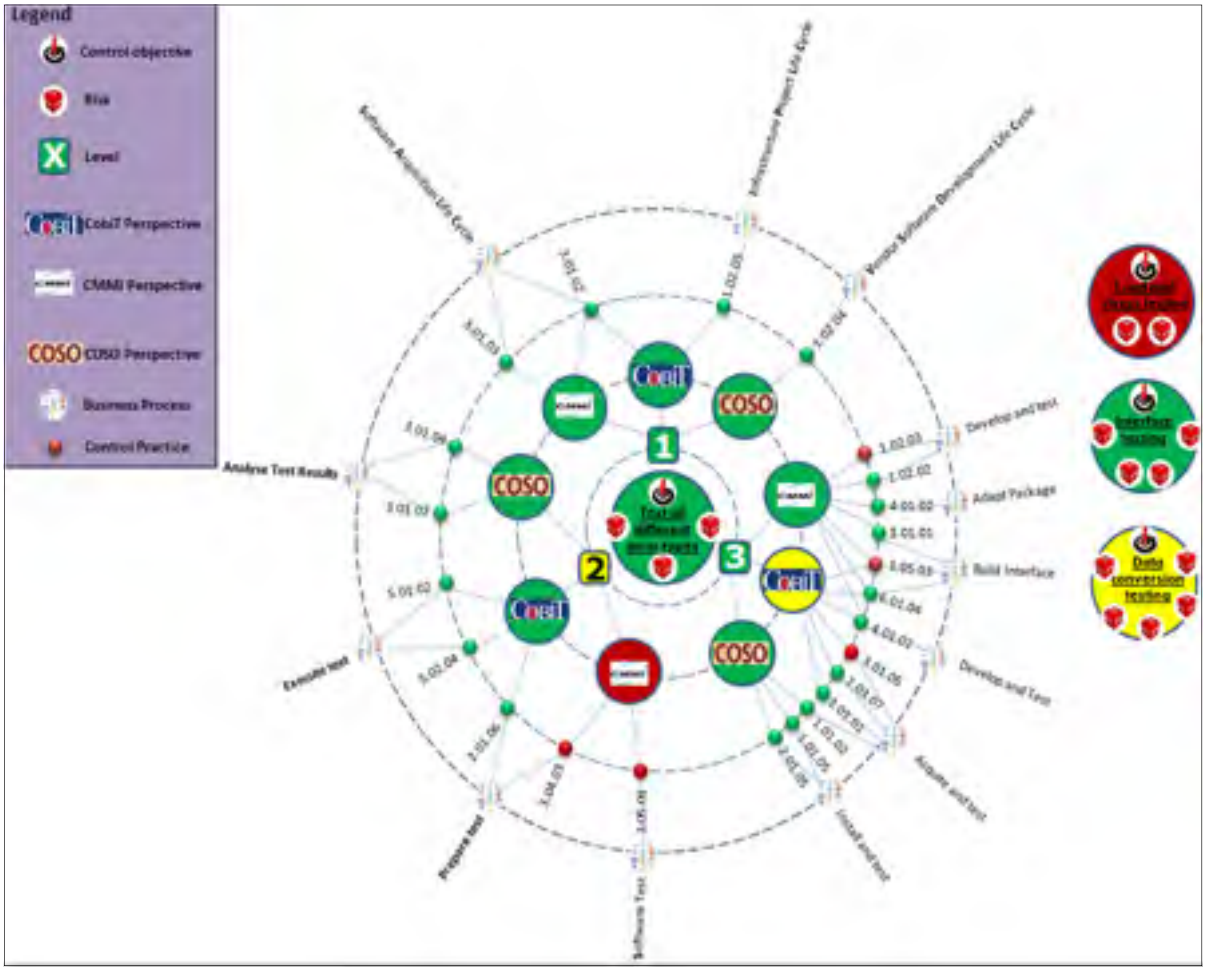


Figure 3.18 Le prototype en arbre radial d'une représentation multiperspectives d'un contrôle interne

- Les perspectives sont représentées par les icônes COBIT, CMMI et COSO, soit respectivement : COBIT, CMMI et COSO;
- Les pratiques de contrôles sont représentées par des cercles étiquetés à l'identifiant de chaque contrôle. Le choix d'utiliser les identifiants et non les libellés des contrôles repose sur la manière de travailler des analystes d'affaires. En effet, ces derniers préfèrent utiliser les identifiants étant donné qu'il peut y avoir des ressemblances entre les noms des pratiques de contrôles, ce qui peut induire en erreur;
- Les processus métiers, quant à eux, sont représentés par des cercles étiquetés au nom de chaque processus.

À chacune des entités listées ci-dessus réfère une couleur :

- Rouge signifie que l'entité est non conforme à l'objectif de contrôle en question;
- Jaune signifie que l'entité est partiellement conforme;
- Verte signifie que l'entité est complètement conforme.

La représentation de la figure 3.18 illustre l'avantage d'avoir plusieurs vues sur le contrôle multiperspective. Pour cela, l'utilisateur n'a qu'à sélectionner le nœud en question et à cliquer dessus. Le nœud choisi sera ainsi affiché sur tout l'écran avec le détail de la branche dont il est parent (voir la figure 3.19). L'utilisateur peut à tout moment revenir à la vue précédente par le moyen d'un bouton de retour.

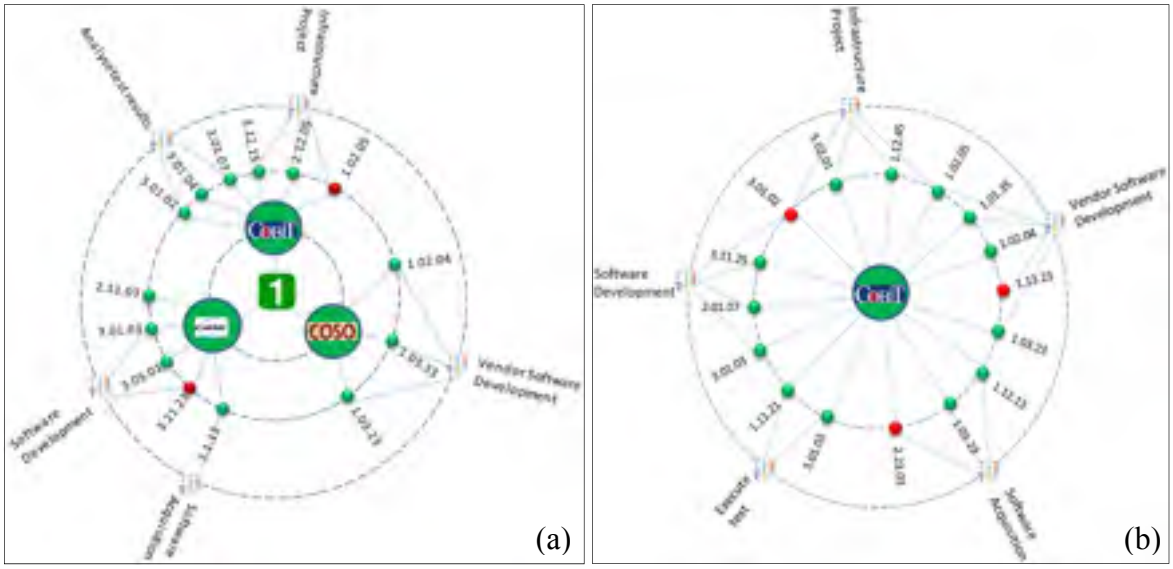


Figure 3.19 Vues multiperspectives sur les contrôles internes

Prototypes d'arbre vertical et d'arbre horizontal

Les prototypes d'arbres vertical et horizontal étant très similaires, ils vont être discutés ensemble dans la présente section. Ces deux prototypes sont, eux aussi, similaires à l'arbre radial en termes d'icônes utilisées. Cependant, la disposition des nœuds n'est pas la même. La figure 3.20 présente le prototype de la représentation en arbre vertical proposé. Pour des raisons d'espace et de lisibilité, les branches dont les nœuds « 1 » et « 3 » sont parents ne sont pas affichées. La structure de ces branches est la même que celle dont le nœud « 2 » est parent.

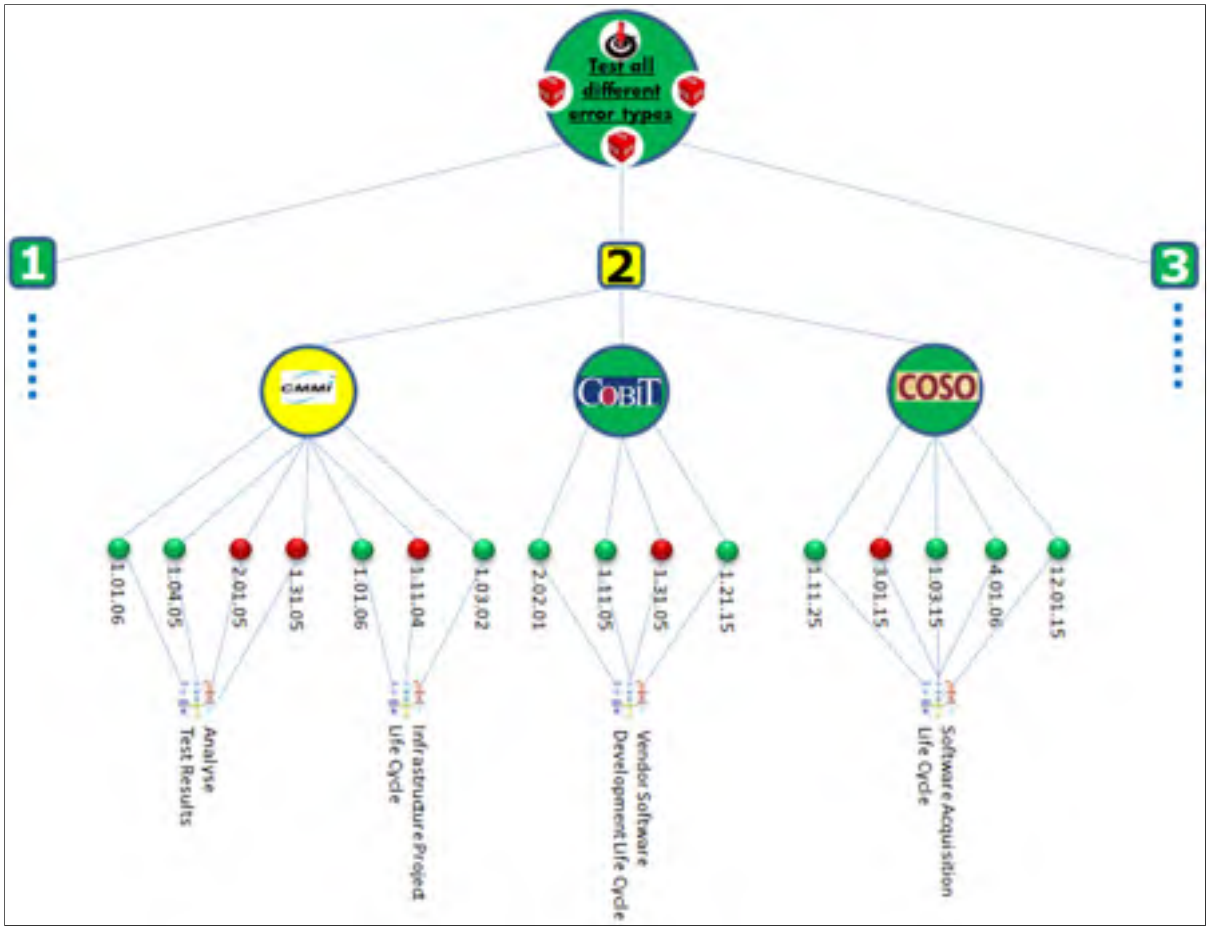


Figure 3.20 Prototype de représentation en arbre vertical

Dans la représentation illustrée ci-dessus, le contrôle multiperspectives est placé au premier niveau, les niveaux métiers au deuxième, et les perspectives de contrôle au troisième. Pour chacune des perspectives de contrôle est donnée la liste des pratiques à appliquer pour atteindre l'objectif de contrôle impliqué. Le dernier niveau est consacré aux processus métiers auxquels sont appliquées les pratiques de contrôle.

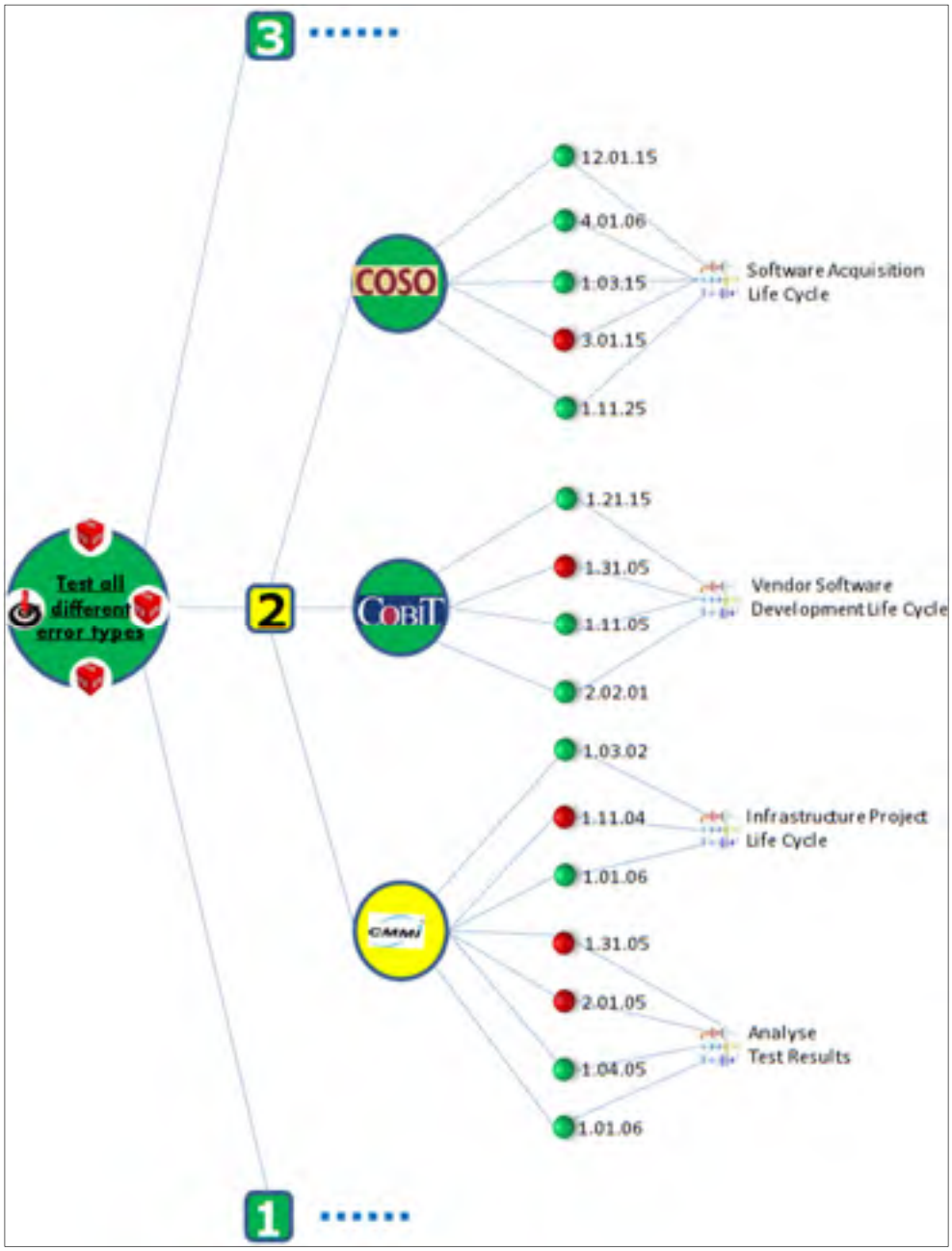


Figure 3.21 Prototype de représentation en arbre horizontal

La représentation en arbre horizontal est exactement la même que celle en arbre vertical. Cependant, la racine de l'arbre (l'objectif métier) se trouve à gauche et les feuilles (les processus) à droite. Un prototype de cette représentation est illustré par la figure 3.21.

Prototype d'arbre indenté

La représentation en arbre indenté est très similaire à celle de l'explorateur de Windows (« *Windows Explorer* »), dans laquelle les objectifs de contrôle sont placés au sommet de la hiérarchie et les processus métiers en bas. La manipulation de cette représentation est exactement la même que pour Windows Explorer : l'utilisateur peut réduire ou afficher les branches auxquelles il s'intéresse en cliquant sur les différents nœuds (voir la figure 3.22).

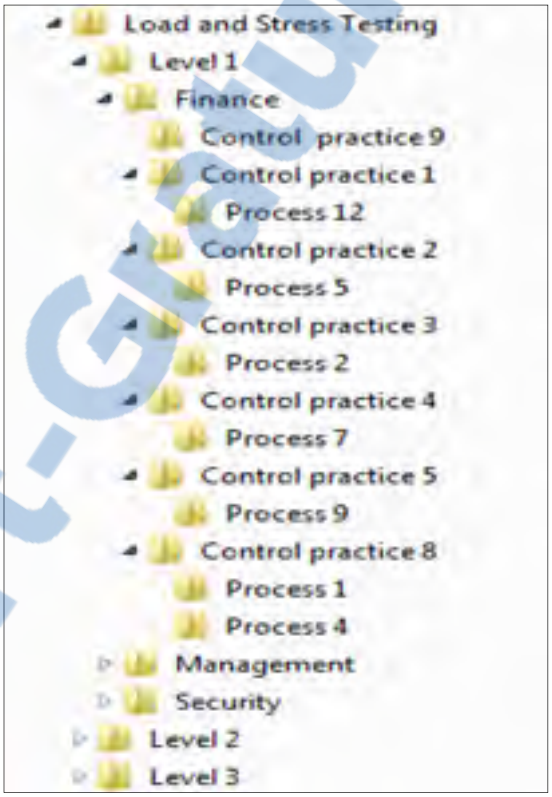


Figure 3.22 Représentation Multiperspectives d'un contrôle métier en disposition indentée

3.6 Conclusion

Ce chapitre a présenté l'approche de contrôle multiperspectives proposée et comment cette dernière est appliquée dans les différentes phases du cycle de vie d'un contrôle interne :

Rapport-Gratuit.com

- Phase 1 – Définition des contrôles multiperspectives : dans laquelle une terminologie commune et un processus de définition de contrôles multiperspectives ont été proposés;
- Phase 2 – Mise en place des contrôles multiperspectives : au cours de laquelle une architecture de contrôles multiperspectives a été présentée;
- Phase 3 – Mesure de conformité d'un contrôle multiperspectives : au niveau de laquelle un modèle de mesure de conformité unifiée été proposé;
- Phase 4 – Représentation multiperspectives des contrôles internes : au sein de laquelle quatre représentations candidates ont été présentées.

Le prochain chapitre présente l'étude expérimentale qui a été menée afin de valider l'approche de contrôle multiperspectives proposée dans ce chapitre.

CHAPITRE 4

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE ET VALIDATION DE L'APPROCHE PROPOSÉE

4.1 Introduction

Ce chapitre s'intéresse à l'étude expérimentale qui a été menée afin de valider l'approche de contrôle multiperspectives des processus métiers. La première partie de ce chapitre présente l'expérimentation mise en œuvre pour valider le modèle de mesure décrit à la section 3.4. La deuxième partie décrit l'expérimentation qui a permis d'identifier un choix final de la représentation graphique convenant le mieux aux besoins de représentation multiperspectives des contrôles internes.

4.2 Validation du modèle de mesure proposé

Cette section présente la procédure de validation du modèle de mesure de conformité unifiée proposé dans le chapitre précédent. Avant de débuter, rappelons que la formule du modèle de mesure proposé est (voir section 3.4.3 pour plus de détails) :

$$M_u = 1 - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i \qquad (4.1)$$

Où :

$$X_i = \begin{cases} \left[1 - Max(M_i, M_j, T)\right] + \frac{\left[2.Max(M_i,M_j,T) - \left(T + Min(M_i,M_j,T)\right)\right].\sin(\beta)}{12.\sin(\frac{\beta}{2})^2.a} & si\ Max(M_i, M_j, T) \neq T \\ \left\{(1-T) + \frac{[2T-(M_i+M_j)]}{3}\right\} & \text{si } Max(M_i, M_j, T) = T \end{cases}$$

La validation du modèle énoncé ci-dessus a été réalisée suivant deux axes :

- Une validation géométrique et mathématique des formules utilisées;
- Une validation logique des mesures retournées par ce modèle.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

4.2.1 Validation géométrique du modèle MICMM

Cette validation a fait appel à deux experts en géométrie et calcul de volume de formes géométriques complexes, à savoir : M. Antoine Tahan et M. Borhène Louhichi. Ces experts ont permis de valider tous les calculs géométriques et trigonométriques utilisés. Par surcroit, pour s'en assurer davantage, les résultats fournis par le modèle MICMM ont été comparés avec ceux produits par le logiciel CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) (Michaud, 2012) utilisé pour le dessin et le calcul de volume de formes géométriques complexes. Pour cela, trois différents cas de figure ont été étudiés (voir la figure 4.1):

- Cas 1 :
    - T = 0.5
    - Nombre de mesures à unifier : 6.
    - Les mesures à unifier :
        - $M_1 = 0.5$
        - $M_2 = 0.2$
        - $M_3 = 0.7$
        - $M_4 = 0.4$
        - $M_5 = 0.8$
        - $M_6 = 0.3$
- Cas 2 :
    - T = 0.4
    - Nombre de mesures à unifier : 4.
    - Les mesures à unifier :
        - $M_1 = 0.5$
        - $M_2 = 0.2$
        - $M_3 = 0.7$
        - $M_4 = 0.4$

- Cas 3 :
    - T = 0.5
    - Nombre de mesures à unifier : 3.
    - Les mesures à unifier :
        - $M_1 = 0.5$
        - $M_2 = 0.2$
        - $M_3 = 0.7$

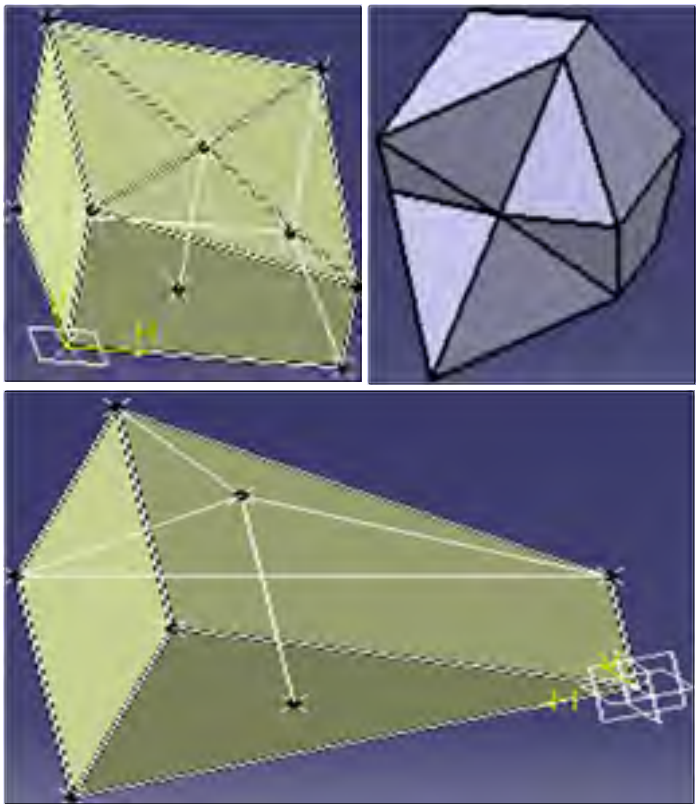


Figure 4.1 Exemple de formes dessinées par CATIA

En se basant sur les résultats fournis par CATIA, la mesure unifiée retournée est :

- $M_u = 0.46$ pour « Cas 1 ».
- $M_u = 0.44$ pour « Cas 2 ».
- $M_u = 0.46$ pour « Cas 3 ».

Ces mêmes valeurs ont été retrouvées en utilisant le modèle de mesure unifiée MICMM proposé. Ainsi, la formule proposée pour le modèle MICMM est géométriquement valide.

4.2.2 Validation logique des mesures retournées par le modèle MICMM

Une fois que le modèle MICMM est validé géométriquement, il ne reste qu'à vérifier si les mesures unifiées retournées sont valides d'un point de vue logique. Une mesure est dite logiquement valide si elle est logiquement acceptable et reflète l'entité qu'elle mesure d'une manière cohérente (Everett, 1990). Prenons l'exemple de la mesure d'une longueur : une mesure de 300 mètres pourrait être logique pour une mesure de la longueur d'un avion, cependant cette dernière ne pourrait pas être logiquement acceptable pour qu'elle soit considérée comme étant la mesure de la taille d'une personne.

Afin de valider les mesures unifiées d'un point de vue logique, l'expérimentation suivante a été proposée :

- Étape 1 : Prendre le cas de trois mesures de conformité à un instant T et faire varier ces mesures ainsi que l'instant T entre 0 et 1, avec un degré de précision de deux chiffres après la virgule. Ainsi, pour chaque mesure et instant T, il y a 101 valeurs possibles (de 0.00 à 1.00). Si cette thèse veut couvrir tous les cas possibles (c.-à-d. dans le cas de trois mesures), il y aura environ 104 millions de possibilités (le nombre de possibilités pour chaque mesure et instant T (c.-à-d. 101 dans ce cas) exposant le nombre de variables (c.-à-d. quatre dans ce cas : les trois mesures ainsi que l'instant T).
- Étape 2 : pour chaque quadruplet (M_1, M_2, M_3, T), calculer la mesure unifiée M_u en utilisant :
    - Le modèle MICMM,
    - la moyenne arithmétique
    - et le modèle QEST-nD.

Le tableau 4.1 présente un sous-ensemble des données collectées lors de cette expérimentation.

Tableau 4.1 Un échantillon des mesures collectées

M1	M2	M3	T	MICMM	Moyenne arithmétique	Qest-nD
0.00	0.81	0.45	0.60	0.48	0.47	0.96
0.50	0.95	0.33	0.38	0.51	0.54	0.99
0.01	1.00	0.00	0.68	0.45	0.42	1.00
0.02	0.72	0.96	0.12	0.35	0.46	0.99
0.03	0.00	0.00	0.07	0.03	0.03	0.10
0.04	0.78	0.76	0.72	0.59	0.58	0.99
0.05	0.88	0.10	0.93	0.54	0.49	0.99
0.06	0.55	0.53	0.42	0.38	0.39	0.88
0.07	0.75	0.22	0.02	0.20	0.27	0.82
0.08	0.49	0.29	0.97	0.51	0.46	0.99
0.09	0.91	0.08	0.12	0.28	0.30	0.93
0.10	0.74	0.94	0.33	0.46	0.53	0.99
0.11	0.76	0.92	0.71	0.63	0.63	1.00
0.12	0.58	0.22	0.18	0.26	0.28	0.76
0.14	0.78	0.62	0.43	0.47	0.49	0.96
0.15	0.58	0.79	0.40	0.45	0.48	0.96
0.52	0.59	0.49	0.93	0.67	0.63	0.99
0.56	0.66	0.01	0.33	0.36	0.39	0.90
0.58	0.96	0.75	0.70	0.74	0.75	1.00
0.61	0.49	0.58	0.57	0.56	0.56	0.96
0.65	0.53	0.40	0.79	0.61	0.59	0.98
0.82	0.44	0.05	0.62	0.50	0.48	0.96

En comparant les mesures unifiées retournées par le modèle MICMM, la moyenne arithmétique et le modèle QEST-nD (voir le tableau 4.1), il faut souligner que celles retournées par le modèle QEST-nD sont moins évidentes à expliquer. Prenons, par exemple, les résultats de la première ligne du tableau 4.1. Dans cette ligne, il y a une mesure unifiée égale à 0.96 retournée par le modèle QEST-nD pour trois mesures de conformité (M_1, M_2 et M_3) égales respectivement à 0.00, 0.81 et 0.45 à un instant T = 0.60. Cette mesure unifiée retournée par le modèle QEST-nD parait moins évidente que celles retournées par le modèle

MICMM et la moyenne arithmétique (0.48 et 0.47 respectivement). Cela montre bien que le modèle QEST-nD ne peut pas être utilisé pour unifier des mesures de conformité.

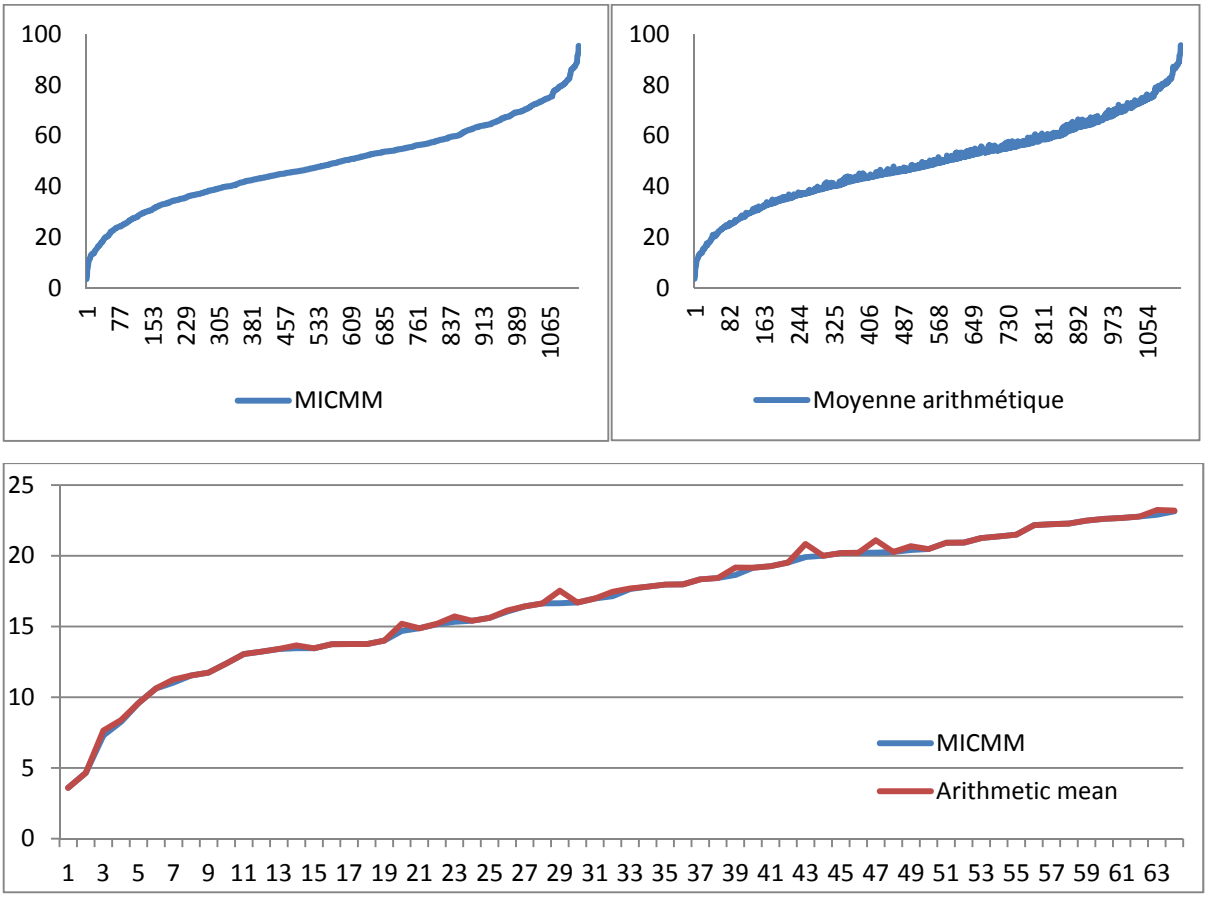


Figure 4.2 Variation de la moyenne arithmétique vis-à-vis de la mesure retournée par le modèle MICMM

En comparant la variation de la moyenne arithmétique et la mesure unifiée retournée par le modèle MICMM, force est de constater que le modèle de mesure MICMM retourne des résultats aussi logiques que ceux retournés par la moyenne arithmétique, tout en étant moins sensibles aux variations des mesures à unifier (voir la figure 4.2).

Les résultats présentés dans cette section font l'objet d'un article intitulé « *Measuring and Representing the Multiperspectives of BPM Controls* » qui a été soumis au journal: «Information and Software Technology».

Les résultats de cette expérimentation permettent de constater que le modèle MICMM proposé qui vise à unifier les mesures de conformité est valide d'un point de vue géométrique et logique. Cependant, détenir un modèle de mesure de conformité valide ne représente pas le seul défi afin de mettre au point une approche de contrôle multiperspectives des processus métiers utilisable par l'industrie. Comme il a été mentionné au chapitre 3, la représentation multiperspectives constitue un aspect très important dans le cycle de vie d'un contrôle multiperspective. La présente thèse va démontrer, dans les prochaines pages, comment le choix de la représentation qui convient le mieux aux besoins de représentation multiperspectives des contrôles internes a été fait expérimentalement.

4.3 Choix de la représentation multiperspectives des contrôles internes

Comme il a été décrit à la section 3.5 et en se basant sur la revue de littérature, il existe quatre représentations candidates pour la représentation multiperspectives des contrôles internes, à savoir les arbres :

- radiaux,
- horizontaux,
- verticaux,
- et indentés.

Selon la revue de littérature du domaine (voir la section 2.3), le choix d'une représentation au détriment d'une autre se fait à l'aide d'expérimentations menées avec l'aide de participants. Lors de ces expérimentations, les chercheurs doivent développer des prototypes de chaque représentation candidate.

Étant donné la portée limitée de ce projet de recherche, il n'a pas été possible de développer un prototype pour chacune des quatre représentations candidates. Il y a donc eu un premier filtrage des représentations candidates à l'aide de prototypes statiques. Ceux-ci ont par la suite été analysés, par des praticiens (dans le domaine d'audit, modélisation des processus métiers, mesure de conformité et visualisation d'informations), qui ont donnés leur avis sur

ces prototypes. Ces avis ont été par la suite analysés à l'aide de la méthode d'analyse multicritère AHP et ce, afin d'obtenir une sélection plus restreinte des représentations graphiques candidates. Les représentations présélectionnées par la méthode AHP ont été l'objet d'une expérimentation dans laquelle des participants ont été invités à utiliser ces représentations et à partager leurs impressions sur leur usage.

La phase de présélection via la méthode AHP ainsi que l'expérimentation seront l'objet des deux sections suivantes.

4.3.1 Présélection via l'approche AHP

Afin de pouvoir appliquer la méthode AHP, il est nécessaire de formuler le problème en un ensemble de critères et de choix. Les choix, dans ce cas, ne sont autres que les dispositions d'arbres à l'étude, à savoir les dispositions radiale, verticale, horizontale et indentée. Les critères sont ceux discutés dans la section 3.5, à savoir la gestion d'espace et l'utilisablité, qui est divisée en trois sous-critères (efficacité, efficience et préférences des utilisateurs) (voir à ce propos la figure 4.3).

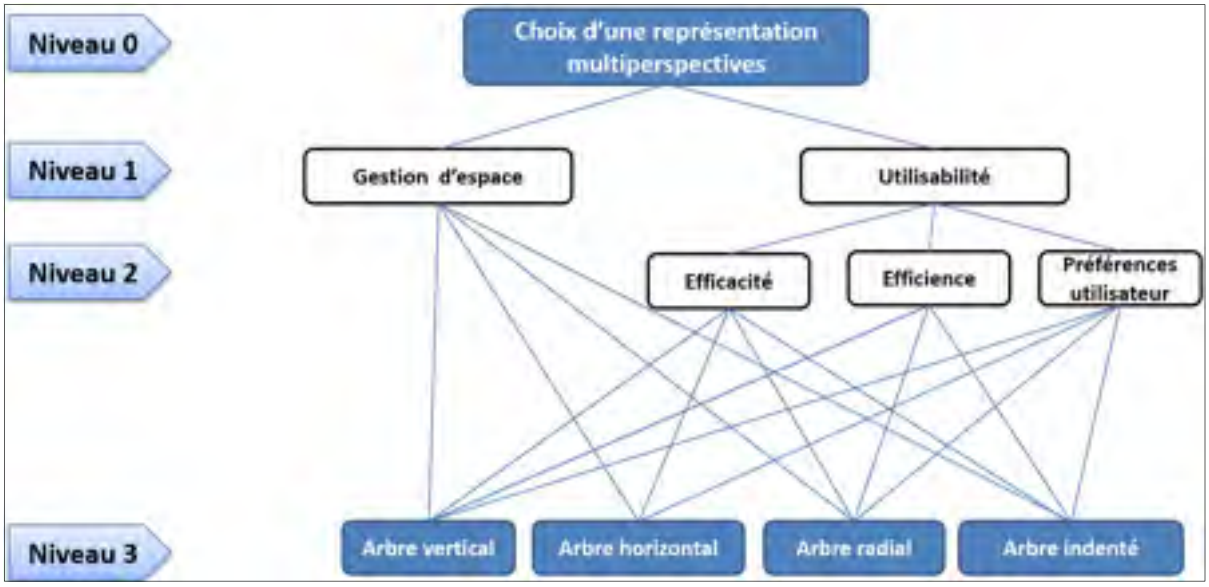


Figure 4.3 La structure hiérarchique du problème formalisé en AHP

Une fois que le problème est bien formalisé, quinze praticiens (dans le domaine d'audit, modélisation des processus métiers, mesure de conformité et visualisation d'informations) ont été invités à donner leur avis sur les performances de chacun des prototypes de représentation de contrôle. Ces avis ont été collectés via des questionnaires (annexe III) envoyés par courriel (c.-à-d. à l'aide d'un outil nommé *Expert Choice* (ExpertChoice, 2012)) dans lesquels les praticiens devaient comparer, deux par deux, les critères du même niveau ainsi que les différents prototypes vis-à-vis de chacun des critères de sélection.

Une fois que toutes les pondérations ont été complétées, le vecteur de priorités ci-dessous a été généré (voir la figure 4.4). À partir de ce vecteur, cette thèse peut affirmer que les arbres verticaux sont les mieux adaptés à représenter les contrôles métiers multiperspectives. Cependant, ils ne présentent qu'une légère avance sur les arbres radiaux. Les arbres horizontaux et indentés sont pour leur part moins appréciés par les praticiens.

Figure 4.4 Le vecteur d'alternatives pondérées

Afin de s'assurer de la conformité des résultats trouvés, la méthode AHP permet aussi de faire une analyse de sensibilité dans laquelle le poids des différents critères peut être varié et l'incidence de cette variation sur les priorités des alternatives constatée (voir la figure 4.5). Les résultats obtenus suite à l'analyse de sensibilité montrent que l'alternative verticale reste la meilleure jusqu'à une variation de 15 % du critère « Utilisabilité » vis-à-vis du critère de « Gestion d'espace ». C'est-à-dire que l'ordre des alternatives reste le même, à condition que les praticiens continuent de favoriser le critère d'utilisabilité sur celui de gestion d'espace. Même si cette variation se produit, elle ne doit pas dépasser la marge de 15 % de la pondération actuelle. S'il y a dépassement, les arbres radiaux deviennent les favoris pour représenter les contrôles multiperspectives.

Rapport-Gratuit.com

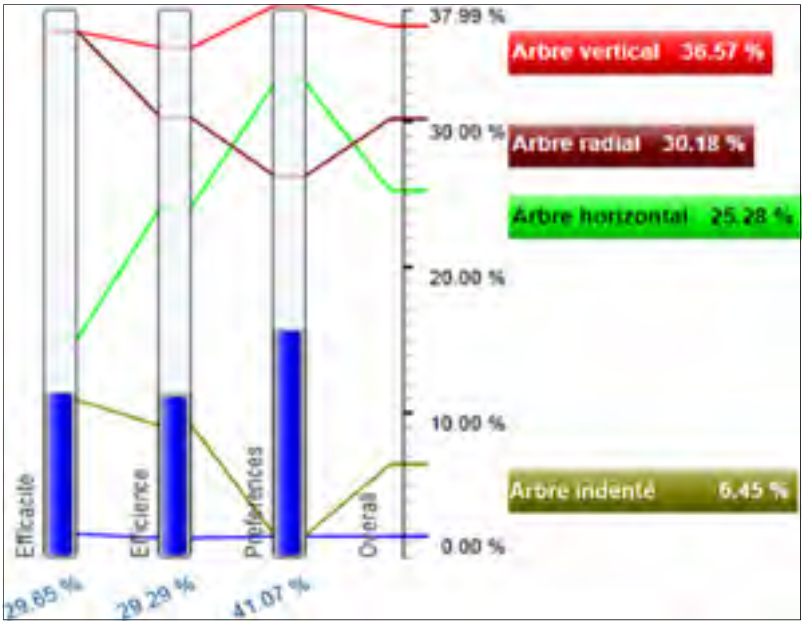


Figure 4.5 L'analyse de sensibilité

La même analyse de sensibilité démontre aussi que les arbres verticaux et radiaux restent les meilleures options jusqu'à une variation de 30 % du critère « Utilisabilité » vis-à-vis du critère de « Gestion d'espace ». Cette marge de sensibilité de 30% permet d'affirmer que, selon l'avis des quinze praticiens auxquels cette thèse a fait appel, les arbres radiaux et les arbres verticaux sont les représentations qui répondent le mieux aux besoins de représentation multiperspectives des contrôles internes. Ainsi, les deux représentations qui vont être développées et sur lesquelles va être menée une expérimentation seront les représentations radiale et verticale.

Les résultats illustrés dans cette section sont rédigés dans un article intitulé « Multiperspectives Representation of Internal Controls in Business Processes » qui a été accepté dans le journal : « *Journal of Software Engineering and Applications* ».

4.3.2 Étude expérimentale pour le choix de la représentation graphique

Afin de déterminer laquelle des représentations radiale ou verticale (c.-à-d. retenues suite à l'analyse AHP discutée dans la section précédente) convient le mieux aux besoins de

représentation multiperspectives des contrôles internes, une expérimentation a été menée dans laquelle un prototype de chaque représentation retenue a été développé. Des participants ont été par la suite invités à utiliser ces deux prototypes.

Dans le texte qui suit, il y aura la présentation des participants à l'expérimentation, des tâches qui leur ont été demandées, des métriques collectées, de la procédure avec laquelle les résultats ont été analysés ainsi que de la technique utilisée afin de s'assurer de leur validité.

4.3.3 Participants

L'expérimentation proposée est une expérimentation contrôlée qui a été réalisée sur cinquante participants. Ces derniers ont été invités à faire des tâches analogues à celles réalisées par des praticiens dans les domaines d'audit, modélisation des processus métiers, mesure de conformité et visualisation d'informations. C'est-à-dire que les tâches faites par des praticiens ont été traduites en tâches similaires nécessitant le même effort. Ces tâches, ainsi que celles, forts semblables, menées par des praticiens en gestion de processus métiers, seront présentées dans la section suivante.

4.3.4 Tâches

Les tâches proposées pour cette expérimentation sont :

- Tâche 1 : Définir le nombre de nœuds de niveau 4 dont la couleur est rouge;
- Tâche 2 : Définir le nombre de feuilles de l'arbre;
- Tâche 3 : Définir le nombre de nœuds de niveau 3 dont la couleur est rouge;
- Tâche 4 : Définir le nombre de nœuds dont le nom est « COBIT »;
- Tâche 5 : Définir le nombre de nœuds dont le parent est nommé « COBIT ».

Ces tâches sont équivalentes à celles réalisées par les praticiens en gestion de processus métiers pour définir respectivement :

- Les pratiques de contrôles non conformes (tâche 1);
- Les processus, là où les pratiques de contrôles sont présentes (tâche 2);

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

- Les perspectives auxquelles le contrôle n'est pas conforme (tâche 3);
- Les niveaux métiers, là où la perspective « COBIT » est présente (tâche 4);
- Les pratiques de contrôles provenant de la perspective « COBIT » (tâche 5).

4.3.5 Métriques

Comme il a été mentionné précédemment, cette expérimentation a mesuré l'utilisabilité de chacune des dispositions d'arbres choisies. Selon la norme ISO 9241-11 (International Organization for Standardization, 1998), l'utilisabilité peut être divisée, en trois critères :

- **L'efficacité :** Ce critère est mesuré à partir de la mesure du temps nécessaire pour compléter chacune des tâches proposées ci-dessus;
- **L'efficience :** Ce critère est mesuré à partir de la mesure du taux de réussite de chacune des tâches présentées ci-dessus;
- **Les préférences de l'utilisateur :** Ces préférences sont mesurées à partir d'un questionnaire (annexe IV) distribué aux participants à la fin de l'expérimentation et dans lequel il leur a été demandé de donner leur avis sur chacune des représentations proposées.

4.3.6 Analyse des résultats

Une fois que l'expérimentation a été réalisée et afin de déterminer lequel des prototypes d'interfaces convient le mieux aux besoins de représentation multiperspective, nous avons procédé à l'analyse des différentes métriques collectées au cours de l'expérimentation (c.-à-d. le temps de complétude (efficacité), le taux de réussite (efficience) et le degré de satisfaction (préférences des participants)) pour chacune des dispositions d'arbres.

<u>Temps de complétude (efficacité)</u>

En termes de temps de complétude (efficacité), le prototype vertical a une légère avance sur le prototype radial. En effet, pour la plupart des tâches, les participants ont pris moins de temps en utilisant la représentation verticale que la radiale. Comme le montre la figure 4.6, il

a fallu près de 128 secondes pour effectuer les cinq tâches en utilisant la représentation radiale, par rapport à 112 secondes à l'aide de la représentation verticale. Il faut noter également que les tâches 2 (T2 dans la figure 4.6) et 5 (T5 dans la figure 4.6) présentent les plus grandes différences en termes de temps de complétude. Ces tâches sont liées à des manipulations au sein du même niveau de l'arbre, à savoir celui des pratiques de contrôle (niveau 3).

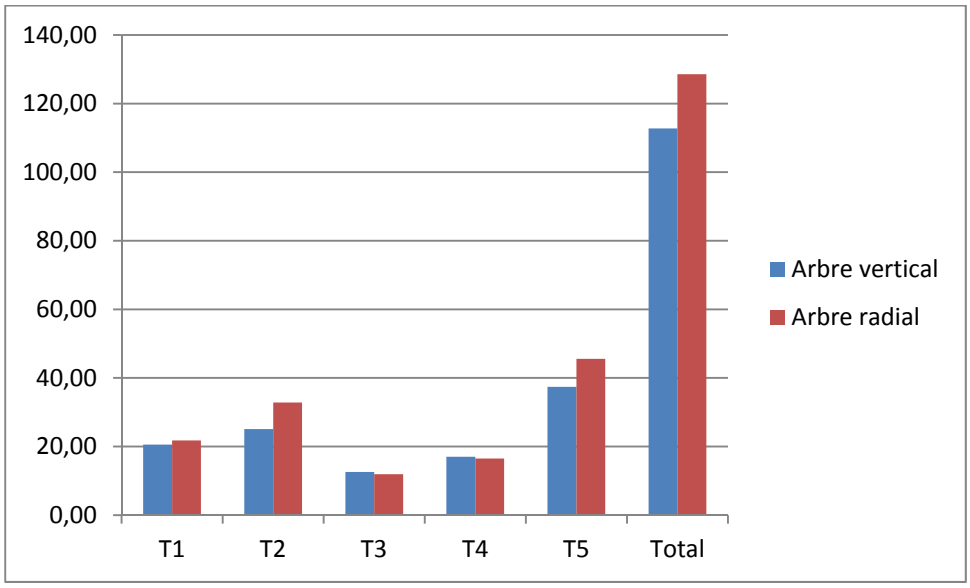


Figure 4.6 Le temps de complétude des tâches (en secondes)

Taux de réussite (efficience)

En termes de taux de réussite, la représentation radiale excelle sur la représentation verticale de 8% (le taux de réussite pour la représentation verticale est de 74%, tandis que celui de la représentation radiale est de 82%). Il est également à noter que les taux de réussite des tâches 1, 3 et 4 présentent les plus grands écarts. Ces tâches sont davantage liées à l'analyse de la structure de l'arbre et des couleurs des nœuds.

Pour les tâches 2 et 5 (où la disposition verticale excelle sur la disposition radiale en termes de temps d'achèvement), les deux prototypes présentent à peu près les mêmes performances en termes de taux de réussite (voir la figure 4.7).

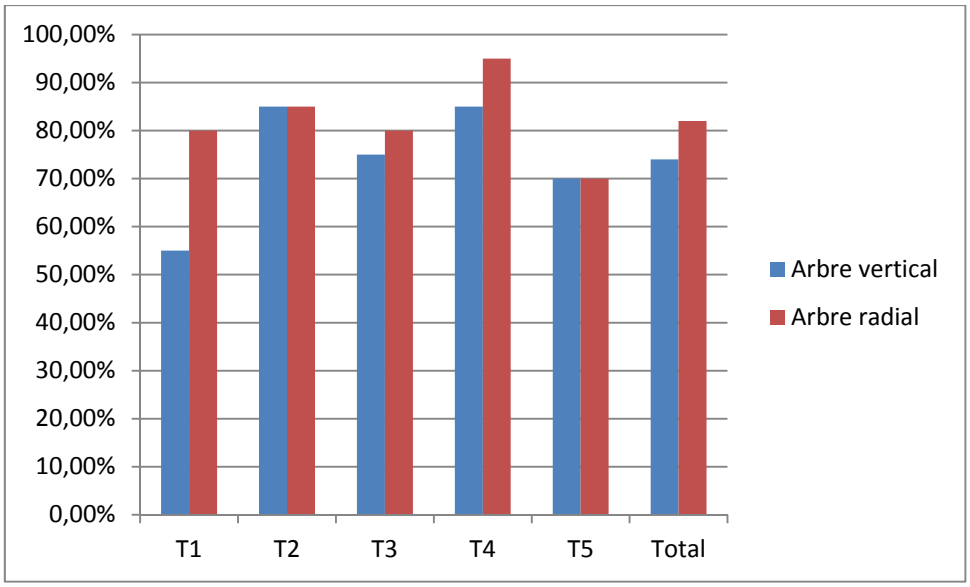


Figure 4.7 Le taux de réussite des tâches (en secondes)

Préférences des utilisateurs

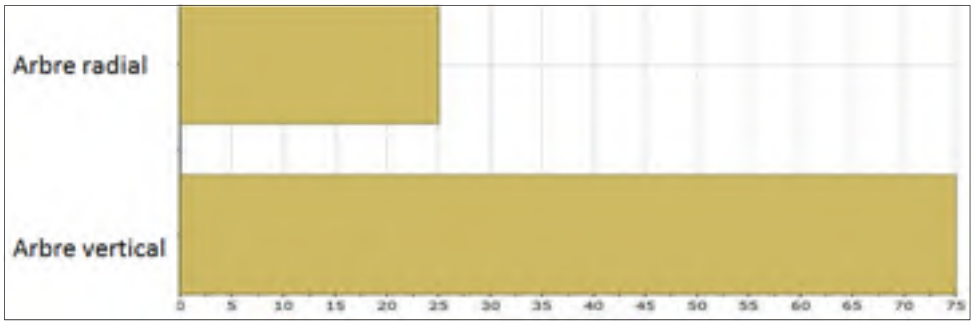


Figure 4.8 Les préférences des utilisateurs (en %)

Les préférences des utilisateurs ont été mesurées sur la base des résultats d'un questionnaire (annexe IV). Une des questions posées dans le questionnaire était : quelle représentation préférez-vous le plus (la représentation radiale ou verticale)? 75% des participants ont répondu qu'ils préféraient la représentation verticale à la radiale. Cela peut être attribué au fait que les gens sont plus habitués à l'utilisation de la représentation verticale (celle des organigrammes, par exemple) que radiale (voir la figure 4.8).

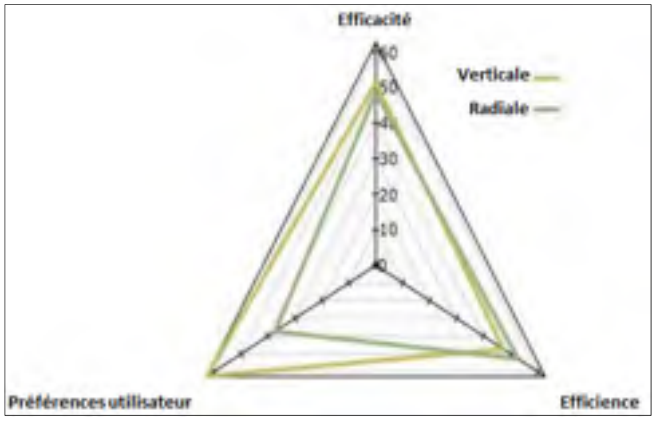


Figure 4.9 Comparaison des représentations
en matière d'utilisabilité

La figure ci-dessus résume tous les résultats expérimentaux trouvés. Les différents prototypes ont été classés vis-à-vis de chaque sous-critère d'utilisabilité (efficacité, efficience et préférences des utilisateurs). En ajoutant ce classement à celui proposé par McGuffin et Robert (2010) vis-à-vis du critère de gestion d'espace (voir la figure 4.10), il en résulte un classement des dispositions d'arbres vis-à-vis de tous les critères de sélection qui existent dans la littérature (Barlow et Neville, 2001; Burch et al., 2011; Plaisant, Grosjean et Bederson, 2002; Stasko et al., 2000), à savoir : la gestion d'espace et l'utilisabilité.

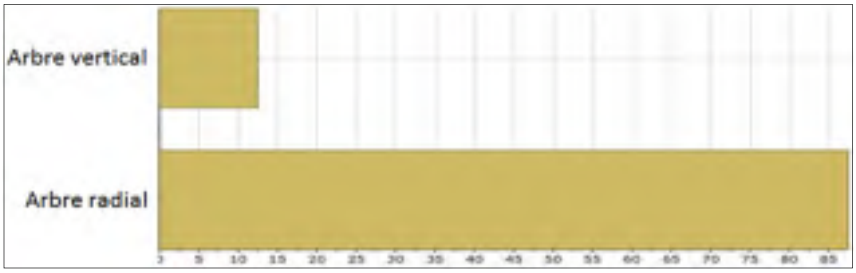


Figure 4.10 Comparaison des représentations en termes
de gestion d'espace

À ce niveau, et compte tenu des résultats de cette recherche, il est à noter que la représentation verticale surpasse la radiale en termes de temps de complétude (c.-à-d. efficacité) et de préférences de l'utilisateur, alors que la représentation radiale surpasse la représentation verticale en termes de taux de réussite (c.-à-d. efficience) et d'efficacité de

gestion d'espace. Au regard de cette situation, cette thèse ne peut pas décider laquelle des représentations répond le mieux aux besoins de représentation multiperspectives des contrôles. Afin de remédier à cette situation et d'éliminer toute ambigüité, cette thèse propose d'utiliser la méthode d'analyse multicritères AHP, qui sera décrite dans la section suivante.

4.3.7 Analyse AHP

Afin d'utiliser la méthode AHP, il est nécessaire de formuler le problème en un ensemble d'alternatives et de critères. Les choix ne sont autres que les prototypes à l'étude. Quant aux critères, ce sont ceux discutés ci-dessus, à savoir : la gestion d'espace et l'utilisablité, qui est divisée en trois sous-critères (c.-à-d. efficacité, efficience et préférences des utilisateurs) (voir la figure 4.11).

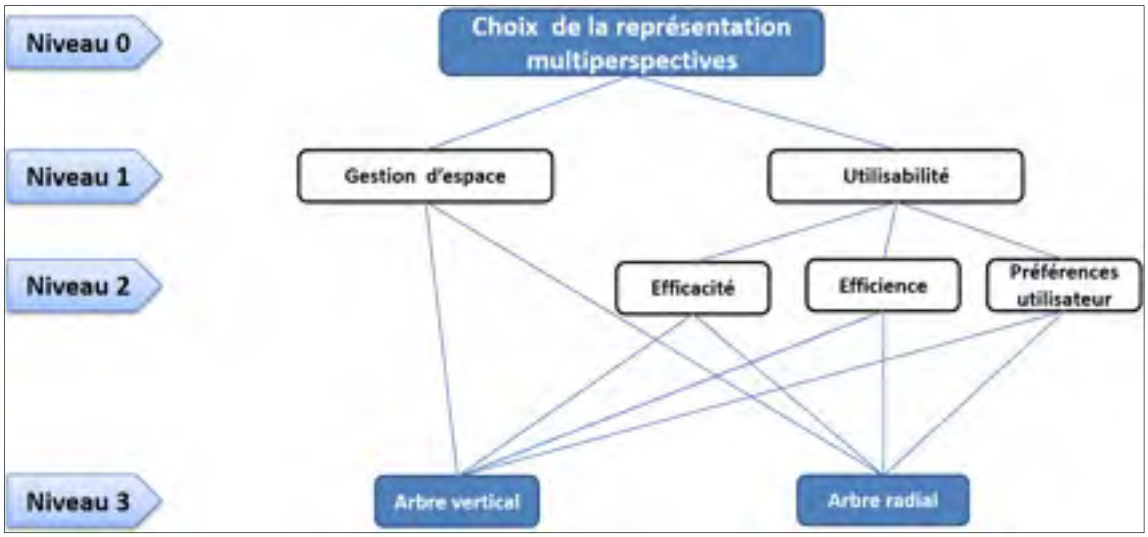


Figure 4.11 Formalisation du problème en AHP

Le vecteur de priorités de la figure 4.12 a été obtenu une fois que toutes les pondérations ont été complétées et que l'analyse AHP a été terminée (voir la figure 4.12). À partir de ce vecteur, nous observons, selon les résultats obtenus et pour les participants invités, que les arbres radiaux sont les mieux adaptés pour représenter les contrôles métiers multiperspectives.

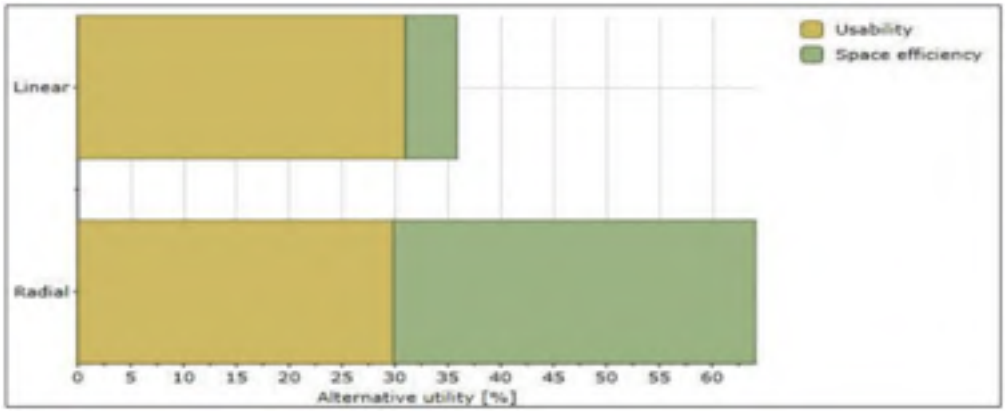


Figure 4.12 Vecteur d'alternatives pondérées

Afin d'assurer la conformité de ces résultats préliminaires, la méthode AHP permet aussi de faire une analyse de sensibilité dans laquelle le poids des différents critères peut être varié et l'incidence de cette variation sur les priorités des alternatives peut être constatée (voir la figure 4.13). Les résultats obtenus suite à l'analyse de sensibilité démontrent que la représentation d'arbre radial reste la meilleure, jusqu'à une variation de 38 % du critère « Utilisabilité » vis-à-vis du critère « Gestion d'espace ». C'est-à-dire que l'ordre des alternatives reste le même, à condition que les participants ne changent pas d'avis en continuant de préférer le critère d'utilisabilité au critère de gestion d'espace. Même si cette variation se produit, elle ne doit pas dépasser la marge de 38 % de la pondération actuelle. Dans le cas d'un dépassement, les arbres verticaux deviennent les favoris pour représenter les contrôles multiperspectives.

Les résultats illustrés dans cette section sont communiqués dans un article intitulé « *A Comparative Evaluation on Multi-perspective Representations of Business Controls: An Experimental Case Study* » qui a été accepté dans la conférence: « *IIE Annual Conference and Expo 2014* ».

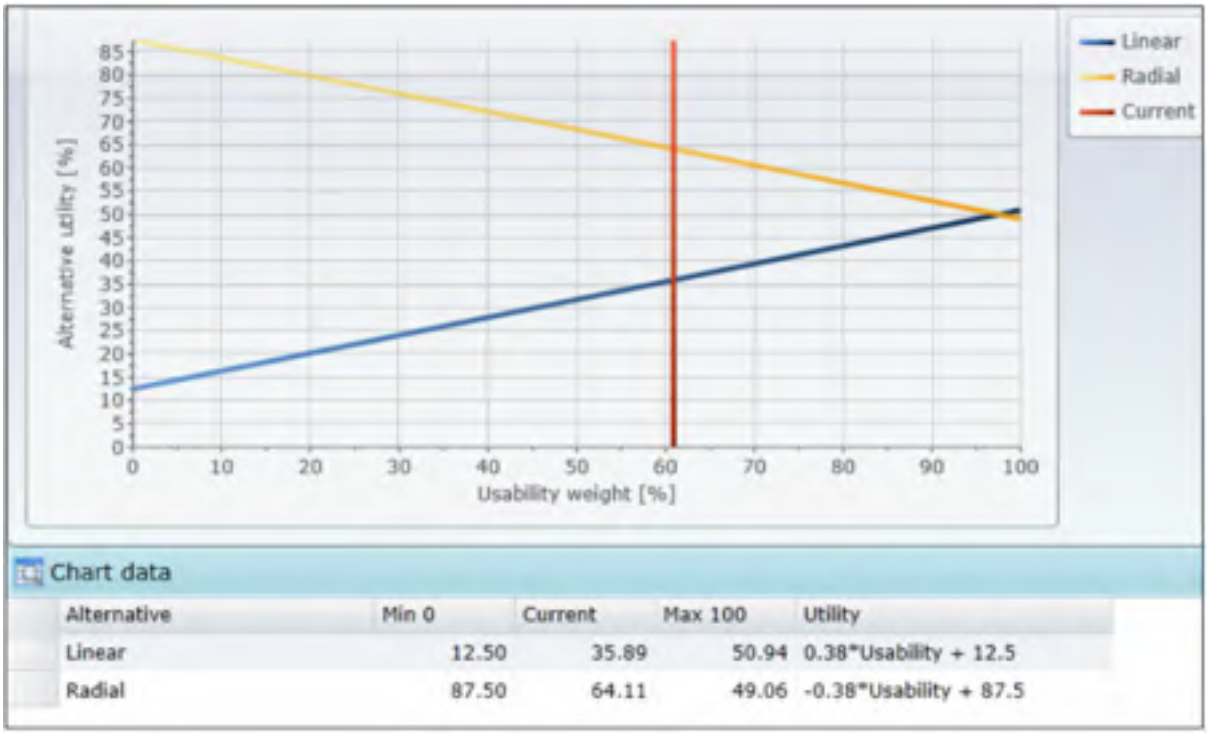


Figure 4.13 Analyse de sensibilité

4.3.8 Validité des résultats

La validité des résultats obtenus est conditionnelle à la validité des métriques, des outils utilisés pour la mesure, ainsi qu'à la validité des outils d'analyse de ces métriques.

Validité des métriques et des outils de mesure

Afin de s'assurer de la validité des résultats, cette section se consacre à la reprise des métriques une à une et à la révision de leur degré de validité :

- **Temps de complétude des tâches :** cette métrique est mesurée automatiquement via un programme d'écoute qui a été développé afin de suivre l'activité de l'utilisateur tout au long de l'utilisation des prototypes;
- **Taux de réussite :** cette métrique est mesurée automatiquement à partir d'un programme, qui a été développé afin de comparer les réponses des participants avec les réponses exactes et qui donne un score final pour chacun des prototypes;

- **Les préférences des participants :** cette métrique est mesurée manuellement à partir d'un questionnaire qui a été distribué à la fin de l'expérimentation et dans lequel les participants ont été invités à donner leurs avis sur les prototypes testés.

En ce qui concerne les outils de mesures, les deux premières métriques ci-dessus (c.-à-d. temps de complétude et taux de réussite) s'avèrent valides, étant donné qu'elles sont collectées automatiquement, avec des programmes testés et validés. En ce qui concerne la dernière métrique (c.-à-d. préférences utilisateurs), même si elle est mesurée manuellement, l'outil utilisé pour sa mesure, le questionnaire, est néanmoins largement utilisé et validé dans la littérature. Aussi, avant d'être utilisé dans l'expérimentation, ce dernier a été testé et validé sur un groupe-pilote de cinq participants. Aussi, les métriques collectées à partir du questionnaire ont été l'objet d'une double vérification, afin de s'assurer de leur validité.

Validité de l'outil d'analyse des métriques

L'outil AHP utilisé pour l'analyse des métriques est largement documenté dans la littérature et fréquemment utilisé et validé pour les problèmes de choix multicritères entre plusieurs alternatives. En plus d'être un outil d'analyse et d'aide à la décision, AHP permet aussi de donner le degré ou la marge de validité de l'analyse réalisée.

Facteur d'apprentissage

Selon Basili, Shull et Lanubile (1999); et Jedlitschka et Pfahl (2005), il y a un facteur important auquel il faut faire attention lors de l'analyse de validité des expérimentations, à savoir le facteur d'apprentissage (Basili, Shull et Lanubile, 1999; Jedlitschka et Pfahl, 2005). Dans le présent cas, ce facteur a une grande influence sur les métriques « Temps de réponse » et « Taux de réussite », étant donné que les participants vont faire des tâches sur un prototype et reprendre les mêmes tâches sur un deuxième. Ainsi, la deuxième fois que les participants vont faire les mêmes tâches, ils seront familiarisés avec le prototype et répondront plus rapidement, obtenant un taux de réussite plus élevé que la première fois. Basili, Shull et Lanubile (1999) affirment que pour atténuer le facteur d'apprentissage et son impact négatif sur la validité des résultats, il est nécessaire d'organiser une session d'apprentissage au début

Rapport-Gratuit.com

de l'expérimentation, qui permet aux participants d'avoir le même degré de savoir-faire avec les prototypes.

Dans le cas de cette expérimentation, une formation de dix minutes a été organisée sur les différents prototypes; ainsi, selon Basili, Shull et Lanubile (1999); et Jedlitschka et Pfahl (2005), les mêmes résultats de performance seront constatés et cela, peu importe si les participants commencent par le prototype 1 ou 2.

4.4 Conclusion et perspectives

Ce chapitre a décrit comment, dans un premier temps, il est possible de valider le modèle MICMM de mesure de conformité unifiée proposé et comment, dans un deuxième temps, procéder au choix de la représentation multiperspectives qui convient le mieux aux besoins de représentation multiperspectives des contrôles internes.

La validation du modèle MICMM a été réalisée en suivant deux volets :

- Un premier dans lequel il y a eu la validation des fondations géométriques sur lesquelles la présente thèse s'est basée pour définir ce modèle;
- Un deuxième où ont été considérées toutes les valeurs possibles que peuvent avoir des mesures de conformité (dans le cas de trois mesures) et où la mesure unifiée retournée par le modèle MICMM est comparée avec celle retournée par le modèle QEST-nD, ainsi qu'avec la moyenne arithmétique des mesures à unifier.

Quant au choix de la représentation graphique, ce dernier a été basé sur :

- Premièrement, une enquête réalisée par quinze praticiens dans les domaines d'audit, modélisation des processus métiers, mesure de conformité et visualisation d'informations. Cette enquête a abouti au résultat selon lequel les arbres radiaux et verticaux seraient les mieux placés pour assurer une représentation multiperspectives des contrôles internes;

- Deuxièmement, une expérimentation dans laquelle il y a eu le développement d'un prototype de chacune des représentations (radiales et verticales) choisies par les praticiens (au cours de l'enquête). Cinquante participants ont été par la suite invités à utiliser ces prototypes et à donner leur avis sur leur usage.

L'enquête et l'expérimentation décrites ci-dessus ont permis de conclure que les arbres radiaux sont les mieux placés pour représenter graphiquement les contrôles multiperspectives.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

CONCLUSION GÉNÉRALE

De nos jours, les organisations sont soumises à diverses contraintes provenant de plusieurs sources (par exemple : des normes, des lois, etc.). Ces sources incitent les organisations à prendre des mesures et adopter des contrôles internes découlant de différentes perspectives (c.-à-d. référentiels, normes, bonnes pratiques, etc.). Cette grande diversité de perspectives peut donner naissance à des contrôles internes dupliqués et non concordants.

Afin de remédier à cette situation, la présente recherche propose une approche de contrôle multiperspectives qui permet de consolider toutes les perspectives de contrôle de l'organisation. Cette approche a comme objectif de définir :

1. Une terminologie commune pour la définition et la documentation des contrôles internes;
2. Une architecture de contrôle multiperspectives ayant pour objectif d'unifier toutes les perspectives de contrôle;
3. Une approche de mesure de conformité unifiée qui permet d'unifier les mesures de conformité de différentes pratiques de contrôle émergeant de plusieurs perspectives de contrôle;
4. Une représentation graphique multiperspectives des contrôles internes qui prend en considération les différentes mesures de conformité.

Afin de bien expliquer le travail réalisé, la présente thèse a été structurée comme suit :

- Dans une introduction ont été présentés le contexte, la motivation et la problématique qui ont conduit à ce projet de recherche, les questions de recherche ainsi que la méthodologie suivie pour atteindre les objectifs de recherche;
- Le premier chapitre a couvert les aspects fondamentaux liés aux processus métiers et aux approches de contrôle des processus;
- Le deuxième chapitre présente une revue de littérature portant sur les approches de mesure, en génie logiciel, et les aspects liés aux approches de visualisation d'informations structurées;

- Le troisième chapitre décrit l'approche proposée pour assurer un contrôle multiperspectives des processus métiers. Ce chapitre démontre une nouvelle approche qui s'applique dans les différentes phases du cycle de vie d'un contrôle interne;
- Le quatrième chapitre décrit l'étude expérimentale qui a été menée afin de valider la nouvelle approche de contrôle multiperspectives proposée.

Au cours de ce dernier chapitre, nous allons :

- Réitérer les questions de recherche énoncées à l'introduction et démontrer comment cette recherche a réussi à les résoudre;
- Souligner les contributions originales de cette recherche;
- Discuter des impacts attendus de ces travaux sur l'industrie, et;
- Évoquer les perspectives et les recommandations pour de futurs travaux.

Révision des questions de recherche

La présente thèse a été motivée par un objectif principal, qui est de répondre au besoin de mettre au point une approche multiperspectives de contrôle des processus métiers de l'organisation. Pour atteindre cet objectif, il a fallu répondre à cinq questions principales :

1. Peut-on avoir une terminologie commune pour la définition et la documentation de contrôles multiperspectives? Si oui, comment définir cette terminologie?

Le processus de définition des contrôles en est un auquel participent plusieurs acteurs issus de différents domaines. Ces acteurs expriment leurs besoins en utilisant plusieurs terminologies. Même si les termes utilisés peuvent être les mêmes, leurs significations ne le sont pas toujours. Les travaux consultés à ce propos définissent les termes et concepts utilisés pour la définition des contrôles internes à partir d'une seule perspective. Cela induit la confusion chez les participants au processus de mise en place de contrôles internes, surtout qu'ils présentent des profils différents (c.-à-d. auditeur, responsable financier, responsable TI, etc.).

En se basant sur plusieurs revues de littérature, cette thèse a tenté d'établir une terminologie commune, dans laquelle elle a défini tous les concepts nécessaires pour assurer une bonne compréhension des contrôles multiperspectives à mettre en place. Cette terminologie est loin d'être complète (c.-à-d. elle n'inclut que les concepts couverts par cette thèse), puisqu'elle dépend des perspectives de contrôle et du domaine d'activité de l'organisation. Cependant, elle s'assure de proposer une définition claire de tous les concepts-clés rencontrés lors de la mise en place des contrôles multiperspectives. Cette définition doit tenir compte des perspectives de contrôle en vigueur et des ambiguïtés terminologiques qui pourraient exister d'une perspective à une autre.

2. Quelle structure un contrôle multiperspectives doit-il suivre pour pouvoir tenir compte de tous les aspects (c.-à-d. législatifs, financiers, sécuritaires et/ou autres) qu'un contrôle interne doit traiter ?

Les perspectives et approches de contrôle documentées dans la littérature, malgré qu'elles partagent parfois les mêmes objectifs et pratiques de contrôle, ne partagent pas la même structure de contrôle. La présente thèse propose une structure commune qu'un contrôle doit suivre afin de considérer les perspectives de contrôle qui existent dans l'organisation. Dans cette structure sont pris en considération l'objectif auquel doit répondre le contrôle en question, les risques à mitiger par la mise en place du contrôle, les perspectives de contrôle et pour chaque perspective, les pratiques de contrôle à mettre en place.

3. De quoi doit disposer une architecture de contrôle pour qu'on puisse avoir une vision globale et multiperspectives sur les contrôles internes de l'organisation ?

Les architectures de contrôle présentes dans la littérature sont toutes mono-perspective et ne font pas la distinction entre un contrôle COSO, CMMI, COBIT ou autre. Tous les contrôles sont similaires dans ces architectures, qui ne permettent ni une représentation, ni une mesure multiperspectives des contrôles internes de l'organisation. La seule information qu'on peut

obtenir est dans quel processus métier et au niveau de quelle activité le contrôle est implémenté.

L'architecture proposée par cette thèse (voir la figure 3.4 et la figure 3.5) permet de déterminer, pour chaque contrôle, les perspectives à partir desquelles il émerge, la grille d'évaluation en fonction de laquelle il va être mesuré ainsi qu'une représentation multiperspectives et une mesure de conformité unifiée vis-à-vis de toutes les perspectives de contrôle.

4. Comment unifier les mesures de conformité déterminées à partir de plusieurs perspectives de contrôle?

À l'encontre des approches documentées par la littérature, l'approche proposée par cette thèse permet de mesurer la conformité d'un contrôle multiperspectives vis-à-vis de toutes ses perspectives de contrôle. Le modèle proposé constitue une évolution majeure des concepts proposés par le modèle QEST-nD (Buglione et Abran, 2002) dans lequel la forme géométrique « prisme » a été proposée comme forme de base pour la détermination de la mesure de conformité unifiée.

5. Comment représenter graphiquement un contrôle multiperspectives tout en considérant sa mesure de conformité?

Au regard de la revue de littérature, toutes les approches de contrôle qui proposent de représenter graphiquement un contrôle représentent toujours ce dernier au niveau du processus métier. Il n'existe aucune approche documentée qui propose une vision globale des contrôles au sein de toute l'organisation.

En se basant sur une revue de littérature dans le domaine de la visualisation d'information structurée, ainsi que sur plusieurs analyses et études expérimentales, cette thèse a proposé

une représentation graphique qui permet d'assurer une vision multiperspectives sur les contrôles internes de l'organisation, tout en représentant leurs mesures de conformité.

Contributions originales de la présente recherche

La principale contribution de cette thèse est la proposition d'une approche de contrôle qui couvre l'ensemble du cycle de vie d'un contrôle interne et dans laquelle toutes les perspectives de contrôle d'une organisation sont prises en considération. La solution proposée assure une vision multiperspectives et globale des contrôles internes tout au long des phases de définition, de mise en place, de mesure de conformité et de visualisation d'un contrôle interne.

Plusieurs contributions découlent de cette contribution majeure :

1. Une terminologie commune de contrôle qui permet de définir clairement tous les concepts nécessaires pour la mise en place de contrôles internes, en prenant en considération leur aspect multiperspectives (voir section 3.2.1);
2. Une structure de contrôle multiperspectives dans laquelle la notion de multi-perspectivité des contrôles internes est prise en considération (voir section 3.2.2);
3. Une architecture de contrôle multiperspectives qui assure la mise en place, la centralisation, la représentation et la mesure multiperspectives des contrôles internes (voir section 3.3);
4. Un modèle de mesure de conformité unifiée MICMM (voir section 3.4);
5. Une représentation graphique multiperspectives qui permet d'avoir une vision globale sur le contrôle ainsi que sur ses perspectives (voir « section 3.5).

Tout au long de cette démarche de recherche, trois publications ont été aussi publiées :

1. Abdellatif, I. et A. April. 2012. « Multiperspectives Representation of Internal Controls in Business Processes ». Journal of Software Engineering and Applications (JSEA), vol. 5, no. 12, p. 971-982.

2. Abdellatif, I. et A. April. 2014. « A Comparative Evaluation on Multi-perspective Representations of Business Controls: An Experimental Case Study ». IIE Annual Conference and Expo 2014 (Montreal, May 31-Jun 3), p.42-49
3. Abdellatif, I., A. Abran et A. April. 2014. Soumis (en révision). « Measuring and Representing the Multi-perspective of BPM Controls ». Journal of Information and Software technology.

Impacts attendus sur l'industrie

Dans une optique de mise en place de contrôles internes, il serait préférable, pour une organisation, de tenir compte de toutes les perspectives de contrôle. Ces multiples perspectives ont pour objectif central d'assurer la conformité des processus, en faisant en sorte que ces derniers s'exécutent :

- En parfait alignement avec les objectifs et contraintes corporatifs (c.-à-d. une assurance du fonctionnement des contrôles de gestion),
- En assurant un certain niveau de qualité (c.-à-d. contrôles de qualité),
- Et ce, de manière sécurisée en protégeant les actifs de l'organisation (c.-à-d. contrôles de sécurité et d'accès aux actifs),
- Tout en étant conforme aux lois et normes en vigueur (c.-à-d. contrôles législatifs, contrôles d'audit).

Malgré l'importance des enjeux et la nouveauté des recherches dans ce domaine (Monsalve, 2009), aucune approche publiée ne traite de la gestion des contrôles internes dans les processus organisationnels à partir de plusieurs perspectives. Ce manque de solutions rend les contrôles internes actuels spécifiques et orientés vers un seul domaine à la fois (c.-à-d. TI, finance, audit, etc.), ce qui peut entrainer la duplication et la non-concordance de ces contrôles.

Cette recherche est actuellement la seule à proposer un cycle de vie complet de gestion des contrôles internes, dans lequel toutes les perspectives de contrôle d'une organisation sont

prises en considération. La solution proposée assure une vision multiperspectives et globale des contrôles internes tout au long des phases de définition, de mise en place, de mesure de conformité et de visualisation d'un contrôle interne.

Les approches actuelles de mesure de conformité définissent cette mesure à partir d'une seule perspective (c.-à-d. COBIT, CMMI, etc.). Cette thèse propose un modèle de mesure qui permet une mesure de conformité unifiée (c.-à-d. une vue d'ensemble de la conformité). Ce modèle de mesure est défini à partir des critères et des grilles d'évaluation proposés par chacune des perspectives individuelles de contrôle.

Cette thèse veut également fournir une représentation graphique des contrôles internes tout en considérant les différentes perspectives de contrôle et mesure de conformité. Cette représentation multiperspectives apporte certainement une meilleure compréhension et un meilleur suivi des contrôles internes de l'organisation.

Travaux futurs

Si la présente thèse présente plusieurs contributions pour la recherche, elle n'échappe pas à la nécessité de certaines améliorations :

- L'approche de contrôle multiperspectives proposée doit être validée par plusieurs études de cas réels;
- L'enquête menée par quinze praticiens doit être étendue à un nombre plus important de praticiens;
- Le prototype de la représentation multiperspectives des contrôles internes reste toujours un prototype expérimental, qui nécessite plusieurs améliorations du point de vue visuel;
- Le modèle de mesure de conformité proposé par cette thèse peut être étendu à tout autre besoin de mesure impliquant plusieurs perspectives à la fois, par exemple la mesure de performance d'un projet vis-à-vis des dimensions temps, effort et qualité.

Rapport-Gratuit.com

ANNEXE I

LA DIFFÉRENCE ENTRE UN EXPERT ET UN PRATICIEN

1. Définition d'un expert

Selon (Larousse (Firme), 2011), un expert est une personne qui, en son propre nom et sous sa responsabilité, apte à juger de quelque chose en faisant appel aux connaissances théoriques et pratiques acquises en son domaine d'expertise. Un expert n'est pas simplement une personne qui sait, mais aussi une personne ayant une expérience reconnue qui lui permet d'apporter une réponse augmentée à une demande d'expertise. Un médecin qui se consacre à l'étude théorique des maladies et aux recherches de laboratoire est un exemple d'expert en médecine.

2. Définition d'un praticien

Un praticien est une personne ayant la connaissance et l'usage des moyens pratiques pour exercer un métier (Larousse (Firme), 2011; Schön, 1994). Un médecin qui soigne les malades par opposition à celui qui se consacre à l'étude théorique est un exemple de praticien en médecine.

3. Différence entre un praticien et un expert

En se basant sur les définitions mentionnées ci-dessus, la différence entre un praticien et un expert c'est que ce dernier se distingue du premier par les connaissances théoriques qu'il possède.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

ANNEXE II

ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)

AHP (Analytical Hierarchy Process) est une méthode d'analyse qui rentre dans le cadre des méthodes d'aide à la décision multicritère. C'est une méthode qui se base sur des analyses mathématiques et psychologiques afin d'aider les décideurs à choisir l'alternative qui convient le plus à leurs besoins et à leur compréhension du problème. Développée en 1971 par Thomas L.Satty, la méthode AHP est basée principalement sur cinq principes (Saaty, 2008) :

- **Décomposition** : Décomposer un problème décisionnel complexe et le structurer hiérarchiquement. Chaque niveau hiérarchique sera à son tour décomposé jusqu'à atteindre un niveau de complexité acceptable. Exemple, dans une hiérarchie de N niveaux, on trouvera l'objectif cible au (niveau 0), les critères au (niveau 1) jusqu'au (niveau N-1) et les alternatives occuperont le (niveau N)

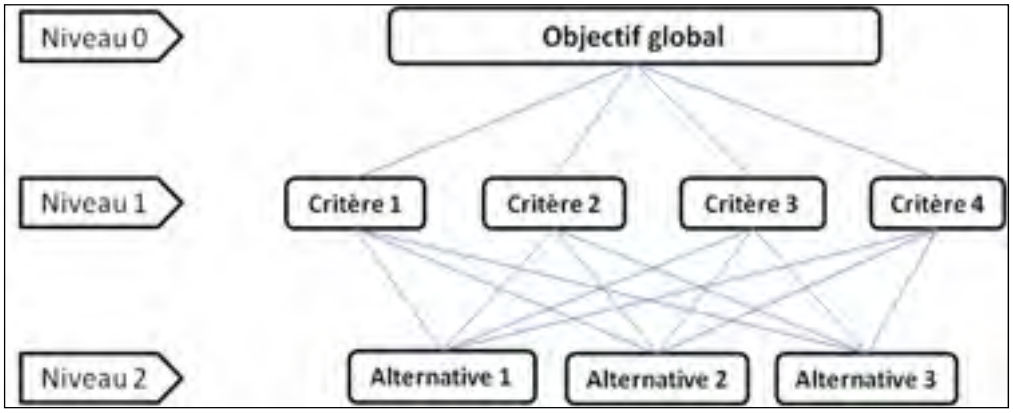


Figure-A II-1 Exemple de structure hiérarchique en AHP.

- **Prioritisation** : Comparer deux par deux les éléments appartenant au même niveau hiérarchique, par rapport à l'élément du niveau hiérarchique directement supérieur. Pour cette fin, Saaty (2008) propose de réaliser une matrice carrée réciproque. Dans le cas où on a N éléments à comparer, nous aurons une matrice similaire à la matrice ci-dessous (Hunter et Tan, 2007).

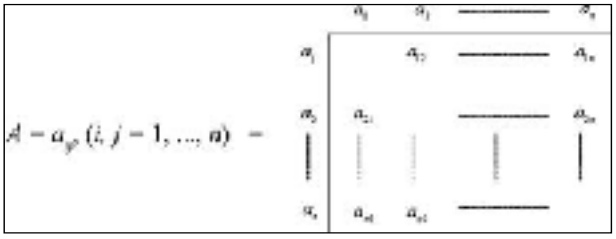


Figure-A II-2 Matrice de jugements
Tirée de Hunter (2007)

Avec **a** un entier et $0 < a < 10$; et si $a_{ij} = a$, alors $a_{ij} = 1/a$, avec $a_{ij} = 1$ pour $i = j$

Les valeurs a_{ij} représentent les valeurs utilisées pour la comparaison binaire. Les significations de ces nombres sont présentées par le Tableau-A II-1.

Tableau-A II-1 Échelle d'importance AHP et signification

Échelle d'importance	**Description**
1	Importance égale des deux éléments
3	Un élément est un peu plus important qu'un autre
5	Un élément est plus important qu'un autre
7	Un élément domine fortement un autre
9	Un élément domine absolument un autre. C'est le plus grand niveau d'affirmation qu'on peut avoir
2, 4, 6, 8	Valeurs modérées utilisées afin d'affiner les jugements des décideurs

À partir de la matrice illustrée par la figure-A II-2, on pourrait calculer les priorités de chaque élément comparé, par rapport au critère fixé, ceci en calculant la somme de chaque ligne et la diviser par la somme totale de toutes les lignes.

- **Synthèse :** Les priorités sont rassemblées suivant le principe de composition hiérarchique afin de fournir une évaluation globale des alternatives.
- **Analyse de sensibilité :** Varier les priorités attribuées aux critères et voir l'impact de ces variations sur la priorité du choix retenue, ceci afin de déterminer à quel point ce choix est robuste et fiable.
- **Cohérence des jugements :** Les jugements fournis par les décideurs présentent souvent des incohérences qui peuvent fausser les résultats d'analyse multicritère. Afin de remédier à cela, Saaty (2008) propose la formule ci-dessous pour calculer l'indice de consistance IC d'une matrice de jugement donnée :

$$IC = (\lambda_{max} - N) / (N-1) \qquad \text{(A II-1)}$$

Avec N est le nombre d'éléments comparés et λ_{max} la plus grande valeur propre de la matrice de comparaison. L'indice de consistance présenté par la formule ci-dessus est d'autant plus grand que les jugements sont incohérents et vis-versa. Pour vérifier si une matrice est cohérente ou non, IC est comparé à un ratio de cohérence (RC), défini par expérimentation, par Saaty (2008). Ce ratio est défini par l'équation (A II-2)

$$RC = IC / IA \qquad \text{(A II-2)}$$

Avec

RC : le ratio de cohérence
IA : un indice aléatoire
IC : est l'indice de cohérence

IA est un indice aléatoire proposé par Saaty (2008), obtenu par simulation (Tableau-A II-2). Une valeur de RC inférieure à 10% est jugée comme acceptable pour dire qu'une matrice de comparaison est cohérente. Sinon les jugements effectués par les utilisateurs devront être le sujet d'une révision. La mesure de cohérence peut être utilisée pour évaluer la cohérence des décideurs ainsi que la cohérence de toute la hiérarchie.

Tableau-A II-2 Valeurs d'IA en fonction du nombre de critères

Nombre de critères	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IA	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

ANNEXE III

QUESTIONNAIRE 1

Choix d'une représentation multiperspectives des contrôles métiers
Une expérimentation avec des praticiens du domaine

SECTION A : Informations générales et expérience

A1. Quel est votre âge? _____

A2. Vous êtes (Homme / Femme / Inconnu) : _____

A3. Quel est votre niveau d'études? _____

A4. Quel est votre domaine d'expertise? _____

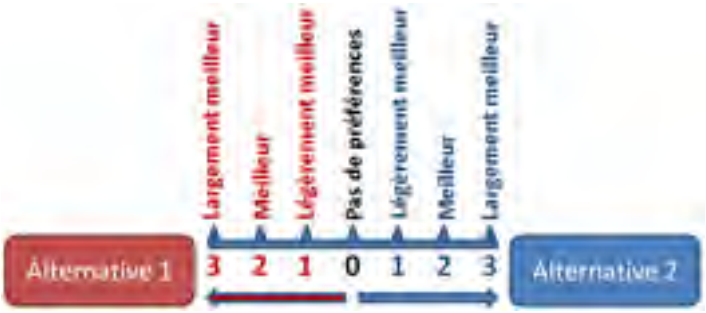
A5. Combien d'années d'expérience avez-vous dans ce domaine ? _____

A6. Connaissez-vous les représentations en arbre? (Encercler un)

a. Oui
b. Non

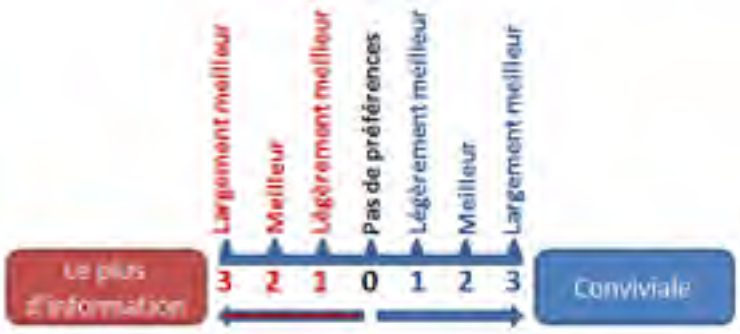
SECTION B : Demande d'avis

Dans cette section, vous serez invité à choisir, dans chaque question, entre deux alternatives. Le choix consiste à cercler une pondération de 0 à 3 (respectivement : pas de préférences, légèrement meilleures, meilleures, largement meilleures) en faveur de l'une des alternatives.
Exemple :



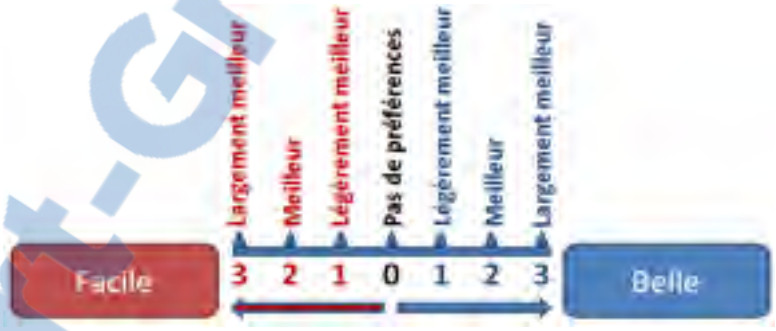
Dans l'exemple ci-dessus, si vous choisissez la pondération 1 en rouge ça veut dire que l'alternative 1 (en rouge) est légèrement meilleure que l'alternative 2 (en bleu). Dans l'autre cas où vous choisissez la pondération 3 en bleu, cela veut dire que d'après vous, l'alternative 2 est largement meilleure que l'alternative 1. Dans le cas où vous choisissez une pondération 0, cela veut dire que vous n'avez aucune préférence pour l'une ou l'autre des alternatives.

B1. Quelle interface préférez-vous le plus, **<u>une interface qui permet d'afficher le plus d'informations</u>** ou **<u>une interface conviviale</u>**?



B2. Quelle interface préférez-vous le plus, **une interface facile à utiliser** ou **une interface efficace** avec laquelle vous serez sûre de bien répondre?

B3. Quelle interface préférez-vous le plus, **une interface facile à utiliser** ou **une interface belle à voir**?



B4. Quelle interface préférez-vous le plus, **une interface efficace** avec laquelle vous serez sûre de bien répondre ou **une interface belle à voir**?

Rapport-Gratuit.com

B5. Selon vous, quelle interface est **la plus efficace**? Veuillez donner un ordre de 1 à 4 pour chacune des interfaces (1 étant la plus efficace et 4 la moins efficace).

__Arbre radial.

__Arbre vertical.

__Arbre horizontal.

__Arbre indenté.

B6. Selon vous, quelle interface est **la plus facile à utiliser** ? Veuillez donner un ordre de 1 à 4 pour chacune des interfaces (1 étant la plus facile à utiliser et 4 la moins facile).

__Arbre radial.

__Arbre vertical.

__Arbre horizontal.

__Arbre indenté.

B7. Selon vous, quelle interface est **la plus belle à voir** ? Veuillez donner un ordre de 1 à 4 à chacune des interfaces (1 étant la plus belle à voir et 4 la moins belle).

__Arbre radial.

__Arbre vertical.

__Arbre horizontal.

__Arbre indenté.

ANNEXE IV

QUESTIONNAIRE 2

Choix d'une représentation multiperspectives des contrôles métiers

Une expérimentation avec des non-praticiens du domaine

SECTION A: Informations générales et expérience

A1. Quel est votre âge? _____

A2. Vous êtes (Homme / Femme / Inconnu) : _____

A3. Quel est votre niveau d'études? _____

A4. Quelle est votre profession? _____

A5. Combien d'années d'expérience avez-vous dans votre profession? (Encercler un)

a. Moins de 2 ans
b. 2 à 5 ans
c. 6 à 15 ans
d. 15 ans ou plus

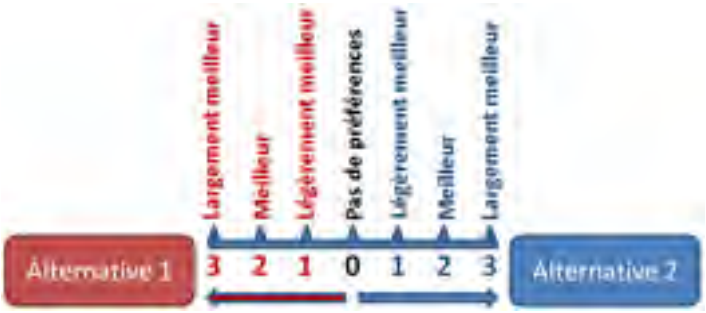
A6. Connaissez-vous les représentations en arbre? (Encercler un)

a. Oui
b. Non

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

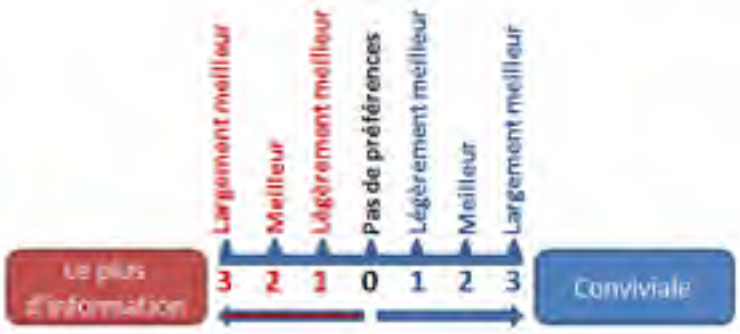
SECTION B : Demande d'avis

Dans cette section, vous serez invité à choisir, dans chaque question, entre deux alternatives. Le choix consiste à cercler une pondération de 0 à 3 (respectivement : pas de préférences, légèrement meilleures, meilleures, largement meilleures) en faveur de l'une des alternatives.
Exemple :

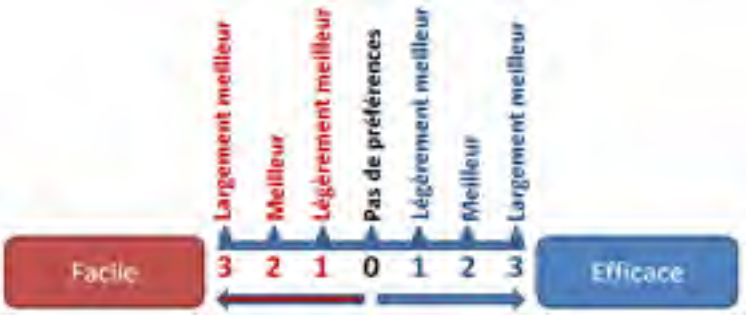


Dans l'exemple ci-dessus, si vous choisissez une pondération 1 en rouge ça veut dire que l'alternative 1 (en rouge) est légèrement meilleure que l'alternative 2 (en bleu). Dans l'autre cas où vous choisissez la pondération 3 en bleu, cela veut dire que d'après vous, l'alternative 2 est largement meilleure que l'alternative 1. Dans le cas où vous choisissez une pondération 0, cela veut dire que vous n'avez aucune préférence pour l'une ou l'autre des alternatives.

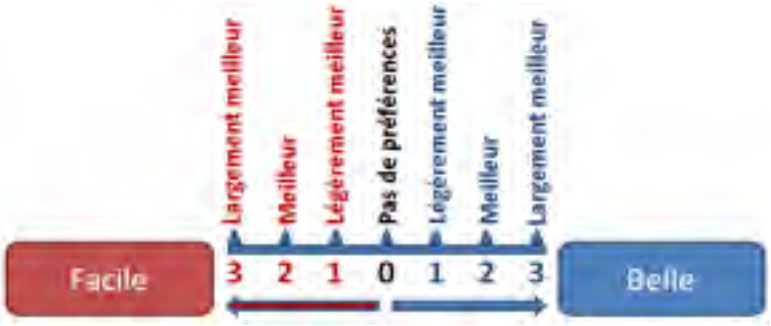
B1. Quelle interface préférez-vous le plus, **une interface qui permet d'afficher le plus d'informations** ou **une interface conviviale**?



B1. Quelle interface préférez-vous le plus, **une interface facile à utiliser** ou **une interface efficace** avec laquelle vous serez sûre de bien répondre?

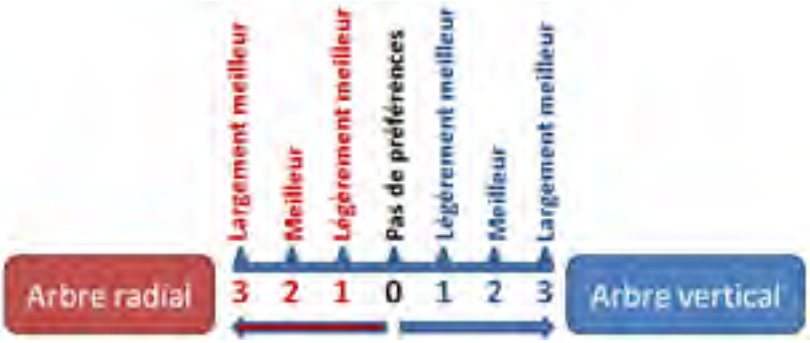


B2. Quelle interface préférez-vous le plus, **une interface facile à utiliser** ou **une interface belle à voir**?



B3. Quelle interface préférez-vous le plus, **une interface efficace** avec laquelle vous serez sûre de bien répondre ou **une interface belle à voir**?

B4. Laquelle des interfaces préférez-vous, **l'arbre radial** ou **l'arbre vertical**?



BIBLIOGRAPHIE

Abdellatif, Iheb , et Alain April. 2012. « Multiperspective Representation of Internal Controls in Business Processes ». *Journal of Software Engineering and Applications,* vol. 5, p. 971-982.

Abdellatif, Iheb, et Alain April. 2014. « A Comparative Evaluation on Multi-perspective Representations of
Business Controls: An Experimental Case Study ». In *Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference*. (Montreal, 2014), sous la dir. de IIE, p. 10. IIE.

Abdellatif, Iheb, Alain April et Alain Abran. 2014. « Measuring and Representing the Multi-perspective of BPM Controls ». *Information and Software Technology*.

Abran, Alain. 2010. *Software metrics and software metrology*. New Jersey: John Wiley
IEEE Computer Society, 328 p.

Abran, Alain, et Luigi Buglione. 2003. « A multidimensional performance model for consolidating Balanced Scorecards ». *Advances in Engineering Software,* vol. 34, n° 6, p. 339-349.

Addison-Hewitt. 2002. « Sarbanes-Oxley Act ». < http://www.soxlaw.com/ >. Consulté le 05/07/2012.

Allen, Theodore T. 2006. *Introduction to engineering statistics and six sigma : statistical quality control and design of experiments and systems*. London, Angleterre: Springer, 529 p.

Amancei, Cristian 2010. « Auditing Open Source Applications by Using COBIT 4.1 ». *Open Source Science Journal,* vol. 2, n° 1, p. 8.

American National Standards Institute. 2003. « Role Based Access Control ». 49 p. < http://xml.coverpages.org/NCITS-NIST-RBAC-Candidate.pdf >. Consulté le 2013.

Anand, Gopesh, Peter T. Ward et Mohan V. Tatikonda. 2010. « Role of explicit and tacit knowledge in Six Sigma projects: An empirical examination of differential project success ». *Journal of Operations Management,* vol. 28, n° 4, p. 303-315.

Anderson, B. B. , J. V. Hansen, P. B. Lowry et S. L. Summers. 2005. « Model checking for E-business control and assurance ». *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews,* vol. 35, n° 3, p. 445-450.

April, Alain, Alain Abran et Ettore Merlo. 1998. « Process assurance audits: Lessons learned ». In *Proceedings of the International Conference on Software Engineering*. (Kyoto, Jpn), p. 482-485. Coll. « Proceedings - International Conference on Software Engineering »: IEEE Comp Soc.

Arjit Singh, Mahal. 2010. *How Work Gets Done: Business Process Management, Basics and Beyond*. Technics, 221 p.

Autorité des Marchés Financiers. 2007. « Le dispositif de Contrôle Interne : Cadre de référence ». p. 65. < http://www.focusifrs.com/content/view/full/1881 >. Consulté le 02/09/2007.

Ball, Thomas, Vladimir Levin et Sriram K. Rajamani. 2011. « A decade of software model checking with SLAM ». *Commun. ACM,* vol. 54, n° 7, p. 68-76.

Barlow, Todd, et Padraic Neville. 2001. « A comparison of 2-D visualizations of hierarchies ». In *IEEE Symposium on Information Visualization (INFOVIS)*. (2001), p. 131-138. < http://dl.acm.org/citation.cfm?id=857712 >.

Barouch, Gilles. 2012. *Le guide du client satisfait* (2012), Afnor. Afnor 96 p.

Basili, V. R., R. W. Selby et D. H. Hutchens. 1986. « Experimentation in software engineering ». *IEEE Transaction on Software Engineering,* vol. 12, n° 7, p. 733-743.

Basili, V. R., F. Shull et F. Lanubile. 1999. « Building knowledge through families of experiments ». *IEEE Transactions on Software Engineering,* vol. 25, n° 4, p. 456-473.

Basili, Victor R., et Richard W. Selby. 1991. « Paradigms for experimentation and empirical studies in software engineering ». *Reliability Engineering & System Safety,* vol. 32, n° 1–2, p. 171-191.

Bernard, M., et S. Mohammed. 2003. « Labeled radial drawing of data structures ». In *Seventh International Conference on Information Visualization*. (16-18 July 2003), p. 479-484. < http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/IV.2003.1218028 >.

Bider, I., et A. Striy. 2008. « Controlling business process instance flexibility via rules of planning ». *International Journal of Business Process Integration and Management,* vol. 3, n° 1, p. 15-25.

Bongshin, Lee, et B. Bederson Benjamin. 2003. « Favorite Folders: A Configurable, Scalable File Browser ». *Computer Science Department*. p. 10. < http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.12.3768 >.

Bouchahda, A., Thanh Nhan Le, A. Bouhoula et F. Labbene. 2010. « RBAC+: Dynamic Access Control for RBAC-Administered Web-Based Databases ». In *Fourth International Conference on Emerging Security Information Systems and Technologies (SECURWARE)*. (18-25 July 2010), p. 135-140.

Bourque, Pierre. 2000. « Le cadre de Basili : Concepts, extensions et un exemple de son utilisation ». < www.lrgl.uqam.ca >.

Briol, Patrice 2008. *Ingénierie des Processus Métiers, de l'élaboration à l'exploitation*. 361 p.

Bruls, M., K. Huizing et J. J. Van Wijk. 2000. « Squarified treemaps ». In *Proceedings of the Joint EUROGRAPHICS and IEEE TCVG Symposium on Data Visualization*. (Wien, Austria, 29-31 May 2000), p. 33-42. Coll. « Proceedings of the Joint EUROGRAPHICS and IEEE TCVG Symposium on Visualization »: Springer-Verlag/Wien. < http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.36.6685 >.

Buglione, Luigi, et Alain Abran. 1999a. « Geometrical and statistical foundations of a three-dimensional model of software performance ». *Advances in Engineering Software,* vol. 30, n° 12, p. 913-919.

Buglione, Luigi, et Alain Abran. 1999d. « Multidimensional Software Performance Measurement Models: A Tetrahedron-based Design ». In *Software Measurement*, sous la dir. de Dumke, Reiner, et Alain Abran. p. 93-107. Coll. « Information Engineering und IV-Controlling »: Deutscher Universitätsverlag. < http://dx.doi.org/10.1007/978-3-663-08949-0_6 >.

Buglione, Luigi, et Alain Abran. 2002. « QEST-nD: n-dimensional extension and generalisation of a software performance measurement model ». *Advances in Engineering Software,* vol. 33, n° 1, p. 1-7.

Burch, Michael, Natalia Konevtsova, Julian Heinrich, Markus Hoeferlin et Daniel Weiskopf. 2011. « Evaluation of Traditional, Orthogonal, and Radial Tree Diagrams by an Eye Tracking Study ». *IEEE Transactions on visualization and Computer Graphics,* vol. 17, n° 12, p. 2440-2448.

Business Dictionary. 2011. « Process control ». < http://www.businessdictionary.com/definition/process-control.html >.

Calder, Alan, et Steve Watkins. 2008. *IT governance : a manager's guide to data security and [ISO 27001]/ISO 27002*, 4th. London, Philadelphia: Kogan Page Limited, 384 p.

Carlin, A., et F. Gallegos. 2007. « IT Audit: A Critical Business Process ». *Computer,* vol. 40, n° 7, p. 87-89.

Chamfrault, Thierry, et Claude Durand. 2007a. *ITIL et la gestion des services : méthodes, mise en oeuvre et bonnes pratiques*. Coll. « InfoPro. Management des systèmes d'information ». Paris: Dunod, xix, 309 p. p.

Chamfrault, Thierry, et Claude Durand. 2007b. *ITIL et la gestion des services : méthodes, mise en oeuvre et bonnes pratiques*. Coll. « InfoPro. Management des systèmes d'information ». Paris: Dunod, 309 p.

Charlotta, Johnsson. 2010. « Graphical Languages for Enterprise Control ». In *New Trends in Technologies: Control, Management, Computational Intelligence and Network Systems*. sous la dir. de (Ed.), Meng Joo Er. < http://www.intechopen.com/articles/show/title/graphical-languages-for-enterprise-control >.

Classen, Andreas , Patrick Heymans, Pierre-Yves Schobbens et Axel Legay. 2011. « Symbolic model checking of software product lines ». In *Proceedings of the 33rd International Conference on Software Engineering*. (Waikiki, Honolulu, HI, USA), p. 321-330. 1985838: ACM.

COBIT. 2005. « La Commission Européenne sélectionne COBIT comme norme de sécurité pour les systèmes d'information de ses organismes payeurs ». < http://www.isaca.org/About-ISACA/Press-room/News-Releases/French/Pages/La-Commission-europeenne-selectionne-COBIT-comme-norme-de-securite-pour-les-systemes-d-information-d.aspx >. Consulté le 21/09/2014.

Colbert, J. L., et P. L. Bowen. 1996. « A comparison of internal controls: COBIT, SAC, COSO and SAS 55/78 ». *IS Audit and Control Journal,* vol. 4, p. 26-37.

COSO. 2004. « Enterprise Risk Management—Integrated Framework, Executive Summary ». p. 16. < http://www.coso.org/documents/COSO_ERM_ExecutiveSummary.pdf >.

COSO. 2009. « Internal Control – Integrated Framework, Executive summary ». p. 10. < http://www.coso.org/documents/COSO_Guidance_On_Monitoring_Intro_online1.pdf >.

COSO. 2012. « Internal Control-Integrated Framework ». p. 168. < http://kontrol.bumko.gov.tr/Eklenti/6877,cosodraftinternal-control-framework-draft-dec-2011.pdf?0 >.

Damianides, Marios. 2005. « Sarbanes-Oxley and IT governance: New guidance on IT control and compliance ». Vol. 22, n° 1, p. 9.

Davis, Chris, Mike Schiller, Kevin Wheeler, Michael Cox, Mike Curry et Vishal Mehra. 2011. *IT auditing: using controls to protect information assets*, 2nd. New York: McGraw-Hill.

Dissaux, L., et IT General Control Matrix. 2007. « Exemple ITGC01 Acq&DevSw MoC with Q ». p. 9.

Doll, William J., et Gholamreza Torkzadeh. 1998. « Developing a multidimensional measure of system-use in an organizational context ». *Information & Management,* vol. 33, n° 4, p. 171-185.

El Emam, Khaled, Jean-Normand Drouin et Walcélio Melo. 1998. *SPICE : the theory and practice of software process improvement and capability determination*. Los Alamitos, Calif.: IEEE Computer Society Press, 486 p.

Everett, W. W. 1990. « Software reliability measurement ». *IEEE Journal on Selected Areas in Communications,* vol. 8, n° 2, p. 247-252.

Execution-MiH. 2011. « Business Process Controls ». < http://www.executionmih.com/data-quality/business-process-control.php >. Consulté le 15 October.

ExpertChoice. 2012. « Home page ». < http://www.expertchoice.com/ >.

Fenton, N. 1994. « Software measurement: a necessary scientific basis ». *IEEE Transactions on Software Engineering,* vol. 20, n° 3, p. 199-206.

Finkelstein, L., et M. S. Leaning. 1984. « A review of the fundamental concepts of measurement ». *Measurement,* vol. 2, n° 1, p. 25-34.

Forte, D., et R. Power. 2007. « Baseline controls in some vital but often-overlooked areas of your information protection programme ». *Computer Fraud & Security,* vol. 2007, n° 12, p. 17-20.

Fox, Christopher, et Paul Zonneveld. 2006. *IT control objectives for Sarbanes-Oxley : the role of IT in the design and implementation of internal control over financial reporting*, 2nd. Rolling Meadows, Ill.: IT Governance Institute, 130 p.

Gamble, John, et Arthur Thompson. 2012. *Essentials of Strategic Management: The Quest for Competitive Advantage*, Third edition. McGraw-Hill/Irwin, 560 p.

Gaur, Harish, Markus Zirn et Justin Kestelyn. 2006. *BPEL cookbook: best practices for SOA-based integration and composite applications development : ten practical real-world case studies combining business process management and web services orchestration*. Birmingham, U.K.: Packt Publishing Ltd.

Gonzalez, Renato R. 1995. « A unified metric of software complexity: Measuring productivity, quality, and value ». *Journal of Systems and Software,* vol. 29, n° 1, p. 17-37.

Rapport-Gratuit.com

Hanley, John P. 1993. « A strategic focus for process control ». *ISA Transactions,* vol. 32, n° Total Quality Management, p. 45-49.

Hong, Seok-Hee , et Hiroshi Nagamochi. 2008. « Approximating crossing minimization in radial layouts ». In *Proceedings of the 8th Latin American conference on Theoretical informatics*. (Brazil), p. 461-472. 1792958: Springer-Verlag. < http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1792958 >.

Hoyle, David. 2006. *ISO 9000 quality systems handbook*, 5th. Amsterdam, Netherlands: Elsevier : Butterworth-Heinemann, 686 p.

Hunter, M. Gordon , et Felix B. Tan. 2007. *Strategic Use of Information Technology for Global Organizations*. IGI Publishing, 408 p.

IFACI, PriceWaterhouse-Coopers et Landwell (338). 2005. *Le management des risques de l'entreprise : Cadre de Référence*.

Information Systems Audit and Control Association. 2010. *The business case guide : using Val IT 2.0*. Rolling Meadows, IL: ISACA.

Information Systems Audit and Control Association. 2011. « CobiT mapping with the other standards ». < http://www.isaca.org/Search/Pages/DefaultResults.aspx?k=Cobit%20mapping&s=Site%20Content&start1=0&ct=Site&cs=Research-Deliverables >.

Information Systems Audit and Control Association. 2012a. *COBIT 5 : a business framework for the governance and management of enterprise IT*. Rolling Meadows, IL.: ISACA, 94 p.

Information Systems Audit and Control Association. 2012e. *COBIT 5 implementation*. Rolling Meadows, Ill.: ISACA.

Information Systems Audit and Control Association. 2014. *COBIT Mapping: Overview of International IT Guidance, 3rd Edition*. COBIT. < http://www.isaca.org/Knowledge-Center/Research/Documents/COBIT-Mapping-Overview-of-International-IT-Guidance-3rd-Edition_res_Eng_0811.pdf >. Consulté le 2014.

International Organization for Standardization. 1998. *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTS)—Part 11: Guidance on Usability*. En ligne, ISO 9241-11 : 1998: International Organization for Standardization, 22 p. < http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=16883 >.

International Organization for Standardization. 2005. *Information technology -- Security techniques -- Code of practice for information security management*. ISO/IEC

27002:2005: International Organization for Standardization, 29 p. < http://www.iso27001security.com/html/27002.html#StructureAndFormatOfISO17799 >.

International Organization for Standardization. 2007. *Systems and software engineering - Measurement Process*. ISO/IEC 15939:2007: International Organization for Standardization, 38 p.

International Organization for Standardization. 2008. *Quality management*. ISO 9000:2008: International Organization for Standardization, 48 p. < http://www.iso.org/iso/fr/iso_9000_essentials >.

IT Governance Institute. 2000. « Management Guidelines ». 3rd. p. 129. < http://www.galegale.com.br/downloads/2000-COBIT%203rd%20Edition%20Management%20Guidelines.pdf >. Consulté le 05/07/2012.

IT Governance Institute. 2005. « IT Alignment: Who is in charge ». p. 30. < http://www.isaca.org/Certification/CGEIT-Certified-in-the-Governance-of-Enterprise-IT/Prepare-for-the-Exam/Study-Materials/Documents/IT-Alignment-Who-Is-in-Charge.pdf >.

IT Governance Institute. 2007. *IT assurance guide: using COBIT*. Rolling Meadows, Ill.: IT Governance Institute.

Jankun-Kelly, T. J., et Ma Kwan-Liu. 2003. « MoireGraphs: radial focus+context visualization and interaction for graphs with visual nodes ». In *IEEE Symposium on Information Visualization (INFOVIS)*. (21/10/2003), p. 59-66. < http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/INFVIS.2003.1249009 >.

Jedlitschka, A., et D. Pfahl. 2005. « Reporting guidelines for controlled experiments in software engineering ». In *International Symposium on Empirical Software Engineering* (17-18 Nov. 2005), p. 10.

Karimi, Vahid R. . 2009. « Formal Analysis of Access Control Policies for Pattern-Based Business Processes ». In *Proceedings of the 2009 World Congress on Privacy, Security, Trust and the Management of e-Business*. p. 239-242. 1674429: IEEE Computer Society.

Kasse, Tim. 2004. *Practical insight into CMMI*. Coll. « Artech House computer library ». Boston, Mass.: Artech House, 322 p.

Kasse, Tim 2008. *Practical Insight into CMMI*. Artech House, Inc., 472 p.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Kehlenbeck, M., T. Sandner et M. H. Breitner. 2010. « Managing Internal Control in Changing Organizations through Business Process Intelligence - A Service Oriented Architecture for the XACML Based Monitoring of Supporting Systems ». In *43rd International Conference on System Sciences (HICSS)*. (Hawaii 5-8 Jan. 2010), p. 1-10.

Kern, Axel , et Claudia Walhorn. 2005. « Rule support for role-based access control ». In *Proceedings of the tenth ACM symposium on Access control models and technologies*. (Stockholm, Sweden), p. 130-138. 1064002: ACM.

Kolence, Kenneth W. , et Philip J. Kiviat. 1973. « Software unit profiles & Kiviat figures ». *SIGMETRICS Perform. Eval. Rev.,* vol. 2, n° 3, p. 2-12.

Kulpa, Margaret K., et Kent A. Johnson. 2008. *Interpreting the CMMI : a process improvement approach*, 2nd. Boca Raton, Fl.: Taylor & Francis : CRC Press, 404 p.

L. Ratliff, Richard. 1998. « Business process control for the twenty-first century ». *Managerial Auditing Journal*.

Larousse (Firme). 2011. *Le petit Larousse illustré : en couleurs*. Paris: Larousse, 1910 p.

Learning Resources Corporation. 2010. *Relational geosolids*. Vernon Hills, Ill.: Learning Resources, 140 p.

Leslie, Turne, et Weickgenannt Andrea. 2008. *Accounting Information Systems: Controls and Processes*. 648 p.

Mallette, Debra. 2011. *COBIT mapping: mapping of CMMI for development V1.2 with COBIT 4.1*. Rolling Meadows, Ill.: Information Systems Audit and Control Association.

McGuffin, JM, et JM Robert. 2010. « Quantifying the space-efficiency of 2D graphical representations of trees ». *Information Visualization,* vol. 9, n° 2, p. 115-140.

Michaud, Michel. 2012. *CATIA core tools : computer-aided three-dimensional interactive application*. New York: McGraw-Hill, 765 p.

Moeller, Robert 2011. *COSO Enterprise Risk Management: Establishing Effective Governance, Risk, and Compliance, Second Edition*. 366 p.

Moisand, Dominique , et Fabrice Garnier De Labareyre. 2009. *Cobit : Pour une meilleure gouvernance des systèmes d'information*. Coll. « Eyrolles ». Paris: Eyrolles, 274 p.

Monsalve, Carlos. 2009. « BUSINESS PROCESS MANAGEMENT: IT AND MANAGEMENT NEEDS WHEN MODELING BUSINESS PROCESSES ». Montréal, Ecole de technologie supérieure, 268 p.

Narendra, N. C., V. K. Varshney, S. Nagar, M. Vasa et A. Bhamidipaty. 2008. « Optimal control point selection for continuous business process compliance monitoring ». In *IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (IEEE/SOLI)*. . (12-15 Oct. 2008) Vol. 2, p. 2536-2541.

Natovich, J., et M. A. Vasarhelyi. 1997. « Business process modeling from the control perspective: the AI planning approach ». *International Journal of Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management,* vol. 6, p. 121-39.

Nishizeki, T., et Md Saidur Rahman. 2004. *Planar graph drawing*. Coll. « Lecture notes series on computing », 12. Hackensack, N.J.: World Scientific.

Novais, Renato Lima, André Torres, Thiago Souto Mendes, Manoel Mendonça et Nico Zazworka. 2013. « Software evolution visualization: A systematic mapping study ». *Information and Software Technology,* vol. 55, n° 11, p. 1860-1883.

Oditis, Ivo , et Janis Bicevskis. 2010. « The Concept of Automated Process Control ». < http://www.lu.lv/materiali/apgads/raksti/756_pp_193-203.pdf >.

Ouanouki, Rafik, et Alain April. 2007. « IT Process Conformance Measurement: A Sarbanes-Oxley Requirement ». In *Proceedings of the IWSM*. (Mensura), p. 26-37.

Palmer, Claude Irwin, et Samuel Fletcher Bibb. 1970. *Practical mathematics : arithmetic, algebra, geometry, trigometry, and the slide rule*, 5th. New York, N.Y.: McGraw-Hill, 567 p.

Palza, E., C. Fuhrman et A. Abran. 2003. « Establishing a generic and multidimensional measurement repository in CMMI context ». In *28th Annual NASA Goddard Software Engineering Workshop*. (3-4 Dec. 2003), p. 12-20.

Perrin, Daniel. 2010. « Aires et volumes : découpage et recollement ». In *Piste bleue*. < http://images.math.cnrs.fr/Aires-et-volumes-decoupage-et,848.html >. Consulté le 27/04/2014.

Perrin, Daniel. 2011. *Mathématiques d'école : nombres, mesures et géométrie*, 2e éd. rev. et corr. Paris, France: Cassini, 402 p.

Pin, Jean-Eric 2006. « Automates finis ». < http://www.liafa.jussieu.fr/~jep/PDF/Automates.pdf >.

Pinzger, Martin, Harald Gall, Michael Fischer et Michele Lanza. 2005. « Visualizing multiple evolution metrics ». In *ACM Symposium on Software Visualization*. (St. Louis, MO, USA, May 14, 2005 - May 15, 2005), p. 67-75. Coll. « Proceedings SoftVis '05 - ACM Symposium on Software Visualization »: Association for Computing Machinery. < http://dx.doi.org/10.1145/1056018.1056027 >.

Plaisant, C., J. Grosjean et B. B. Bederson. 2002. « SpaceTree: supporting exploration in large node link tree, design evolution and empirical evaluation ». In *IEEE Symposium on Information Visualization (INFOVIS)*. (2002), p. 57-64.

Premaratne, U., J. Samarabandu, T. Sidhu, R. Beresh et Tan Jian-Cheng. 2010. « Security Analysis and Auditing of IEC61850-Based Automated Substations ». *IEEE Transactions on Power Delivery,* vol. 25, n° 4, p. 2346-2355.

Radovanovic, x, D., Radojevic, x, T., Luc, x030C, ic, x, D. et M. Sarac. 2010a. « IT audit in accordance with Cobit standard ». In *MIPRO, 2010 Proceedings of the 33rd International Convention*. (24-28 May 2010), p. 1137-1141.

Radovanovic, D., T. Radojevic, D. Lucic et M. Sarac. 2010b. « IT audit in accordance with Cobit standard ». In *2010 33rd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 24-28 May 2010*. (Piscataway, NJ, USA), p. 1137-41. Coll. « 2010 33rd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO) »: IEEE.

Radovanovic, Dalibor, Tijana Radojevic, Dubravka Lucic et Marko Sarac. 2010c. « IT audit in accordance with Cobit standard ». In *MIPRO, 2010 Proceedings of the 33rd International Convention*. (24-28 May 2010), p. 1137-1141.

Ramaswamy, Chandramouli 2000. « Business process driven framework for defining an access control service based on roles and rules ». In *23rd National information systems security conference*. < http://csrc.nist.gov/groups/SNS/rbac/documents/design_implementation/BP_driven_Role_Engg.pdf >.

Reddy, Madana Kumar. 2009. *Operating Systems Made Easy*. Laxmi, 110 p.

Robert, Fred S. 2009. *Measurement Theory: Volume 7: With Applications to Decisionmaking, Utility, and the Social Sciences*. Coll. « Encyclopedia of Mathematics and its Applications ». United Kingdom: Cambridge University Press, 444 p.

Saaty, T. L. 2008. « Decision making with the analytic hierarchy process ». *International Journal of Services Science,* vol. 1, n° 1, p. 83-98.

Saboe, M. 2001. « The use of software quality metrics in the materiel release process experience report ». In *Proceedings Second Asia-Pacific Conference on Quality Software*. (Los Alamitos, CA, USA), p. 104-109. Coll. « Proceedings Second Asia-Pacific Conference on Quality Software »: IEEE Comput. Soc. < http://dx.doi.org/10.1109/APAQS.2001.990008 >.

Sadiq, Shazia, Guido Governatori et Kioumars Namiri. 2007. « Modeling control objectives for business process compliance ». In *Proceedings of the 5th international conference on Business process management*. (Brisbane, Australia), p. 149-164. 1793130: Springer-Verlag.

Sánchez-González, Laura, Félix García, Francisco Ruiz et Jan Mendling. 2012. « Quality indicators for business process models from a gateway complexity perspective ». *Information and Software Technology,* vol. 54, n° 11, p. 1159-1174.

Schön, Donald A. 1994. *Le praticien réflexif : à la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel*. Coll. « Collection Formation des maîtres ». Montréal: Éditions Logiques, 418 p.

Sharfman, Mark P., et James W. Dean. 1991. « Conceptualizing and Measuring the Organizational Environment: A Multidimensional Approach ». *Journal of Management,* vol. 17, n° 4, p. 681-700.

Shuai, Huang, Cai Hongming et Xu Boyi. 2010. « A resource state-based business process control mechanism for BPM ». In *International Conference on Progress in Informatics and Computing (PIC)*. (Piscataway, NJ, USA) Vol. vol.2, p. 1157-61. Coll. « Proceedings 2010 International Conference on Progress in Informatics and Computing (PIC 2010) »: IEEE. < http://dx.doi.org/10.1109/PIC.2010.5687985 >.

Software Engineering Institute. 2011. « CMMI Overview ». < http://www.sei.cmu.edu/cmmi/ >. Consulté le July.

Software Engineering Institute. 2014. « CMMI ». < http://cmmiinstitute.com/resource/cmmi-for-development-version-1-3/ >. Consulté le 27/06/2014.

Song, Hyunjoo, Bohyoung Kim, Bongshin Lee et Jinwook Seo. 2010. « A comparative evaluation on tree visualization methods for hierarchical structures with large fan-outs ». In *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems*. (Atlanta, Georgia, USA), p. 223-232. 1753359: ACM. < http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1753359 >.

Spremic, M., et M. Popovic. 2008. « Methodologies for conducting information system audit: case study of Sarbanes-Oxley ». *Uporabna Informatika,* vol. 16, n° Copyright 2009, The Institution of Engineering and Technology, p. 133-46.

Stallings, William. 2006. *Computer organization and architecture : designing for performance*, 7th. Upper Saddle River, N.J.: Pearson/Prentice Hall, 778 p.

Stasko, J., R. Catrambone, M. Guzdial et K. McDonald. 2000. « An evaluation of space-filling information visualizations for depicting hierarchical structures ». *International Journal of Human-Computer Studies,* vol. 53, n° 5, p. 663-94.

Stefansen, C., et S. E. Borch. 2008. « Using soft constraints to guide users in flexible business process management systems ». *International Journal of Business Process Integration and Management,* vol. 3, n° Copyright 2009, The Institution of Engineering and Technology, p. 26-35.

Stroian, V., P. Bourque et A. Abran. 2006. « Visualization - A Key Concept for Multidimensional Performance Modeling in Software Engineering Management ». In *IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics*. (25-28 May 2006) Vol. 1, p. 334-339.

Succi, G., L. Benedicenti, S. De Panfilis et T. Vernazza. 2000. « Activity-based OO business modeling and control ». *IT Professional,* vol. 2, n° Copyright 2000, IEE, p. 45-50.

The IT Service Management Forum. 2007. « An Introductory Overview of ITIL® V3 ». p. 58. < http://www.itsmfi.org/files/itSMF_ITILV3_Intro_Overview_0.pdf >.

Tricker, Raymond L. 2010. *ISO 9001 : 2008 for small businesses*, 4th. Burlington, Mass.: Butterworth-Heinemann, 458 p.

Trillium. 2014. « Trillium software ». < http://www.trilliumsoftware.com/ >. Consulté le 31/03/2014.

Villagrá, Maria del Rosario, et Ana Villagrá. 2004. *Essential atlas of mathematics*, 1st English-language. Hauppauge, N.Y.: Barron's Educational Series, 95 p.

Weske, Mathias. 2007. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Wibas. 2014. « CMMI Browser ». < https://www.wibas.com/en/turning-visions/publications/online-tools/cmmi-browser/ >. Consulté le 31/03/2014.

Wolter, C., C. Weiss et C. Meinel. 2009. « An XACML Extension for Business Process-Centric Access Control Policies ». In *IEEE International Symposium on Policies for Distributed Systems and Networks*. (20-22 July 2009), p. 166-169.

Wolter, Christian , Michael Menzel, Andreas Schaad, Philip Miseldine et Christoph Meinel. 2009. « Model-driven business process security requirement specification ». *J. Syst. Archit.,* vol. 55, n° 4, p. 211-223.

Yee, Ka-Ping , Danyel Fisher, Rachna Dhamija et Marti Hearst. 2001. « Animated Exploration of Dynamic Graphs with Radial Layout ». In *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (INFOVIS)*. p. 43. 857705: IEEE Computer Society. < http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/INFVIS.2001.963279 >.

Yongchang, Ren, Xing Tao, Jiang Deyi et Zhu Ping. 2011. « Research on software quality control method based on control chart ». In *IEEE 2nd International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering (CCIE)* (20-21 Aug. 2011) Vol. 1, p. 274-277.

Zakarian, A., P. Wickett et Y. Siradeghyan. 2006. « Quantitative model for evaluating the quality of an automotive business process ». *International Journal of Production Research,* vol. 44, n° 6, p. 1055-1074.