POLYPUBLIE
Polytechnique Montréal

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL
UNIVERSITÉ D'INGÉNIERIE

Titre: Title:	Méthode d'implantation du pilotage de projet par la valeur acquise en entreprise
Auteur: Author:	Quentin Panquet
Date:	2020
Type:	Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis
Référence: Citation:	Panquet, Q. (2020). Méthode d'implantation du pilotage de projet par la valeur acquise en entreprise [Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal]. PolyPublie. https://publications.polymtl.ca/5427/

Document en libre accès dans PolyPublie
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: PolyPublie URL:	https://publications.polymtl.ca/5427/
Directeurs de recherche: Advisors:	Mario Bourgault, Christophe Danjou, & Robert Pellerin
Programme: Program:	Maîtrise recherche en génie industriel

Ce fichier a été téléchargé à partir de PolyPublie, le dépôt institutionnel de Polytechnique Montréal
This file has been downloaded from PolyPublie, the institutional repository of Polytechnique Montréal

https://publications.polymtl.ca

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Méthode d'implantation du pilotage de projet par la valeur acquise en entreprise

QUENTIN PANQUET

Département de mathématiques et de génie industriel

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

Génie industriel

Août 2020

© Quentin Panquet, 2020.

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Ce mémoire intitulé :

Méthode d'implantation du pilotage de projet par la valeur acquise en entreprise

présenté par **Quentin PANQUET**

en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

Benoît COURCELLES, président
Mario BOURGAULT, membre et directeur de recherche
Robert PELLERIN, membre et codirecteur de recherche
Christophe DANJOU, membre et codirecteur de recherche
Denis LAGACÉ, membre

REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier chaleureusement toutes les personnes impliquées de près ou de loin dans ce projet de recherche.

Je tiens en particulier à remercier M. Mario Bourgault pour sa gentillesse, sa disponibilité et son expérience qui m'ont permis de mener à bien cette maîtrise. Un grand merci également à M. Robert Pellerin pour la pertinence et la justesse de ses remarques, et à M. Christophe Danjou pour sa jovialité et sa bienveillance. Merci également à Mme. Nathalie Perrier pour son aide inestimable et à l'intérêt porté pour ce projet.

Je souhaite remercier chaleureusement le partenaire industriel pour sa confiance et ses retours qui auront permis de bonifier ce travail de recherche.

Un grand merci à la Cooloc d'avoir supporté mes expériences culinaires, et d'avoir rendu cette expérience montréalaise inoubliable, ainsi qu'à tous mes amis que j'espère revoir le plus rapidement possible, en France ou ailleurs.

Une mention spéciale à Alexandre, Augustin et Adrien, pour leur courage face à l'océan de messages envoyés toutes les semaines pour jouer au badminton.

Enfin, un grand merci à toute ma famille qui m'a supporté tout au long de ces deux ans.

RÉSUMÉ

Le suivi de projet est devenu indispensable à la réussite des entreprises dans un tissu industriel de plus en plus compétitif, c'est pourquoi la méthode de gestion de la valeur acquise (EVM – *Earned Value Management*) s'est imposée comme un incontournable du contrôle de coût de projet. Après s'être développée principalement dans les secteurs de la construction et de la défense, elle s'est ensuite répandue dans l'industrie publique comme privée, et est désormais devenue un enjeu stratégique majeur pour les entreprises.

La communauté scientifique a principalement étudié l'apport de modèles mathématiques sur la précision de la méthode, mais peu de chercheurs se sont intéressés à son implantation en entreprise : mise à part les bénéfices et facteurs de succès d'implantation, seuls les standards des principaux instituts de gestion de projet proposent une réponse à l'implantation des processus nécessaires à la méthode. Toutefois, les standards ne prennent ni en compte la maturité des entreprises, ni la stratégie d'implantation souhaitée, et leur structure ne supporte pas l'amélioration de processus, la démarche d'implantation n'apparaissant pas clairement dans les documents. L'objectif de ce projet découlant de ce constat est de développer une méthode de plan d'implantation de l'EVM en entreprise.

La méthodologie DRM (*Design Research Methodology*), méthodologie de recherche appliquée mixte, a été employée afin de répondre à cette problématique.

La méthode développée identifie les activités à réaliser et leur séquencement, ainsi que les rôles, techniques et livrables correspondants. Elle permettra à l'entreprise l'appliquant d'identifier ce qui doit être fait, par qui et dans quel ordre.

La phase d'analyse de l'existant de la méthode permet de prendre en compte la maturité de l'entreprise à partir d'une analyse des processus et d'un audit de l'entreprise. Ensuite, les recommandations pertinentes sont sélectionnées, avant de définir les stratégies d'implantation selon les besoins et contraintes du partenaire. Des entretiens avec des professionnels du même secteur que l'entreprise permettent de vérifier la pertinence du contenu sélectionné, avant de le répartir par stratégie et étape d'implantation. Enfin, l'impact sur l'entreprise est cartographié puis analysé afin d'en dégager les coûts et bénéfices attendus pour chacune des stratégies.

Cette méthode a été appliquée à un partenaire industriel du secteur de la construction souhaitant implanter l'EVM, ce qui a permis de définir plusieurs stratégies puis de produire les différents extrants de la méthode. Ces derniers ont pu faire ensuite l'objet d'une validation préliminaire par le partenaire.

Pour conclure, les contributions de ce projet de recherche sont de permettre aux entreprises d'être guidées dans leur implantation de l'EVM, tout en adaptant le contenu de la littérature à la maturité et à l'orientation stratégique souhaitées.

ABSTRACT

Project monitoring has become essential to the success of companies in an increasingly competitive industrial environment, which is why Earned Value Management (EVM) has become an essential part of project cost control. After having developed mainly in the construction and defense sectors, it then spread to both public and private industry, and has now become a major strategic issue for companies.

The scientific community has mainly studied the contribution of mathematical models on the accuracy of the method, but few researchers have been interested in its implementation in companies: apart from the benefits and success factors of implementation, only the standards of the main project management institutes offer an answer to the implementation of the processes required by the method. However, the standards do not consider the maturity of the companies, nor the desired implementation strategy, and their structure does not support process improvement, as the implementation approach is not clearly stated in the documents. The objective of this project is to develop an EVM implementation plan method for companies.

The Design Research Methodology (DRM), a mixed applied research methodology, was used to address this issue.

The method developed identifies the activities to be carried out and their sequencing, as well as the corresponding roles, techniques, and deliverables. It will allow the company applying it to identify what needs to be done, by whom and in what order.

The analysis of the existing situation phase allows to consider the maturity of the company based on a process analysis and an audit of the company. Then, relevant recommendations are selected, before defining implementation strategies according to the partner's needs and constraints. Interviews with professionals from the same sector as the company allow us to verify the relevance of the selected content, before dividing it by strategy and implementation stage. Finally, the impact on the company is mapped and then analyzed to determine the expected costs and benefits for each strategy.

This method was applied to an industrial partner in the construction sector wishing to implement the EVM, which made it possible to define several strategies and then to produce the various outputs of the method. These outputs were then subject to preliminary validation by the partner.

In conclusion, the contributions of this research project are to guide companies in their implementation of EVM, while adapting the content of the literature to the desired maturity and strategic orientation.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS III

RÉSUMÉ IV

ABSTRACT VI

TABLE DES MATIÈRES VIII

LISTE DES TABLEAUX XI

LISTE DES FIGURES XII

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS XIII

LISTE DES ANNEXES XV

CHAPITRE 1 INTRODUCTION 1

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE 3

2.1 Introduction 3

2.2 État de l'art de la méthode de gestion de la valeur acquise 3

2.2.1 Principe de base 3

2.2.2 Formules de la méthode 5

2.2.3 Variantes de la méthode 7

2.2.4 Méthodes d'estimation de l'avancement 8

2.3 Stratégie de recherche de la revue de littérature 8

2.4 Implantation de la méthode de gestion de la valeur acquise 10

2.4.1 Bénéfices et coûts de la méthode 11

2.4.2 Facteurs de succès pour l'implantation 14

2.4.3 Démarche d'implantation de la méthode de gestion de la valeur acquise 17

2.5 Étude des standards existants 18

2.5.1 ANSI EIA-748 Earned Value Management Systems 19

2.5.2 Practice Standard for Earned Value Management (Second Edition) 20

2.5.3 AS 4817-2006, Project performance measurement using Earned Value 21

2.5.4 ISO 21508 :2018, Earned value management in project and programme management 22

2.6 Revue critique 22

2.7 Conclusion.....25

CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE..... 26

3.1 Introduction 26

3.2 Objectifs de recherche 26

3.3 Méthodologie de recherche 27

3.4 Conclusion.....29

CHAPITRE 4 DÉVELOPPEMENT DE LA MÉTHODE 30

4.1 Introduction 30

4.2 Structure de la méthode.....31

4.3 Phase 1 : Analyse de l'existant.....33

4.3.1 Activités 33

4.3.2 Entrées et sorties.....34

4.4 Phase 2 : Établissement des stratégies de déploiement 35

4.4.1 Activités 36

4.4.2 Entrées et sorties.....36

4.5 Phase 3 : Analyse des stratégies 38

4.5.1 Activités 38

4.5.2 Entrées et sorties.....39

4.6 Conclusion.....40

CHAPITRE 5 CAS APPLICATIF 41

5.1 Introduction 41

5.2 Rôles 41

5.3 Phase 1 : Analyse de l'existant 41

5.4 Phase 2 : Établissement des stratégies de déploiement 45

5.5 Phase 3 : Analyse des stratégies 48

5.6 Conclusion 55

CHAPITRE 6 VALIDATION DU MODÈLE 56

6.1 Introduction 56

6.2 Critères de validation 56

6.3 Validation du partenaire industriel 57

6.4 Conclusion 58

CHAPITRE 7 DISCUSSION, CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 59

RÉFÉRENCES 63

ANNEXES 68

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 Variables en temps et en coût des métriques de la méthode 5

Tableau 2.2 Mots-clés par concept de la revue de littérature.....9

Tableau 2.3 Apparition des bénéfices dans la littérature 11

Tableau 2.4 Bénéfices de l'EVM.....12

Tableau 2.5 Apparition des facteurs de succès dans la littérature.....14

Tableau 2.6 Facteurs de succès de l'EVM 15

Tableau 2.7 Évaluation des standards selon la méthode MEM.....25

Tableau 4.1 Table d'entrées et sorties par activité 32

Tableau 4.2 Rôles et techniques des activités du modèle 32

Tableau 5.1 Plan d'audit du partenaire industriel 43

Tableau 5.2 Coûts par instant d'implantation 52

Tableau 5.3 Temps de cycle par instant d'implantation.....53

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 Représentation de suivi de projet sans la notion de valeur acquise 4

Figure 2.2 Représentation de suivi de projet avec la notion de valeur acquise.....5

Figure 2.3 Stratégie de recherche de la revue de littérature 10

Figure 3.1 Méthodologie DRM 28

Figure 3.2 Méthodologie de recherche utilisée 29

Figure 4.1 Modèle de procédure de la méthode 31

Figure 4.2 Diagramme d'interrelations d'entrées et sorties de la phase 1. 34

Figure 4.3 Diagramme d'interrelations d'entrées et sorties de la phase 2. 37

Figure 4.4 Diagramme d'interrelations d'entrées et sorties de la phase 3. 40

Figure 5.1 Cartographie $T0$ des processus de gestion de projet du partenaire.....42

Figure 5.2 Diagramme radar de la maturité $T0$ du partenaire industriel.....44

Figure 5.3 Décomposition en étapes d'implantation des stratégies $T1$ et $T2$ 47

Figure 5.4 Modèle de cartographie GRMI4.0 (Mosser, 2020).....48

Figure 5.5 Pictogramme d'activité du GRMI4.0 (Mosser, 2020) 49

Figure 5.6 Code couleur des activités du GRMI4.0 (Mosser, 2020) 49

Figure 5.7 Cartouche du GRMI4.0 (Mosser, 2020) 50

Figure 5.8 Cartographie $T1$ des processus de gestion de projet du partenaire (Mosser, 2020) 50

Figure 5.9 Cartographie $T2$ des processus de gestion de projet du partenaire (Mosser, 2020) 51

Figure 5.10 Maturité $T1$ du partenaire selon les critères du standard américain 54

Figure 5.11 Maturité $T2$ du partenaire selon les critères du standard américain 54

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AACE American Association of Cost Engineering (Association Américaine d'Ingénierie des Coûts)

AC Actual Cost (Coût Réel)

AS Australian Standard (Standard Australien)

BAC Budget At Completion (Coût Final Budgété)

BPM Business Process Modeling (Modélisation des Processus d'Affaires)

CA Control Account (Compte de Contrôle)

CPI Cost Performance Index (Indice de Performance en Coût)

CV Cost Variance (Variance en Coût)

DoD Department of Defense (Département de la Défense)

DRM Design Research Methodology (Méthodologie de recherche de conception)

EAC Estimate At Completion (Coût Final Estimé)

EIA Electronic Industries Alliance (Alliance des Industries Électroniques)

ERP Enterprise Resource Planning (Progiciel de Gestion Intégré)

ES Earned Schedule (Durée Acquise)

EV Earned Value (Valeur Acquise)

EVM Earned Value Management (Gestion de la Valeur Acquise)

ISO International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation)

MEM Mandatory Elements of a Method (Éléments Obligatoires à une Méthode)

NDIA National Defense Industrial Association (Association Industrielle de la Défense Nationale)

OBS Organizational Breakdown Structure (Structure de Découpage Organisationnelle)

PMB Performance Measurement Baseline (Référence pour la Mesure de Performance)

PMI Project Management Institute (Institut de Gestion de Projet)

PP Planning Package (Lot de Planification)

PV Planned Value (Valeur Planifiée)

RACI Responsible Accountable Consulted Informed (Responsable Imputable Consulté Informé)

RAM Responsibility Assignment Matrix (Matrice d'Assignement des Responsabilités)

SLPP Summary Level Planning Package (Lot de Planification de Niveau Global)

SPI Schedule Performance Index (Indice de Performance en Temps)

SV Schedule Variance (Variance en Temps)

UB Undistributed Budget (Budget Non-distribué)

WBS Work Breakdown Structure (Structure de Découpage de Projet)

LISTE DES ANNEXES

Annexe A Sigles et abréviations des annexes C, D et E 68

Annexe B Lexique des annexes C, D et E 69

Annexe C Bonnes pratiques validées 71

Annexe D Recommandations 83

Annexe E Cartographies 102

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

La méthode de gestion de la valeur acquise (EVM - *Earned Value Management*) est une méthode de contrôle de projet intégrant portée, temps et coût. Développée dans les années 1960 par le Ministère de la défense américaine (DoD - *Department of Defense*), la méthode a ensuite été principalement utilisée par le secteur public. Toutefois, cette tendance semble avoir changé peu à peu pour finalement voir le secteur privé l'adopter de façon marquée (Kim et al., 2003). Deux domaines de l'industrie se sont quant à eux démarqués dans leur adoption précoce de la méthode : le militaire et la construction. Le DoD a notamment rendu son utilisation obligatoire dans les projets de plus de 20 millions de dollars américains (AACE, 2017). À partir de 2000, la Corée du Sud a fait de même pour les projets de travaux publics de plus de 50 millions de dollars américains. (Kwon et al., 2008). L'intérêt porté à la méthode dans ces secteurs peut s'expliquer par le type de projet réalisé : il s'agit majoritairement de projet à budgets élevés et à faible incertitude sur les activités en temps et en coût (Pellerin & Perrier, 2018). Au contraire, un projet d'ingénierie en développement logiciel, plus accoutumé à une gestion de projet agile, c'est-à-dire une planification itérative au fil du projet, sera moins adapté à la méthode de gestion de la valeur acquise traditionnelle qui se base sur une planification complète du projet au début de celui-ci.

La méthode de gestion de la valeur acquise s'est rapidement imposée comme un outil indispensable à la mesure de performance de projet (PMI, 2017), et se trouve aujourd'hui recommandée comme méthode de contrôle de coût par tous les standards de gestion de projet (PMI, 2017 ; Montes-Guerra et al., 2014). Elle permet de rendre compte des performances d'un projet, c'est pourquoi son implantation en entreprise consiste donc en un enjeu stratégique majeur.

Quant à eux, les professionnels la recommandent sur la majeure partie des grands projets : la méthode permet d'établir un système de gestion de données unique en intégrant la portée, le temps et le coût du projet, permettant de faciliter la prise de décision par le responsable. Elle donne également des indicateurs servant de signaux d'alerte capables de rendre compte du statut du projet. Le responsable peut alors remonter à la source du problème et prendre les mesures correctives adéquates. En plus de rendre compte de l'instant présent, elle permet d'estimer le coût final et la durée finale du projet à partir des performances passées (Morad & El-Sayegh, 2016). Elle constitue donc un outil de communication clé entre les différents acteurs du projet, c'est pourquoi de nombreux clients réclament son emploi lors de la signature de contrat.

Dans un contexte d'industrie de plus en plus mondialisée et compétitive, l'emploi de la méthode est cohérent avec la volonté stratégique des gestionnaires. Que ce soient des demandes du client ou une démarche interne, la méthode de gestion de la valeur acquise est encore implantée ou améliorée régulièrement au sein d'entreprise de toute taille. De nombreuses entreprises font donc le choix de passer d'un suivi de projet comptable où le contrôleur va comparer les dépenses prévues au flux de trésorerie, à une méthode de gestion de la valeur acquise où la notion d'avancement est introduite. Malgré ses atouts, l'implantation de la méthode en entreprise s'avère délicate étant donné qu'elle amène à remettre en question une importante partie des processus déjà en place : découpages de la portée et de la responsabilité du projet, estimation de l'avancement, collecte des coûts, intégration des changements, et bien d'autres pratiques peuvent rendre la méthode de gestion de la valeur acquise inutilisable, voire dangereuse car pouvant amener le responsable à prendre des décisions inadaptées à la réalité du projet (Lukas, 2008). De plus, la recherche théorique propose des avancées encore bien loin d'être appliquées par les professionnels : là où la littérature propose des modèles de plus en plus complexes, seuls les plus basiques sont proposés par les logiciels de gestion de projet les plus répandus.

L'objectif général du projet est donc d'étudier et d'améliorer les processus d'implantation de la méthode de gestion de la valeur acquise en entreprise.

Afin de mener à bien ce projet de recherche, ce document est construit de la façon suivante. En premier lieu, une revue de littérature est proposée au Chapitre 2. Après un court état de l'art de la méthode, la littérature sur l'implantation de la méthode de gestion de la valeur acquise en entreprise est étudiée. Ensuite, les principaux standards d'implantation de la méthode sont considérés, avant de procéder à l'analyse de la revue de littérature. Le Chapitre 3 explique les objectifs de recherche issus des limites exposées au chapitre précédent, et la méthodologie de recherche choisie. Le Chapitre 4 présente la méthode d'implantation développée. Le Chapitre 5 la met en application chez un partenaire industriel dans le secteur de la construction, avant de tester sa faisabilité au Chapitre 6. Finalement, le Chapitre 7 conclut avec les contributions de ce projet de recherche, et discute des limites et opportunités qui en découlent.

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE

2.1 Introduction

Ce chapitre propose une revue de littérature sur la problématique d'implantation de la valeur acquise en entreprise. Avant d'aborder spécifiquement la revue de littérature, la section 2.2 propose une brève présentation de la méthode, ainsi que les principaux paramètres utilisés dans son calcul.

Par le biais d'une stratégie de recherche explicitée en section 2.3, la recension des écrits permet d'analyser et de comprendre la façon dont cette problématique est étudiée par les chercheurs académiques. La revue de littérature a également permis de comparer les principaux standards actuellement disponibles et pouvant guider les industriels dans l'implantation et l'utilisation de la méthode de la valeur acquise.

Le chapitre se termine par une analyse critique de la littérature, permettant ainsi de mettre en évidence les opportunités de recherche et les contributions possibles.

2.2 État de l'art de la méthode de gestion de la valeur acquise

En premier lieu, une revue de littérature a été menée sur la méthode de gestion de la valeur acquise. Elle a permis la maîtrise des concepts de base de l'EVM, ainsi que d'appréhender les avancées récentes de la recherche. Les résultats sont présentés brièvement dans cette section.

2.2.1 Principe de base

La méthode de gestion de la valeur acquise est un outil de contrôle de coût de projet intégrant portée, temps et coût d'un projet. Elle est construite à partir de trois notions clés, aussi appelées métriques de la méthode (PMI, 2013) :

1. La Valeur Planifiée (PV – *Planned Value*) : il s'agit du coût budgété du travail planifié, c'est-à-dire ce qui aurait dû être dépensé selon l'échéancier prévisionnel.
2. La Valeur Acquise (EV – *Earned Value*) : il s'agit du coût budgété du travail effectué, c'est-à-dire ce qui aurait dû être dépensé selon l'échéancier réel.
3. Le Coût Réel (AC – *Actual Cost*) : il s'agit du coût réel du travail effectué, c'est-à-dire ce qui a été dépensé selon l'échéancier réel.

Il semble important de préciser que dans la suite du document, les termes Valeur Acquise et EV désigneront la métrique, et non pas la méthode de gestion de la valeur acquise, pour laquelle les termes EVM et méthode seront utilisés.

Un suivi sans utilisation de la méthode de gestion de la valeur acquise n'emploierait donc pas la Valeur Acquise, mais seulement la Valeur Planifiée et le Coût Réel, visible à la Figure 2.1. Toutefois, cette pratique ne permet pas de conclure sur l'état du projet, car si le Coût Réel est inférieur à la Valeur Planifiée, il n'est pas possible de conclure que le projet a coûté moins cher que prévu. En effet, il est possible que le projet soit en retard et que le gestionnaire ait plus dépensé que ce qui a vraiment été réalisé (Fleming & Koppelman, 1994). La méthode de gestion de la valeur acquise propose donc d'introduire la notion d'avancement, permettant alors de comparer les paramètres de coût et d'échéancier un à un, comme expliqué au Tableau 2.1.

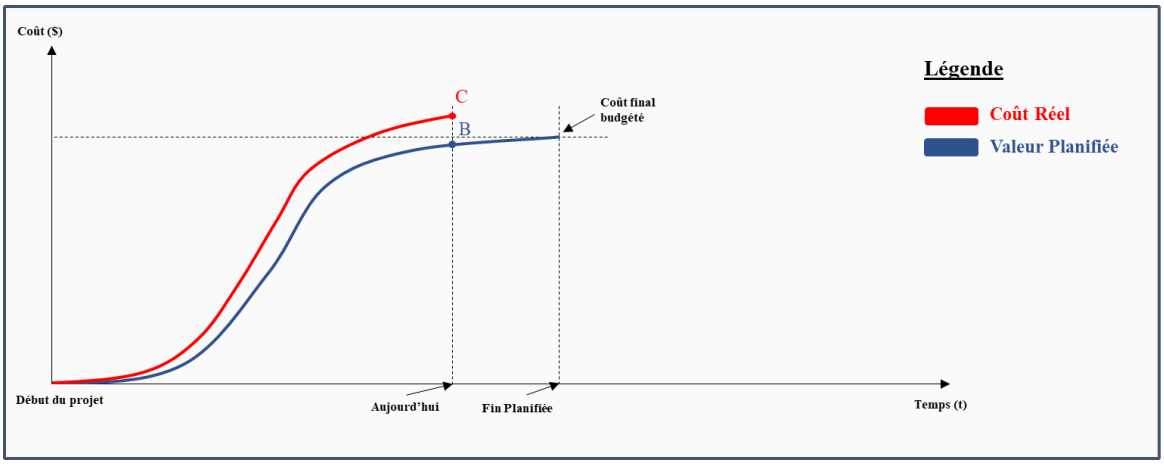

Figure 2.1 Représentation de suivi de projet sans la notion de valeur acquise

La Valeur Acquise permet donc de rendre pertinente la comparaison avec les autres courbes : en comparant la Valeur Acquise à la Valeur Planifiée, il est possible de savoir si le projet est en retard ou en avance, car ce sont dans les deux cas des coûts budgétés, mais pour l'un un travail planifié et pour l'autre, un travail effectué. Il s'agit de la Variance en Temps (SV – *Schedule Variance*).

De même, en comparant la Valeur Acquise au Coût Réel, il est possible de savoir si le projet est en surcoût ou pas, car ce sont dans les deux cas des travaux effectués, mais pour l'un le coût est

budgété, et pour l'autre, le coût est réel. Il s'agit de la Variance en Coût (CV – *Cost Variance*) (PMI, 2013).

Le Tableau 2.1 synthétise chacune des métriques de l'EVM en précisant si les paramètres échéancier et coût sont planifiés ou réels. En isolant un des paramètres à la fois, comparer la Valeur Acquise à la Valeur Planifiée ou au Coût Réel permet d'identifier les variances.

Tableau 2.1 Variables en temps et en coût des métriques de la méthode

	Valeur Planifiée	**Valeur Acquise**	**Coût Réel**
Échéancier	Planifié	Planifié	Réel
Coût	Planifié	Réel	Réel

La Figure 2.2 montre donc à la date d'aujourd'hui que le projet est en retard, car le point B est supérieur au point A. Le projet est également en surcoût, car le point C est supérieur au point A.

Cette même démarche peut être appliquée sur tout élément de la Structure de Découpage du Projet (WBS – *Work Breakdown Structure*) pour lequel une estimation de l'avancement est possible.

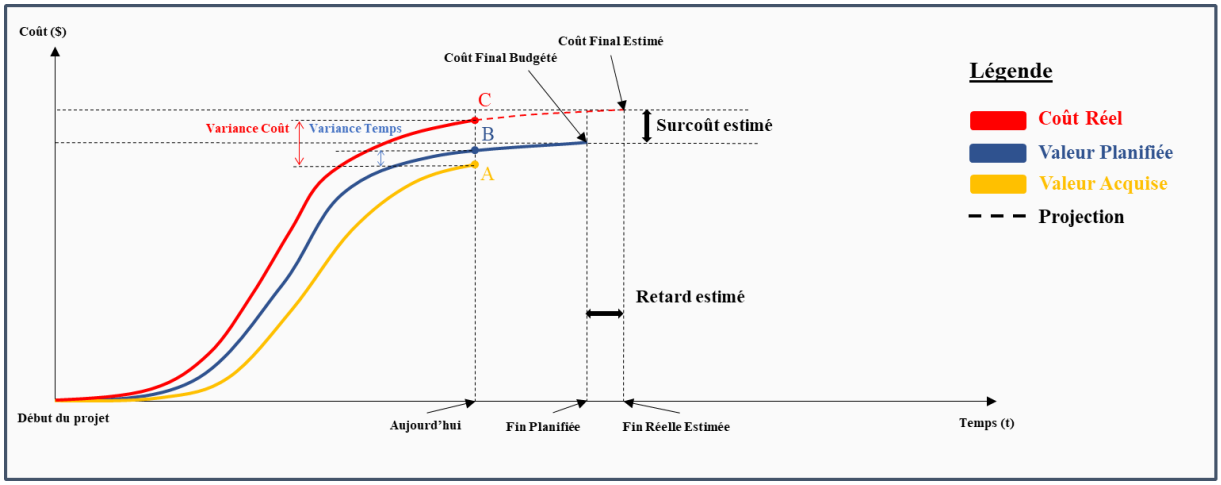

Figure 2.2 Représentation de suivi de projet avec la notion de valeur acquise

2.2.2 Formules de la méthode

On a donc, pour chaque élément i du WBS sur lequel on réalise l'avancement (AS, 2006) :

$$EV_i = Budget_i * \frac{\%_{avancement_i}}{100} \quad (1)$$

De la même manière que la Valeur Planifiée du projet est obtenue en sommant la Valeur Planifiée de chaque élément du WBS, la Valeur Acquise du projet est obtenue en sommant la Valeur Acquise de chaque élément du WBS. En mesurant le Coût Réel du projet, on obtient les courbes suivantes :

Les formules suivantes sont établies :

$$\begin{cases} SV = EV - PV \\ CV = EV - AC \end{cases} \quad (2)$$

Si $SV < 0$, cela signifie que le projet est en retard, et inversement.

Si $CV < 0$, cela signifie que le projet est en surcoût, et inversement.

De même, l'Indice de Performance en Coût (CPI – *Cost Performance Index*) et l'Indice de Performance en Temps (SPI – *Schedule Performance Index*) sont établis :

$$\begin{cases} SPI = \frac{EV}{PV} \\ CPI = \frac{EV}{AC} \end{cases} \quad (3)$$

Si $SPI < 1$, cela signifie que le projet est en retard, et inversement.

Si $CPI < 1$, cela signifie que le projet est en surcoût, et inversement.

À partir de ces indices de performance, la méthode propose de prévoir le Coût Final Estimé (EAC – *Estimate At Completion*) du projet, afin de pouvoir la comparer au Budget total du projet (BAC – *Budget At Completion*).

Lorsque calculée sur la performance globale du projet, la formule la plus employée correspond à un calcul basé sur la performance des lots.

$$EAC = AC + \sum_i \frac{BAC_i - EV_i}{CPI_i} \quad (4)$$

En prenant en compte les dépenses déjà générées par le projet, la formule pondère le travail restant des lots i par leur CPI, c'est-à-dire leur performance en coût. Si le lot n'est pas encore commencé, son CPI aura par convention une valeur de 1, ce qui revient donc à ajouter son budget, sa valeur acquise étant égal à 0.

2.2.3 Variantes de la méthode

Le calcul de l'EAC ci-dessus est approximatif, car seul l'indice de performance en coût est pris en compte : par exemple, le retard d'un projet peut également générer des coûts supplémentaires en fin de projet, ce qui n'est pas pris en compte dans la formule (4). D'autres méthodes ont donc été développées. Christensen, Antolini et McKinney (1995) proposent une revue des différentes méthodes de prévision de l'EAC, dont notamment les méthodes de calcul par indice, basées sur le CPI et le SPI, et les méthodes de régression linéaire utilisant des modèles mathématiques plus complexes. Vandevoorde et Vanhoucke (2006) proposent également une comparaison des différentes méthodes par indice.

Néanmoins, concernant les calculs basés sur les indices de performance de la méthode, ces derniers varient fortement avant 20% de réalisation du projet (Christensen & Heise, 1993). En effet, le démarrage d'un projet nécessite de nombreux coûts indirects qui ne seront pas pris en compte dans l'avancement du projet, car difficilement mesurables. Ainsi, calculer l'EAC à partir de méthodes par indice et linéaires en début de projet n'est pas pertinent, car cette instabilité des indices n'est pas prise en compte. Cela explique l'émergence des méthodes de régression, dont les modèles mathématiques tiennent compte des instabilités des indices. Les méthodes de régression ont concentré la majeure partie des chercheurs ces dix dernières années, avec l'émergence de certaines méthodes de régression très affinées (Narbaiev & De Marco, 2014). Toutefois, elles sont restées à un stade théorique et les méthodes par indice sont toujours implantées en entreprise (Alvarado et al., 2004). Les logiciels les plus courants de gestion de projet ne proposent d'ailleurs que ces méthodes.

De plus, la Variance en Temps de la méthode n'est pas exprimée en semaines ou en mois, mais en dollars. Bien que la méthode ait été conçue initialement de cette manière, ce retard est un retard de dépenses. En fin de projet, peu importe le retard qui a été pris lors de celui-ci, le SPI sera nécessairement égal à 1, car la Valeur Acquise sera égale à la Valeur Planifiée. Ces différents problèmes ont amené Lipke (2003) à proposer un modèle de Durée Acquise (ES – *Earned Schedule*), permettant de convertir en temps les métriques et formules de la méthode traditionnelle, exprimées originellement en coût.

2.2.4 Méthodes d'estimation de l'avancement

La réussite de l'EVM est en partie conditionnée par la précision de la Valeur Acquise, et donc du pourcentage d'avancement estimé. Le choix des méthodes d'estimation de l'avancement des tâches est donc primordial afin de s'assurer de la justesse de la mesure de la Valeur Acquise. Les méthodes se distinguent en deux catégories : premièrement, les méthodes quantitatives sont généralement préférées, car elles se basent sur une réalisation physique dont la mesure est objective. Quant à elles, les méthodes qualitatives sont adaptées à des tâches difficiles à estimer, comme des tâches administratives ou d'autres activités génératrices de coûts indirects du projet. Par conséquent, des hypothèses fortes y sont souvent appliquées : par exemple, une tâche pourra voir sa Valeur Acquise toujours égale à sa Valeur Planifiée, ce qui signifie qu'elle se déroule comme prévu. Ce type d'estimation, employée sur un très grand nombre d'activités, rendra la Valeur Acquise du projet approximative, c'est pourquoi les méthodes quantitatives sont à privilégier.

Pour plus de détails, plusieurs auteurs ont énuméré et expliqué les différentes méthodes (Lukas, 2008 ; PMI, 2011).

2.3 Stratégie de recherche de la revue de littérature

Toutes les recherches dans la littérature scientifique ont été faites dans la base de données Scopus.

Cette base de données comporte une large couverture de documents ainsi que plus de 21 950 titres, comparativement à Web of Science (anciennement Web of Knowledge) qui ne propose que seulement 13 100 titres. De plus, SCOPUS donne la possibilité de rechercher des mots-clés uniquement sur ceux de l'auteur, ce que d'autres bases de données ne permettent pas. Enfin, sa logique booléenne est variée et la gestion des troncatures facilite les recherches. Dans le but de valider ces informations, des recherches identiques ont été réalisées dans les 2 bases de données, et les résultats obtenus sur Scopus ont été plus nombreux et pertinents que ceux obtenus sur Web of Science.

De rapides recherches ont été réalisées afin d'identifier les mots-clés et concepts de la revue principale, présentés dans le Tableau 2.2. Les mots-clés ont ensuite été raffinés en éliminant ceux générant du bruit dans les recherches. Enfin, une revue sur les méthodologies d'implantation de la méthode de la valeur acquise a été effectuée. Les 3 concepts initiaux sont donc la valeur acquise, l'implantation et l'industrie de la construction.

Le partenaire industriel avec lequel ce travail de recherche a été réalisé est une entreprise de construction canadienne, c'est pourquoi la revue de littérature avait été d'abord restreinte au cas des entreprises de construction, car spécifique au cas du partenaire. Elle a ensuite été élargie à tous les domaines de l'industrie en section 2.4, pour enfin être complétée par les standards des principaux instituts de gestion de projet en section 2.5.

Tableau 2.2 Mots-clés par concept de la revue de littérature

Concepts	**Valeur Acquise**	**Implantation**	**Entreprise de construction**
Mots-clés associés	"earned value" EVM	implement* application* "case stud*" "case-stud*" adoption deployment "management system*" development*	"public works" construction building

Les deux concepts de valeur acquise et d'implantation ont donc été sélectionnés pour effectuer cette revue. À partir des 385 résultats de Scopus, seuls 368 ont été conservés par la limitation de la langue à l'anglais, avant de restreindre également le type de document aux articles de revues, de conférences et aux livres, diminuant le nombre de résultats à 334. Après une lecture des résumés, seuls 95 documents ont été jugés pertinents, pour ensuite n'en garder que 35 à l'issue de la lecture des articles. La revue de littérature a été effectuée entre mai et septembre 2019, cependant des alertes ont été faites sur Scopus, ce qui a enrichi la revue jusqu'en avril 2020. Les principales étapes de cette revue sont disponibles dans la Figure 2.3.

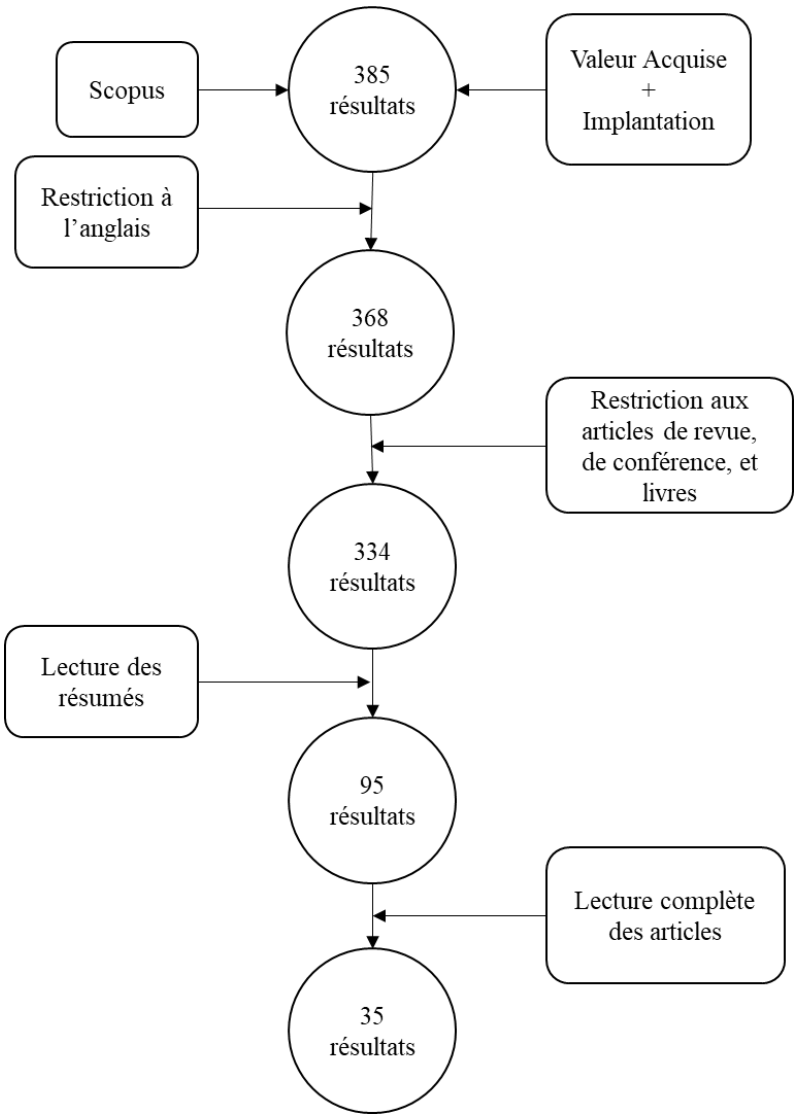

Figure 2.3 Stratégie de recherche de la revue de littérature

Après avoir présenté la stratégie de recherche, la section suivante propose les résultats obtenus.

2.4 Implantation de la méthode de gestion de la valeur acquise

Il paraît important de préciser que le sens du terme « implantation » est ici employé dans l'idée d'une intégration graduelle et durable de la méthode au sein des processus de l'entreprise. Les sections ci-dessous ne s'intéressent donc non pas seulement à l'instant précis où la méthode est mise en place, mais également à des enjeux liés à son utilisation sur le moyen et long terme. Les 35 résultats obtenus de la Figure 2.3 correspondent aux articles cités dans cette section.

2.4.1 Bénéfices et coûts de la méthode

Plusieurs auteurs s'intéressant à l'implantation de la méthode de la valeur acquise se sont affairés à identifier et mesurer les bénéfices engendrés par cette méthode. Les principaux bénéfices identifiés par ces auteurs ont été synthétisés dans le

Tableau 2.4. La classification des bénéfices est proposée en fonction de l'occurrence de leurs apparitions dans la littérature, présentée au Tableau 2.3. Certains bénéfices ne sont donc pas référencés, car trop peu cités. Parfois, la décision a été prise de regrouper différents bénéfices sous un autre, plus générique.

Tableau 2.3 Apparition des bénéfices dans la littérature

	Bénéfices							
Auteurs	1	2	3	4	5	6	7	8
Anbari, 2003	✓	✓	✓			✓		
Bgherpour, 2011			✓					
Budd & Budd, 2005	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Cable et al., 2004								
Christensen & Heise, 1992	✓							
Christensen, 1998	✓		✓	✓	✓	✓		
Czarnigowska et al., 2011	✓			✓				
Fleming & Koppelman, 2005	✓	✓				✓	✓	
Fullwood & Samuels, 2008			✓			✓	✓	
Jamagan, 2009	✓						✓	
Kerby & Counts, 2008				✓				
Kim et al., 2003	✓			✓		✓	✓	
Lipke et al., 2009								
Lukas, 2008		✓						
Moselhi, 2011			✓					
Naderpour & Mofid, 2011			✓					
Nkiwane et al., 2016	✓		✓			✓	✓	
Pajares & Lopes-Paredes, 2011			✓					
PMI, 2011			✓					
Russel, 2008	✓					✓		
Snog & Shalini, 2009	✓	✓						✓
Sparrow, 2000	✓	✓						
Storms, 2008	✓		✓		✓			
Valle & Soares, 2001	✓	✓	✓		✓		✓	
Van de Velde, 2007	✓	✓				✓		
Vargas, 2003	✓	✓						
Warburton, 2011	✓							
Webb, 2003	✓	✓	✓					✓
Zhan et al., 2019	✓	✓	✓				✓	

Tableau 2.4 Bénéfices de l'EVM

Numérotation	Bénéfice associé
1	Donner des signaux d'alerte précoces de problème de performance
2	Contribuer à l'atteinte des objectifs en coût, en temps et en portée
3	Permettre l'intégration de la portée, du coût et de l'échéancier du projet
4	Établir un unique outil de contrôle de données
5	Fournir une base de données de projets complétés à comparer
6	Prévoir le coût final du projet
7	Améliorer la communication au sein de l'équipe de projet
8	Aider à identifier et documenter le risque
9	Diminuer un excès d'information grâce à la gestion par exception

Les explications ci-dessous de chacun des bénéfices proviennent des articles référencés dans le tableau, et visent à les expliquer au lecteur. La numérotation utilisée est identique à celle du

Tableau 2.4.

1. La fluctuation des différents indicateurs présentés en section 2.2.2 permet d'identifier des signaux d'alerte de performance du projet. En effet, si les indicateurs SPI ou le CPI dépassent un seuil acceptable, le gestionnaire de projet sait qu'il doit réagir pour corriger l'écart de performance sur l'activité concernée. Plutôt que de faire des audits de projet aléatoires et réguliers afin de prévenir d'éventuelles dérives, ces signaux d'alerte permettent aux gestionnaires de gagner du temps en identifiant les zones à risques.

2. La méthode de gestion de la valeur acquise permet un suivi basé sur des Comptes de contrôle (CA – *Control Account*). Ces CA, localisés sur des éléments du WBS, constituent des points de contrôle de gestion de la méthode. Un CA correspond à un élément du WBS où les métriques et formules des sections 2.2.1 et 2.2.2 sont synthétisées. Ainsi, le suivi de chaque élément contrôlé est complet, et pas seulement au niveau du projet global. La méthode contribue donc à l'atteinte des objectifs en portée, temps et coût, et non pas uniquement au respect du coût et de la durée finaux du projet.

3. Lors de l'étape d'implantation, la définition de la Référence pour la mesure de performance (PMB – *Performance Measurement Baseline*) consiste en partie à l'intégration du coût, du temps et de la portée. Pour chaque activité du WBS sont associés une durée et un coût budgété. Cette étape est essentielle afin de s'assurer de respecter les termes du contrat : un projet qui est dans les temps et dans le budget ne respecte pas nécessairement sa portée.

4. Effectuer sur des logiciels différents la saisie de données, l'affichage de performance sur tableau de bord ou encore la gestion du projet et des équipes n'est ni fiable ni efficace. La méthode permet de réaliser toute activité reliée au suivi et au contrôle du projet sur une même plateforme.
5. La méthode permet de générer des bases de données en s'appuyant sur les métriques et indices de performance des activités de projets passés. Lors de la phase d'estimation d'un projet, les données de projets antérieurs similaires permettent une meilleure estimation en temps et en coût des activités. Ce bénéfice peut expliquer en partie l'intérêt des secteurs de l'armée et de la construction pour la méthode, où plusieurs éléments d'un projet peuvent souvent être répétitifs.
6. La méthode permet de générer le coût final estimé du projet à chaque période, en fonction de la performance depuis le début du projet. Cette donnée est primordiale à communiquer au client si le coût final estimé excède le budget total, ainsi qu'à tout autre agent responsable du financement du projet.
7. Les informations fournies par la méthode, que ce soit sous forme visuelle – courbes – ou par des indicateurs générés au niveau d'une activité, d'un lot ou du projet, permettent de communiquer efficacement l'état de l'entité mesurée. La méthode permet de limiter un excès d'information que certains acteurs pourraient avoir du mal à assimiler. L'EVM permet donc une meilleure communication avec le client, mais aussi au sein des équipes du projet.
8. La méthode permet l'intégration de la contingence du projet, et donc d'adapter le projet aux différents risques qui pourraient survenir. De plus, en identifiant les dérives de performance du projet, elle permet certes de prendre des mesures correctives comme expliqué au bénéfice 1, mais également d'expliquer et de documenter ces dépassements.

Quant au coût de la méthode, Christensen (1998) propose une revue des documents sur le sujet. Ces derniers correspondent au coût d'une implantation en accord avec les critères de l'EIA-748 (*Electronic Industries Alliance*) exigés par le DoD, présentés en section 2.5.1. Ce coût varie de 0,5% à 5% du coût total du projet sur l'ensemble des résultats énoncés, avec des moyennes de 0,4% à 1,6%. Toutefois, ces évaluations en coût de la méthode correspondent au coût de fonctionnement

du processus de gestion de la valeur acquise déjà en place, et n'abordent pas le coût lié à leur mise en place.

2.4.2 Facteurs de succès pour l'implantation

Outre les coûts et bénéfices liés à l'usage de la méthode, la littérature recense également les facteurs de succès et barrières associés à l'implantation de la méthode. Cependant, les facteurs de succès sont bien souvent répétés comme l'absence ou l'évitement d'une barrière à l'implantation. Ainsi, l'appellation « facteurs de succès » également les barrières à éviter présentes dans la littérature, et sont synthétisés dans le Tableau 2.6. La classification des facteurs de succès est proposée en fonction de l'occurrence de leurs apparitions dans la littérature, présentée dans le Tableau 2.5. Parfois, le choix a été fait de regrouper différents facteurs sous un autre plus global.

Tableau 2.5 Apparition des facteurs de succès dans la littérature

	Facteurs de succès								
Auteurs	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bryde et al., 2018		✓			✓		✓		
Budd & Budd, 2005		✓							
Fleming & Koppelman, 2010	✓						✓		
Jamagan, 2009	✓			✓					
Kim et al., 2003	✓	✓	✓			✓	✓		✓
Lukas, 2008			✓		✓			✓	
Mahdi et al., 2018		✓							
Naderpour & Mofid, 2011									✓
Nkiwane et al., 2016				✓		✓		✓	
Phillay et al., 2013		✓	✓	✓	✓	✓			
Snog & Shalini, 2009	✓	✓			✓		✓		✓
Valle & Soares, 2006							✓		✓
Vargas, 2003	✓	✓							✓
Webb, 2003			✓						
Zhan et al., 2019	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tableau 2.6 Facteurs de succès de l'EVM

Numérotation	Facteurs de succès
1	Être soutenu par la direction
2	Former le personnel à la méthode
3	Allouer les ressources suffisantes à l'implantation de la méthode
4	Adopter les standards de l'industrie
5	Être flexible sur l'implantation de la méthode
6	Imposer la méthode dans les pratiques de l'entreprise
7	Communiquer efficacement entre les acteurs du projet
8	Avoir une maturité adaptée à l'implantation
9	Convaincre le personnel de l'intérêt de la méthode

Les explications ci-dessous de chacun des facteurs de succès proviennent des articles référencés dans le Tableau 2.5, et visent à les expliquer au lecteur. La numérotation utilisée est identique à celle du Tableau 2.6.

1. Une pression exercée par la direction sur les gestionnaires peut être un frein important à la bonne implantation de la méthode. Cela peut contraindre le gestionnaire à ne rapporter que les « bonnes nouvelles » du projet, ce qui peut consister en une altération des données, ou une présentation partielle de la santé du projet. L'analyse qui s'en suit peut donc s'avérer faussée et potentiellement nuisible pour certaines parties prenantes. Le soutien de la direction encourage le praticien à utiliser la méthode selon la procédure de l'entreprise, sans que la méthode ne soit utilisée comme moyen de pression sur son travail.

2. Même si la méthode de gestion de la valeur acquise se base sur des principes simples et accessibles, il est nécessaire de former les gestionnaires de projet. L'intégration de la méthode aux processus de l'entreprise rend le modèle beaucoup plus complexe, car son implantation met en évidence les lacunes des processus actuels de gestion de projet de l'entreprise. La formation permet aussi de s'assurer que l'analyse et l'interprétation des données soient maîtrisées, et que le gestionnaire saura prendre les mesures correctives adéquates tout en les intégrant au PMB.

3. Les critiques les plus fréquentes jusque dans les années 1990 concernaient le besoin en ressources important de la méthode : trop de paperasse, trop chronophage, trop coûteuse. Cependant, l'arrivée sur le marché de logiciels de gestion de projet a permis de réduire considérablement ces irritants. Le problème de ressources subsiste néanmoins, car l'implantation de la méthode requiert du temps additionnel de la part de certains

gestionnaires qui doivent se charger de son application. Du temps et des moyens financiers doivent donc être libérés afin de permettre une mise en place de la méthode dans des conditions facilitantes.

4. Au fil du temps, la méthode a suscité l'intérêt de la plupart des organismes dédiés au développement de pratiques et de standards pour la gestion de projet. Tel que mentionné à la section 2.5, ce contexte est particulièrement propice à la diffusion et à la réussite de l'implantation de la méthode. De plus, de nombreux donneurs d'ouvrage connaissent et exigent une conformité au standard EIA-748 qui correspond au standard de valeur acquise du DoD. Cette pratique s'est répandue dans de nombreuses entreprises nord-américaines ayant implanté la méthode et qui voient cette conformité comme un atout stratégique.

5. L'utilisation des standards augmente les chances de succès de l'implantation, mais ces derniers ont également été critiqués pour leur complexité. L'excès de documentation proposé notamment par l'EIA-748 rend difficile l'intégration complète des recommandations aux processus de l'entreprise. Les standards existants ne sont donc pas forcément adaptés à la réalité de toutes les firmes souhaitant implanter la valeur acquise, ni à leur niveau de maturité; il y a donc une nécessité d'adapter les bonnes pratiques au contexte organisationnel, ajoutant ainsi un obstacle à son implantation.

6. Afin d'uniformiser la pratique de la méthode dans l'entreprise, il est nécessaire de l'imposer sur des projets pilotes afin de créer des représentants de la méthode en entreprise. Kim et al. (2003) propose un modèle d'approche organisationnelle en 3 temps dans laquelle la méthode sera acceptée par les gestionnaires, puis utilisée, avant que la performance de la méthode ne répande la pratique au sein de l'entreprise. L'imposer, au moins sur des projets pilotes en début d'implantation, permet donc de créer des porte-paroles de la méthode dans l'entreprise.

7. La communication des résultats de la méthode avec le client peut être à double tranchant. Lorsqu'un projet ne se passe pas comme prévu, un client bienveillant verra la courbe comme un outil d'aide à l'identification des problèmes afin d'atteindre les objectifs. Au contraire, un client plus sceptique verra la méthode comme un outil permettant de critiquer le gestionnaire. Les deux exemples pris par Bryde et al. (2018) illustrent bien cet enjeu : dans un premier exemple, communiquer les courbes de projet aura permis au client de

prendre connaissances des enjeux du projet, et donc d'adapter son financement aux difficultés rencontrées par le gestionnaire. Dans un deuxième exemple, le client se sera servi des courbes de projet afin de justifier la mauvaise performance du projet, et ainsi y mettre un terme à mi-projet.

8. Si l'on peut pratiquer une bonne gestion de projet sans l'EVM, on ne peut pas pratiquer efficacement l'EVM sans une bonne gestion de projet. Les entreprises souhaitant implanter la méthode doivent déjà avoir un niveau de maturité suffisant. En se basant sur une échelle de maturité à 5 niveaux, souvent utilisée en ingénierie, la méthode nécessite grossièrement une maturité de niveau 3, correspondant à une maîtrise des processus sur des ensembles de projet, et non de manière isolée. Les différents niveaux de maturité sont expliqués dans la section 4.3.2.
9. Afin que les données soient rapportées correctement, il est nécessaire que le personnel impliqué dans la mise en pratique de la méthode soit convaincu de son intérêt. Un employé sceptique quant à l'intérêt de la méthode risque d'être laxiste sur ce qu'il ne voit que comme des tâches supplémentaires permettant de critiquer son travail. Cette méfiance peut être dommageable pour la qualité d'implantation de la méthode, la qualité des données étant à la base d'une implantation réussie.

Après s'être intéressé aux bénéfices et facteurs de succès de la littérature, les considérations portant sur l'implantation de processus nécessaires à l'EVM peuvent être étudiées.

2.4.3 Démarche d'implantation de la méthode de gestion de la valeur acquise

Après une étude dédiée à la littérature scientifique, il est possible de remarquer qu'un enjeu majeur relatif à l'implantation a été oublié. En effet, seul l'article de Kim et al. (2003) s'intéresse à la résistance au changement, qu'il propose de prendre en compte en plusieurs étapes : après une phase d'acceptation de l'EVM, par exemple sur projet pilote, et son utilisation par des champions, c'est-à-dire des représentants de l'EVM au sein de l'entreprise, la performance qui en découle va pouvoir convaincre davantage de personnel. Ainsi, cela lancera une nouvelle vague d'acceptation au sein de l'entreprise, ce qui démontre la nature cyclique de cette résolution de la résistance au changement.

De plus, la littérature scientifique ne propose aucun séquencement de l'implantation, ou alors très partiellement. Certains modèles proposent de séparer l'implantation en étapes qui suivent la chronologie d'un projet (Fleming & Koppelman, 2006) :

1- définir la portée du projet;
2- assigner les responsabilités;
3- développer l'échéancier;
4- établir le budget;
5- déterminer les méthodes d'estimation de l'avancement;
6- établir le PMB;
7- suivre le Coût Réel;
8- analyser les données recueillies;
9- prévoir le Coût Réel du projet et prendre les mesures correctives; et
10- incorporer les changements dans le PMB.

Tous les découpages proposent une approche similaire, néanmoins les explications dans chaque étape sont simplistes et ne permettent pas l'établissement d'une stratégie d'implantation pour une entreprise.

Ainsi, la décision a été prise de se tourner vers la littérature d'implantation tournée vers les professionnels : les standards et normes.

2.5 Étude des standards existants

À l'issue des recherches, 4 standards d'implantation ont été identifiés :

- le standard américain de l'*American National Standards Institute* (ANSI) : « ANSI EIA-748 Earned Value Management Systems »;
- le standard du *Project Management Institute* (PMI) : « Practice Standard for Earned Value Management (Second Edition) »;

- le standard de l'*Australian Standard* (AS) : « AS 4817-2006, Project performance measurement using Earned Value »; et
- le standard de la norme de l'*International Organization for Standardization* (ISO) : « ISO 21508 :2018, Earned value management in project and programme management ».

Chacun des 4 standards sera présenté dans les sous-sections ci-dessous.

2.5.1 ANSI EIA-748 Earned Value Management Systems

Ce standard a été publié par l'*Electronic Industries Alliance* (EIA) et la *National Defense Industrial Association* (NDIA), pour être formellement adopté par le DoD en 1998. Le document est révisé tous les 5 ans par la *NDIA Integrated Program Management Division*. La dernière révision, nommée EIA-748-D date de janvier 2019. Son contenu est délibérément d'un haut niveau d'implantation, car son objectif est d'énoncer les qualités et les considérations opérationnelles d'un système de gestion utilisant la méthode, sans exiger de caractéristiques détaillées du système.

Il est composé de 32 critères, dont le respect est nécessaire à l'obtention de la conformité EIA-748. Ces critères sont divisés en 5 catégories :

- organisation : il s'agit des fondamentaux nécessaires à l'atteinte des objectifs du projet. Les critères permettent l'établissement d'un cadre de gestion de projet afin d'identifier le travail à accomplir, les responsables de l'avancée des travaux, et l'intégration de ces structures afin de faciliter le contrôle du projet;
- planification, ordonnancement et budgétisation : cette catégorie s'intéresse à l'atteinte du coût de projet, de l'échéancier et des spécifications techniques du projet. Cela comprend l'identification des ressources, l'intégration de la portée, durée et coût afin de former la référence à la mesure de performance et d'avoir la base de comparaison permettant le suivi du projet lors de son exécution;
- comptabilité : il s'agit de s'assurer que l'ensemble des coûts directs et indirects du projet sont comptabilisés de manière exhaustive et associés à la portée du projet correspondante. Ceci permettra une comparaison juste avec l'avancement réel du projet;

- rapports d'analyse et de gestion : cette rubrique se concentre sur la gestion des données recueillies afin de détecter tout signal précoce d'une déviation par rapport au PMB. Les critères établissent les exigences minimales afin de générer et analyser les variances en temps et en coût, ainsi que de prendre les mesures correctives nécessaires; et

- révisions et mises à jour des données : il s'agit de maintenir un PMB tout au long du projet. Les critères permettent d'incorporer au PMB les mesures correctives, tout en préservant son intégrité. Cela permet de s'assurer que le PMB reflète la réalité du projet tout au long de celui-ci.

Ce standard est composé de divers documents, dont principalement 2 guides :

- l'« Intent Guide », qui décrit pour chaque critère l'intérêt de gestion, l'intention, et les attributs typiques associés au respect de ce critère; et

- le « System Acceptance Guide », qui décrit principalement le processus d'obtention de la conformité EIA-748 plus qu'il ne décrit les processus à implanter. Il couvre aussi la documentation et les procédures à utiliser.

Ce standard fut repris par l'*American Association of Cost Engineering* (AACE) qui publie sa version sous le titre « Earned Value Management (EVM) – Overview and Recommended Practices Consistent with EIA-748-C » (no. 82R-13). En plus de mettre en forme les 32 critères du standard ANSI en y ajoutant une description et les attributs types pour chacun d'entre eux, l'AACE propose un résumé de quelques pages sur les bonnes pratiques cohérentes avec le standard.

2.5.2 Practice Standard for Earned Value Management (Second Edition)

Ce standard a été proposé par le PMI (Project Management Institute) en 2005. Il a depuis été adopté par de nombreux gestionnaires, sans doute grâce à une approche moins rigide que son homologue américain. Il a été mis à jour en 2011, puis plus récemment en décembre 2019, avec certains ajouts sur la gestion des portefeuilles de projet. En complément du référentiel PMBoK (Project Management Body Of Knowledge) publié par le même organisme, ce standard propose une compréhension des principes fondamentaux de la méthode et de son rôle dans le domaine de la gestion de projet.

Après une introduction sur l'objectif du document, ses relations avec le PMBOK et les hypothèses de travail, le standard du PMI revient sur les concepts de base de la méthode de la valeur acquise ainsi que certains bénéfices liés à son usage.

Ensuite, contrairement au standard EIA-748, le standard du PMI offre une découpe en chapitre similaire aux étapes d'implantation citées dans la section 2.4.3. Chacun de ces chapitres contient :

- une introduction, soulignant l'intérêt du chapitre dans l'implantation de la méthode;
- des entrées, afin de donner une liste de prérequis à la mise en place des recommandations du chapitre;
- une description des recommandations à implanter dans le chapitre;
- des sorties, issues de la transformation des entrées par les recommandations du chapitre;
- des considérations, pour permettre la bonne réalisation des processus décrits plus haut; et
- un résumé, afin de rappeler ce qui a été réalisé dans le chapitre.

En plus de ces chapitres qui constituent le protocole d'implantation du standard, se trouvent des annexes. Les plus notables concernent la méthode d'ES, la gestion du risque et de la contingence, et les recommandations et pièges à éviter en ce qui concerne les bonnes pratiques de la méthode.

2.5.3 AS 4817-2006, Project performance measurement using Earned Value

La première version du standard australien sur la méthode a été publié en 2003, pour être remplacée par celle de 2006, dont la dernière révision date de 2016. Son objectif est d'établir des exigences et de donner des orientations sur le rendu de performance en coût et en temps.

Après une introduction du standard et de la méthode, le document évoque rapidement les notions de bases de la méthode. Ensuite, comme pour le standard du PMI, les chapitres sont répartis selon les étapes d'implantation classiques de la méthode. Dans chacun de ces chapitres se trouve :

- une brève introduction de l'étape;
- des conditions de mise en place de l'étape; et
- des conseils de réalisation des conditions.

Les annexes se concentrent sur la mesure et l'analyse de la performance du projet, ainsi que les figures classiques de la méthode et leur interprétation.

2.5.4 ISO 21508 :2018, Earned value management in project and programme management

Publié en 2018, ce standard est proposé par l'ISO. Dans sa forme et son contenu, ce document est quasiment identique au standard australien : les recommandations des étapes d'implantation sont les mêmes, rarement reformulées. L'ajout de quelques figures et d'une annexe sur l'ES a toutefois été réalisé.

2.6 Revue critique

La littérature scientifique propose un état complet des éléments gravitant autour de l'implantation : bénéfices, mises en garde, facteurs de succès et barrières sont autant d'éléments récurrents dans les articles trouvés. Ils permettent de mieux maîtriser les enjeux liés à l'implantation de l'EVM, tant sur les causes que sur les conséquences d'implantation attendues. Néanmoins, peu d'articles proposent une démarche d'implantation supportant l'amélioration des processus nécessaires à la méthode, et ces articles n'abordent que vaguement les recommandations d'implantation nécessaires aux entreprises. Les standards viennent pallier ce manque de contenu en proposant des recommandations prescriptives et ciblées sur les processus des entreprises.

En comparant les trois principaux standards de la section 2.5 (la norme ISO étant exclue car similaire à l'AS 4817), le standard australien apparaît comme le plus concret et explicite dans la démarche d'implantation. Ce dernier est le plus prescriptif dans ses recommandations, mais l'intention est parfois peu claire. Il est donc adapté à des entreprises ayant une faible maturité et souhaitant implanter la méthode traditionnelle. Il est aussi le plus pédagogique grâce à ses nombreuses figures et ses conseils d'interprétation.

Quant à lui, le standard américain est le moins accessible, et se concentre sur les procédures et la documentation permettant l'obtention de la conformité EIA-748. Finalement, ce standard semble être plus adapté à l'évaluation d'une entreprise ayant déjà mis en place la méthode, plutôt qu'à une entreprise désirant l'implanter.

Enfin, le standard du PMI est le plus complet, tant dans ses considérations sur les processus que dans les mises en garde et recommandations de ses annexes, véritable mine d'or d'informations sur les bonnes pratiques d'utilisation de la méthode. Toutefois, il est peu explicite et manque d'exemples, ce qui peut s'avérer moins convivial pour certains praticiens peu expérimentés avec la méthode.

Par ailleurs, même si les standards couvrent une grande partie des problématiques d'implantation, il existe certaines zones d'ombre dans ces documents : seuls le standard du PMI et le document de l'AACE abordent les bonnes pratiques. Or, les bonnes pratiques expliquent l'utilisation des outils issus des recommandations, et sont donc primordiales quant à la réussite de l'implantation de la méthode. En outre, les bonnes pratiques du PMI et de l'AACE vont plus souvent décrire une problématique qu'apporter une solution. Les deux standards se contredisent également sur certaines enjeux clés de l'implantation, comme par exemple la gestion de la contingence.

De plus, les standards ne distinguent pas les recommandations permettant d'implanter un outil, qui sont donc uniques, ou les recommandations relatives à l'utilisation d'un outil, et donc répétées à chaque cycle de gestion du projet. Il est toutefois sans doute possible d'interpréter qu'une recommandation concernant l'utilisation d'un outil sous-entend son implantation au sein des processus de l'entreprise, et inversement.

Une autre faiblesse des standards consiste en leur approche trop générale sur la modification des processus de gestion de projet. Afin de pouvoir toucher le plus grand nombre d'entreprises et de gestionnaires, les recommandations sont souvent vagues et très variées : des considérations d'une maturité très faible sont parfois suivies par d'autres à la maturité beaucoup plus élevée, ce qui semble inadapté au cas réel d'une entreprise désirant implanter la méthode. Cette absence de prise en compte de la maturité des entreprises rend donc le standard difficilement utilisable.

En outre, les standards sont principalement découpés selon les différentes étapes d'implantation de la méthode énoncées en section 2.4.3. Toutefois, ce séquencement n'est pas nécessairement adapté au type d'implantation souhaité. Une entreprise voulant optimiser par exemple la gestion de ses coûts indirects devra donc chercher des solutions dans l'intégralité des chapitres du standard, ce qui montre un manque d'adaptabilité aux besoins des entreprises.

Dans le cadre de l'implantation de la méthode et donc de l'amélioration de processus, l'approche de Zellner (2011) est proposée. Même si son modèle ne porte pas spécifiquement sur l'EVM,

Zellner (2011) remarque qu'en termes d'amélioration de processus, la plupart des approches se concentre sur ce qui précède et ce qui suit l'amélioration, et non l'acte d'amélioration en soi. Il propose donc un modèle d'évaluation de ces procédures, permettant de déterminer si elles respectent bien les éléments obligatoires à une méthode (MEM – *Mandatory Elements of a Method*). Une méthode se caractérise comme une structure systématique permettant l'atteinte d'objectifs définis grâce aux 5 éléments suivants :

- un modèle de procédure : ordre d'activités à respecter lors de l'emploi de la méthode;
- des techniques : manières de générer des résultats, supportent une activité;
- des résultats : composants créés par une activité;
- des rôles : responsables des activités les menant à bien; et
- un modèle d'information : représentation des 4 éléments précédents et leurs relations entre eux.

Chaque élément va supporter l'amélioration de processus. Le modèle de procédure va permettre d'articuler les différentes étapes entre elles et d'apporter une structure trop souvent négligée par les standards. Ce séquencement permet de savoir ce qui doit être réalisé et dans quel ordre. La notion de responsabilité vient ensuite, avec l'attribution des rôles. Les techniques et résultats permettent d'identifier ce qui doit être réalisé, et de quelle manière. Le modèle d'information permet de synthétiser les éléments précédents et de permettre une visualisation des résultats et de leurs interactions.

Dans le cas de l'implantation de la méthode, le respect de ces différents éléments par les standards semble souhaitable : ils ont pour vocation d'être une approche répétable de modification des processus en entreprise.

Le Tableau 2.7 synthétise l'évaluation des différents éléments appliqués aux 4 standards cités précédemment.

Tableau 2.7 Évaluation des standards selon la méthode MEM

Standards	Constituants obligatoires d'une méthode selon Zellner (2011)				
	Modèle de procédure	Techniques	Résultats	Rôles	Modèle d'information
PMI	~	✓	✓		
EIA-748		✓	✓		
AS 4817	~	✓			
ISO 21508	~	✓			

Le standard du PMI et le standard australien (et donc celui de l'ISO) proposent à peu près le même séquencement d'étapes présenté en section 2.4.3. Cependant, ce n'est pas un modèle de procédure, car il s'agit des différentes étapes à respecter pour appliquer la méthode sur projet. Aucune mention n'est faite de l'obligation de respecter cet ordre lors de l'implantation, il est donc difficile de savoir s'il est sous-entendu que l'ordonnancement sur projet doit correspondre à celui d'implantation. Les activités sont bien présentes, mais le respect d'un ordre est discutable.

2.7 Conclusion

Les notions de base de l'EVM, éprouvées par 50 ans de pratique dans l'industrie, ont été documentées et améliorées sans relâche au fil du temps. Il est toutefois apparent que les praticiens n'ont pas pu suivre le rythme effréné de son évolution théorique. L'écrasante majorité des articles de la recherche effectuée se concentre sur les bénéfices et les facteurs de succès liés à l'implantation de la méthode. Rares sont ceux qui s'intéressent à la modification des processus nécessaires à l'implantation. Même si les standards apportent une première partie de solution par la qualité et la pertinence du contenu proposé, ils ne permettent pas de répondre aux différentes problématiques d'implantation énoncées dans l'analyse de la revue ci-dessus : la prise en compte de la maturité, le séquencement stratégique, et la structure de méthode MEM. Établir une nouvelle méthode, basée sur l'existant et dont la structure permettra une prise en compte des faiblesses actuelles, semble tout indiqué.

CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

3.1 Introduction

Ce chapitre vise à présenter la méthodologie de recherche utilisée. Il s'intéresse tout d'abord à la problématique du projet et aux objectifs de recherche, avant de détailler la méthodologie.

Une précision sur les termes employés dans ce chapitre semble nécessaire : le terme « Méthodologie » désignera ici la méthodologie de recherche, alors que le terme « Méthode » désignera la méthode d'implantation de l'EVM développée au Chapitre 4 et qui constitue la contribution principale de cette recherche.

3.2 Objectifs de recherche

L'EVM est un outil stratégique pour les entreprises, dont les bonnes pratiques, tout comme le principe de base ou les méthodes d'estimation, ont été enrichies avec le temps. Néanmoins, la thématique d'implantation a jusqu'à présent peu intéressé la communauté scientifique; de même, tel qu'énoncé dans la section 2.6, la structure proposée par les standards n'est pas adaptée à la réalité des entreprises. La problématique de ce projet est donc centrée sur les difficultés que rencontrent les entreprises lors de l'implantation de l'EVM. Ces difficultés sont amplifiées par l'absence de démarche prescrite dans la littérature, et par un manque d'adaptabilité des standards existants envers les pratiques ainsi que les besoins et contraintes des entreprises.

L'objectif de ce projet de recherche, découlant de ce constat, est donc de développer une méthode d'implantation de la méthode de gestion de la valeur acquise en entreprise.

À partir de la revue critique de la section 2.6, la méthode devra prendre en compte les 3 éléments suivants :

1. respecter les 5 éléments obligatoires de la MEM;
2. prendre en compte la maturité des entreprises; et
3. permettre une distinction de stratégie à l'entreprise.

3.3 Méthodologie de recherche

Ce projet propose d'intégrer le contenu des standards existants avec une approche d'analyse de l'existant, d'établissement et d'analyse de stratégie. La méthode permettra aux industriels de sélectionner les modifications sur les processus adaptées à la maturité et à la vision de leur entreprise.

Le choix du type de méthodologie est ici limité par la durée du projet de maîtrise. En effet, l'implantation puis le test sur projet réel de la méthode dépassent largement le temps imparti. De plus, la qualité d'implantation est tributaire de nombreux facteurs pouvant influencer l'applicabilité de la méthode : les ressources et les compétences en place, l'acceptation de l'EVM, etc. Toutes ces contraintes peuvent mettre à mal l'emploi de méthodologies de recherches qualitatives expérimentales collaboratives, comme la recherche-action ou la recherche- intervention.

Dans un tel contexte, le choix se porte sur une méthodologie mixte de type empirique et expérimentale nommée DRM (*Design Research Methodology*) et proposée par Blessing et Chakrabarti (2009). Cette méthodologie a été choisie à de nombreuses reprises par la communauté scientifique (Trauer et al., 2020 ; Putro & Rionaldy, 2019 ; Dewi & Setiawan, 2019).

La méthodologie DRM est constituée de 4 étapes :

- La 1ère étape de la DRM consiste en une clarification de la recherche. Celle-ci a déjà été réalisée au Chapitre 2 lors de la revue de littérature sur l'implantation de l'EVM en entreprise. Elle a permis de faire un état des connaissances actuelles sur le sujet, d'identifier les lacunes et donc les possibles contributions de ce travail de recherche : ce travail porte donc sur le développement d'une méthode supportant les entreprises dans leur implantation de l'EVM;
- La 2ème étape de la DRM consiste en une 1ère étude descriptive. Désormais, le sujet est défini, et le chercheur a un objectif clair à accomplir. Le partenaire industriel de ce projet est une entreprise de construction canadienne souhaitant implanter l'EVM. Il s'agit donc d'une phase d'observation et d'analyse en entreprise, afin de déterminer les besoins et contraintes du partenaire. Elle permet aussi de confronter la littérature académique à la réalité des entreprises, et de faire prendre du recul au chercheur sur les connaissances accumulées lors de la revue. Elle permet également de confirmer les lacunes des solutions

existantes mises en avant dans la section 2.6, et donc de confirmer l'intérêt des futures contributions pour l'entreprise;

- La 3ème étape de la DRM consiste en une étude normative. Le modèle est développé dans cette étape. Différentes phases et activités vont structurer la méthode permettant d'implanter l'EVM selon les besoins et contraintes de l'entreprise partenaire. Ce modèle essayera de répondre aux lacunes de la revue de littérature, tout en étant modifié de manière itérative par les résultats issus des études descriptives; et
- La 4ème étape de la DRM consiste en une seconde étude descriptive : le modèle est appliqué sur le cas du partenaire, et sa faisabilité est testée.

Un des intérêts majeurs de cette méthodologie est sa capacité à revenir aux étapes antérieures : l'identification des besoins et contraintes peut demander une exploration plus poussée du chercheur dans la littérature, ce que la DRM permet. De même, un obstacle rencontré lors du cas applicatif peut entraîner des modifications sur le modèle développé lors de l'étude normative. La Figure 3.1 illustre la méthodologie DRM.

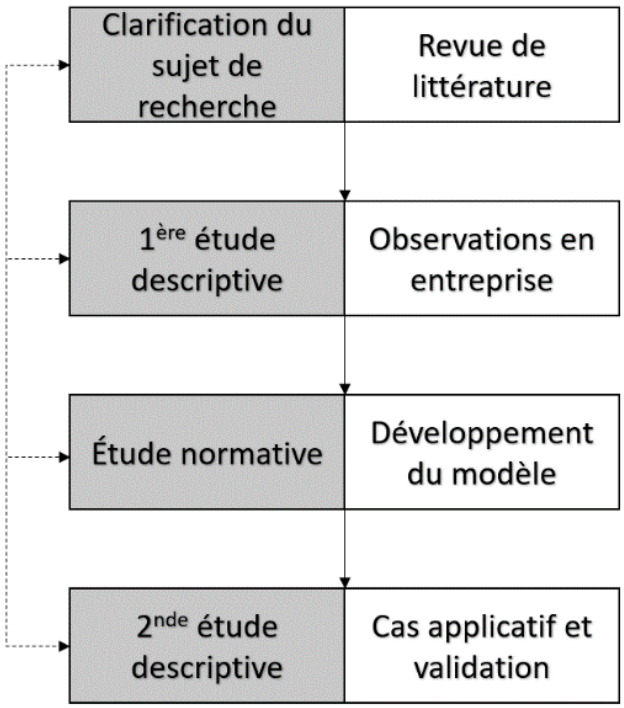

Figure 3.1 Méthodologie DRM

Ce projet de recherche emploie donc la méthodologie DRM, à une nuance près. En effet, tous les éléments cités dans la 1ère étude descriptive font partie intégrante d'une des phases de la méthode d'implantation présentée au Chapitre 4. Ainsi, elle fait déjà partie du cas applicatif de la méthode. Par conséquent, la 1ère étude descriptive de ce projet consistera aux 2 études descriptives décrites ci-dessus, excepté la validation du modèle, qui correspondra à la seconde étude descriptive.

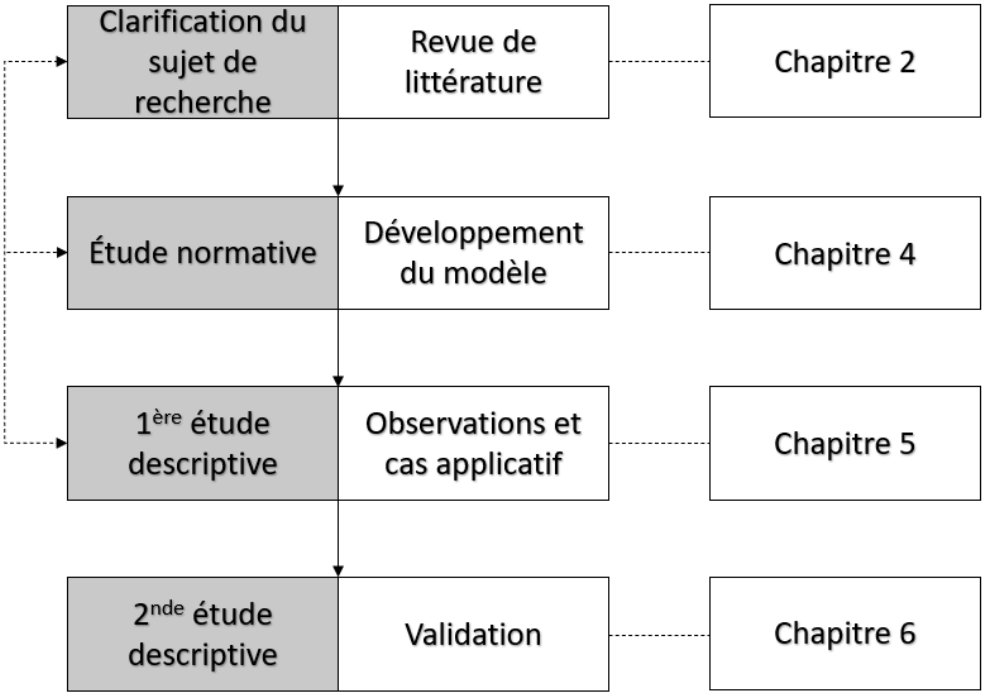

Figure 3.2 Méthodologie de recherche utilisée

3.4 Conclusion

La méthodologie de recherche utilisée, la DRM, a donc été présentée dans ce chapitre. Le contenu de chacune de ses phases permettra l'atteinte des différents objectifs issus du constat de la revue de littérature, qui constitue la 1ère étape de la méthodologie, présentée au Chapitre 2. Le chapitre suivant s'intéressa quant à lui à l'étude normative, c'est-à-dire le développement de la méthodologie d'implantation. Ensuite, le Chapitre 5 proposera l'application de la méthode chez le partenaire industriel, qui correspond à la 1ère étude descriptive. Enfin, le Chapitre 6 présentera la validation du travail effectué.

CHAPITRE 4 DÉVELOPPEMENT DE LA MÉTHODE

4.1 Introduction

Ce chapitre porte sur le développement de la méthode dont l'objectif est de guider l'implantation de l'EVM en proposant un protocole d'activités permettant la création de stratégies adaptées au contexte de l'entreprise.

À titre de rappel des caractéristiques de la MEM exposées précédemment, rappelons que la méthode doit respecter cinq éléments essentiels (objectif n°1 de la section 3.2) : un modèle de procédure, des techniques, des résultats, des rôles et un modèle d'information. Ainsi, la section 0 présentera le modèle de procédure, le modèle d'information, les rôles et les techniques de la méthode. Chacune des activités sera ensuite expliquée dans la section 4.3, avec ses entrées et ses sorties.

Le terme « méthode » sera employé dans ce chapitre pour désigner la méthode d'implantation développée, contrairement au terme « EVM » qui désignera la méthode de gestion de la valeur acquise.

La méthode se divise en trois phases :

1. l'analyse de l'existant : elle a pour objectif d'identifier les pratiques existantes dans l'entreprise afin de répondre à la prise en compte de la maturité (objectif n°2 de la section 3.2);
2. l'établissement des stratégies de déploiement : en se basant sur l'état de l'entreprise, les standards sont étudiés afin d'identifier les recommandations pertinentes dans le but de répondre aux attentes de l'entreprise (objectif n°3 de la section 3.2); et
3. l'analyse des stratégies : après avoir fait un état des processus de l'entreprise, il est nécessaire d'étudier les modifications que les recommandations vont avoir sur ces derniers. Cette phase est directement issue de l'emploi de la DRM, et notamment des itérations entre le développement du modèle et le cas applicatif chez le partenaire. En effet, la nécessité de visualiser et d'estimer l'impact des modifications apportées aux processus a abouti à la création de cette phase.

4.2 Structure de la méthode

Le modèle de procédure de la méthode, c'est-à-dire les liens logiques entre les activités, est proposé à la Figure 4.1. Chaque phase de la méthode ainsi que les activités qui les constituent y sont représentées. Le Tableau 4.1 regroupe les entrées et sorties du modèle par activité, dont les définitions sont données dans les sections 4.3.2, 4.4.2 et 4.5.2, correspondant chacune à une phase différente de la méthode. Le Tableau 4.2 donne les rôles et techniques correspondant à chacune des activités de la méthode

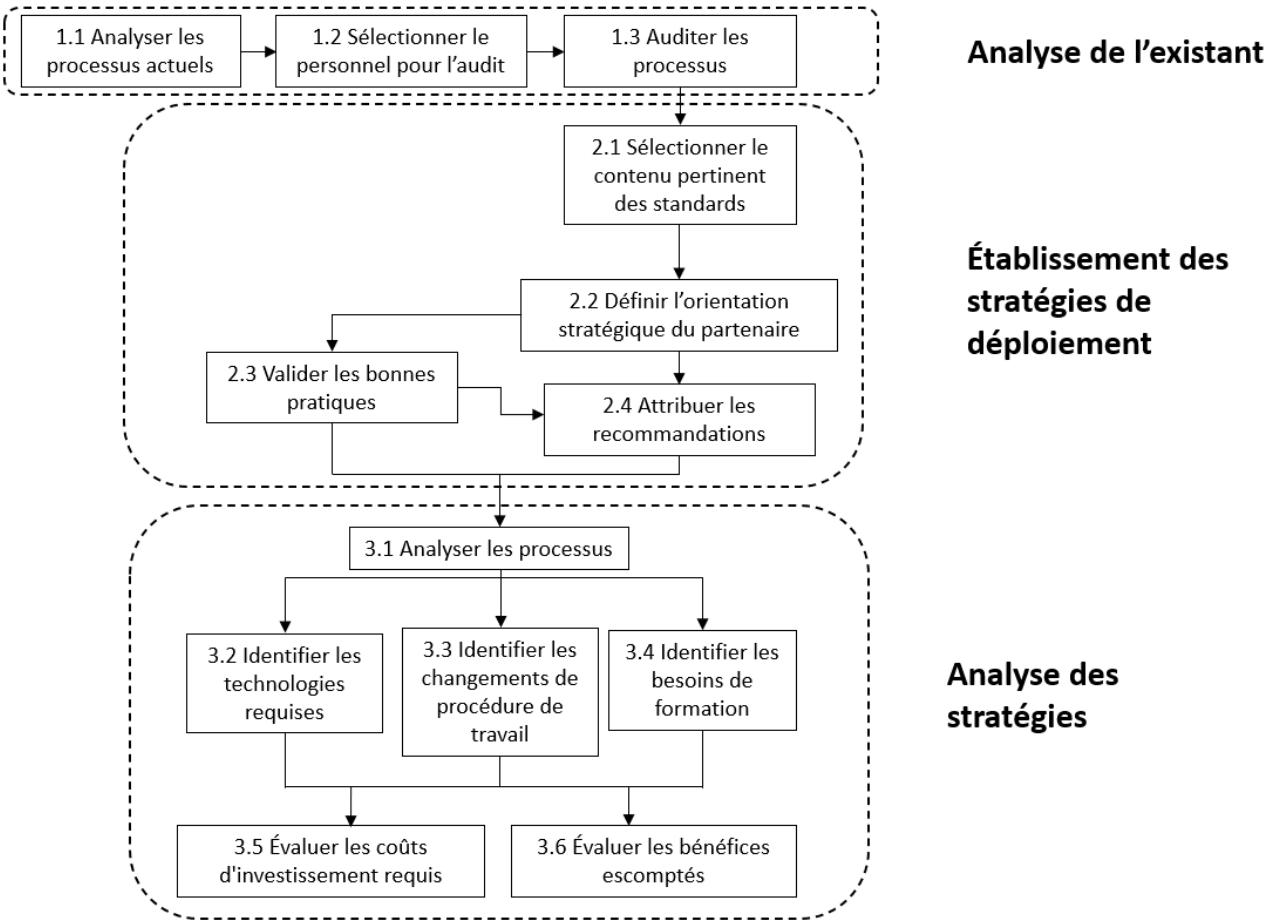

Figure 4.1 Modèle de procédure de la méthode

Tableau 4.1 Table d'entrées et sorties par activité

Activités	Entrée(s)				Sortie(s)	
1.1					Cartographie T_0	
1.2	Cartographie T_0	Grille d'évaluation des processus			Plan d'audit	
1.3	Plan d'audit	Grille d'évaluation des processus			Maturité T_0 (grille d'évaluation des processus et donc radar)	
2.1	Standards existants (PMI, AS4817, 82R-13)	Cartographie T_0	Maturité T_0		Recommandations pertinentes pour le partenaire	Bonnes pratiques des standards
2.2	Contraintes ressources	Vision du partenaire	Implantations T_i antérieures	Recommandations pertinentes pour le partenaire	Plan de stratégie T_i	
2.3	Bonnes pratiques des standards	Entrevues experts	Plan de stratégie T_i		Bonnes pratiques validées	
2.4	Recommandations pertinentes pour le partenaire	Bonnes pratiques validées	Plan de stratégie T_i		Recommandations T_i	
3.1	Recommandations T_i	Grille d'évaluation des processus	Bonnes pratiques validées	Cartographie T_{i-1}	Cartographie T_i	
3.2	Cartographie T_i				Technologies requises T_i	
3.3	Cartographie T_i				Changements procédure de travail T_i	
3.4	Cartographie T_i				Besoins de formation T_i	
3.5	Technologies requises T_i	Changements procédure de travail T_i	Besoins de formation T_i		Coût d'investissement requis T_i	
3.6	Technologies requises T_i	Changements procédure de travail T_i	Besoins de formation T_i	Recommandations T_i	Bénéfices escomptés T_i	Maturité T_i

Tableau 4.2 Rôles et techniques des activités du modèle

Activités	Rôles			Techniques
1.1	Interne	Réalisateur		Business Process Modeling
1.2	Interne	Réalisateur (optionnel)		Sélection
1.3	Interne	Réalisateur	Externe	Discussion
2.1	Réalisateur			Sélection
2.2	Interne	Réalisateur		Discussion
2.3	Externe	Réalisateur		Discussion
2.4	Réalisateur			Sélection
3.1	Réalisateur			Business Process Modeling
3.2	Réalisateur			Analyse de cartographie
3.3	Réalisateur			Analyse de cartographie
3.4	Réalisateur			Analyse de cartographie
3.5	Réalisateur			Analyse de cartographie
3.6	Réalisateur			Analyse de maturité et cartographie

Les rôles seront divisés selon 3 catégories :

1) membre réalisateur : il s'agit des personnes appliquant la méthode à l'entreprise.
2) membre interne : ce rôle concerne les référents de l'entreprise aidant le membre réalisateur à mettre en œuvre la méthode. Ils ont une connaissance globale des processus de suivi de projet de l'entreprise.
3) membre externe : il s'agit des personnes-ressources n'ayant pas d'impact direct sur la réalisation de la méthode. Il peut par exemple s'agir d'experts extérieurs à l'entreprise, ou du personnel du partenaire audité.

Afin de faciliter la phase d'analyse de l'existant, il est préférable qu'au moins un des membres réalisateurs soit également un membre interne. Chaque rôle peut concerner une seule ou plusieurs personnes.

4.3 Phase 1 : Analyse de l'existant

4.3.1 Activités

Les intentions derrière chaque activité sont présentées ci-dessous.

Phase 1 : Analyse de l'existant.

Cette phase consiste à comprendre les pratiques de l'entreprise afin de pouvoir par la suite établir des stratégies et des recommandations adaptées à sa maturité. L'état actuel de l'entreprise sera nommé par la suite état T_0.

1.1 Analyser les processus actuels : cette activité a pour objectif d'identifier le processus de réalisation de projet de l'entreprise. Elle vise notamment à identifier les responsables des différentes activités. Elle n'a pas d'entrée, car ce sont les membres internes, à l'appui de leurs connaissances sur les processus de l'entreprise, qui mettront en place la modélisation du processus d'affaires (BPM – *Business Process Modeling*) du processus de gestion de projet. Le terme cartographie sera utilisé dans la suite du document afin d'évoquer cette modélisation.

1.2 Sélectionner le personnel pour l'audit : elle consiste en la sélection du personnel qualifié pour chacun des critères de la grille d'évaluation des processus. Avoir cartographié précédemment les processus facilitera grandement la réalisation de cette activité.

1.3 Auditer les processus : chaque personnel identifié à l'étape précédente sera interrogé afin d'évaluer la maturité de l'entreprise selon les critères du 82R-13, synthèse de l'AACE du standard américain introduite en section 2.5.1, sur lesquels il a été jugé compétent. Cependant, l'information essentielle n'est pas ici le niveau de maturité du critère en soi, mais plutôt la justification que donnera le répondant. En effet, sans la demande d'attribution d'un niveau de maturité, le répondant ne donnerait qu'une réponse binaire suggérée par la structure initiale du 82R-13. Rajouter cette notion permet d'avoir une meilleure qualité de réponse et donc une connaissance des processus plus exhaustive qui permettra un meilleur tri des recommandations en phase 2.

4.3.2 Entrées et sorties

Cette section vise à expliquer les différents intrants et extrants utilisés dans la méthode. Si un élément n'a pas d'antécédent, c'est qu'il n'a pas été réalisé par une activité et fait donc partie intégrante de la méthode. Si un élément présenté en phase 1 réapparaît dans les phases suivantes, il ne sera pas à nouveau expliqué.

La Figure 4.2 présente donc les entrées et sorties de la phase 1 de la méthode. Après avoir cartographié les processus T_0 de l'entreprise, la grille d'évaluation va permettre de définir le plan d'audit. Après avoir audité les processus de l'entreprise, la maturité T_0 pourra être établie.

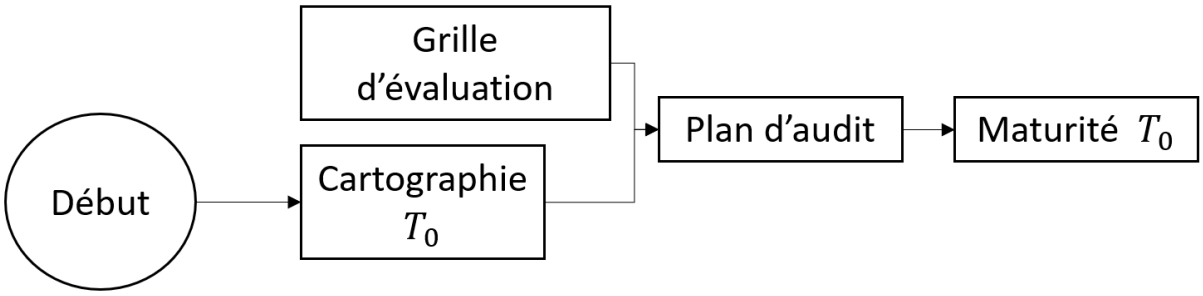

Figure 4.2 Diagramme d'interrelations d'entrées et sorties de la phase 1.

Cartographie T_0 : ce document permet de représenter les processus de réalisation de projet. Les principales étapes d'implantation des standards de la section 2.4.3 démontrent que l'implantation de la méthode ne concerne pas uniquement le suivi de projet, mais aussi la planification ou encore

l'estimation. Les différents rôles au sein de l'entreprise doivent apparaître afin de faciliter l'établissement du plan d'audit.

Grille d'évaluation : ce document reprend les 32 critères du 82R-13, en y apportant la notion de maturité : une des faiblesses du 82R-13 consiste en ses recommandations très binaires en termes d'implantation. Afin d'avoir une meilleure qualité d'évaluation, l'audit des processus est réalisé avec une approche de niveau de maturité. Ainsi, chaque répondant donnera aux critères concernés une note de 1 à 5, échelle fortement répandue en ingénierie (Lukas, 2008). Chacun des niveaux correspond à :

- Niveau 1 : Élément non-réalisé ou de manière chaotique;
- Niveau 2 : Élément réalisé sur des projets isolés, pas de cohérence entre les différents projets;
- Niveau 3 : Élément réalisé sur de multiples projets, où des bonnes pratiques de l'élément se dégagent;
- Niveau 4 : Élément standardisé dans l'intégralité de l'entreprise; et
- Niveau 5 : Élément optimisé en amélioration continue.

Plan d'audit : ce document consiste à attribuer à chacun des critères du 82R-13 un ou plusieurs répondants jugés compétents grâce à la cartographie T_0 . Tous les critères doivent pouvoir être évalués.

Maturité T_0 : il s'agit de la grille d'évaluation complétée à la suite de l'audit des processus de l'entreprise. Elle prend la forme d'un diagramme radar.

4.4 Phase 2 : Établissement des stratégies de déploiement

Cette phase consiste à développer les stratégies d'implantation de l'entreprise et vise donc à définir ce que l'entreprise souhaite faire et comment y parvenir.

4.4.1 Activités

2.1 Sélectionner le contenu pertinent des standards : après avoir étudié les pratiques de l'entreprise, l'étape suivante consiste à sélectionner dans le contenu des standards les recommandations pertinentes, l'état T_0 permettant d'identifier les recommandations potentiellement utiles. Il serait possible de critiquer le fait que cette sélection ait lieu avant la définition des stratégies. Toutefois, cela permettra ensuite d'alimenter la discussion avec les possibilités offertes par les standards. Ainsi, on s'assure que l'entreprise ne rate pas d'opportunités d'implantation.

2.2 Définir l'orientation stratégique du partenaire : l'entreprise définit ce qu'elle attend de l'implantation. Celle-ci n'a pas forcément à être unique et l'entreprise peut définir des états $T_1, T_2, \dots, T_n$. Ces stratégies seront établies en fonction des contraintes et des ressources qui lui sont allouées. Comme énoncé dans l'activité précédente, l'étude du contenu des standards permettra d'identifier les opportunités afin d'appuyer la vision de l'entreprise.

2.3 Valider les bonnes pratiques : les manques de précision et incohérences des standards amènent à un besoin d'information supplémentaire sur la mise en pratique de la méthode. De plus, des spécificités existent en fonction du type d'industrie : il s'agit donc de passer des entrevues avec des praticiens du même type d'industrie que celui de l'entreprise. Si une des stratégies visent à mettre en place des éléments qui ne sont pas cités par les standards, cette activité permet aussi de prendre connaissance de l'avis d'autres entreprises du même secteur à ce sujet.

2.4 Attribuer les recommandations : en s'appuyant sur les recommandations identifiées précédemment, ces dernières sont attribuées aux différentes stratégies $T_1, T_2, \dots, T_n$. Le processus de sélection se fait donc en prenant en compte les stratégies identifiées, mais aussi les bonnes pratiques validées par les professionnels, les retours pouvant influencer la pertinence de certaines recommandations.

4.4.2 Entrées et sorties

La Figure 4.3 propose les entrées et sorties de la phase 2 de la méthode. À l'aide de la cartographie et de la maturité T_0, ainsi que des standards existants, les recommandations et bonnes pratiques peuvent être sélectionnées. En parallèle, les stratégies de l'entreprise peuvent être définies en définissant les contraintes et la vision du partenaire. Enfin, les entrevues avec les experts du secteur

de l'entreprise permettront de valider les bonnes pratiques, pour ensuite attribuer les recommandations pertinentes à chacune des stratégies.

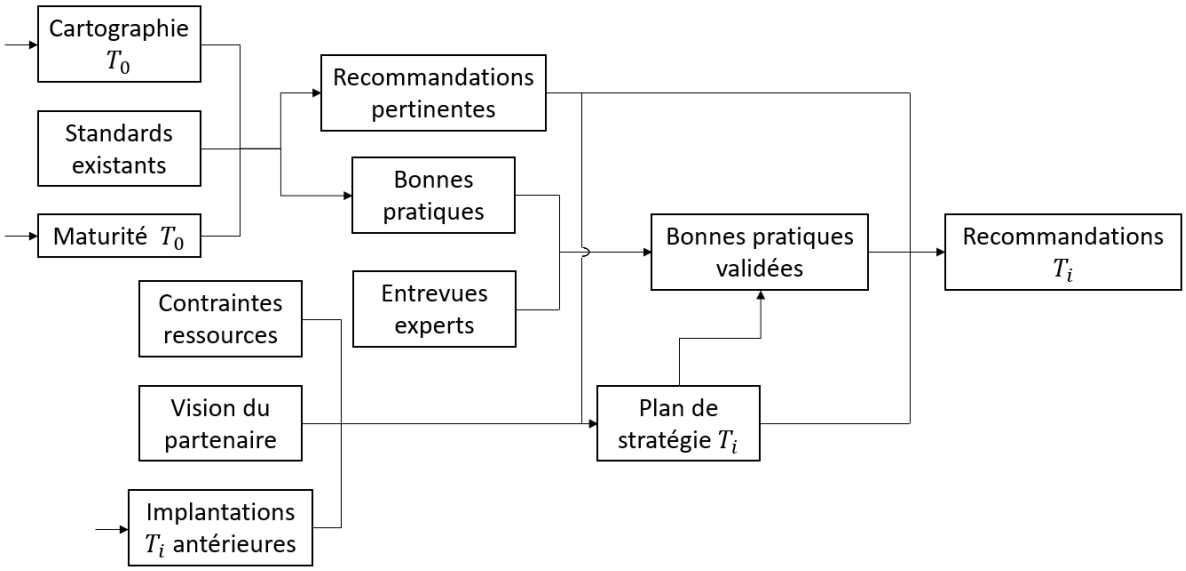

Figure 4.3 Diagramme d'interrelations d'entrées et sorties de la phase 2.

Standards existants : il s'agit des trois standards identifiés dans la section 2.5 de la revue de littérature (PMI, AACE et AS). Le standard de la norme ISO est exclu, car identique au standard australien.

Contraintes ressources : cet élément correspond aux contraintes de l'entreprise concernant l'implantation du projet. Budget, allocation de personnel ou encore temps disponible limités, de nombreuses contraintes sont à prendre en compte afin d'établir des stratégies adaptées à l'entreprise.

Vision du partenaire : les besoins du partenaire doivent être définis afin d'établir des stratégies pertinentes. Implantation partielle, ajout technologique, ces besoins auront une influence directe sur les stratégies.

Recommandations pertinentes : il s'agit du contenu des standards sélectionné grâce à la connaissance de l'état T_0 de l'entreprise.

Bonnes pratiques : ce document rassemble les différentes méthodes et conseils d'application de la méthode. Là où les recommandations sont très prescriptives, les bonnes pratiques le sont beaucoup moins et relèvent plus de la discussion et de l'expérience de terrain.

Entrevues experts : il s'agit des rencontres avec des professionnels de l'EVM du même secteur que celui de l'entreprise.

Plan de stratégie T_i : il synthétise les différentes stratégies d'implantation choisies par l'entreprise. Même s'il est possible à l'instant T_0 d'établir les stratégies $T_1, T_2, \dots, T_n$, la méthode laisse la possibilité de redéfinir les stratégies suivantes à chaque itération en fonction de la réalité des implantations T_i antérieures. Les recommandations pertinentes constituent également un intrant, car elles peuvent permettre d'élargir la vision du partenaire en proposant des opportunités permises par les standards.

Bonnes pratiques validées : il s'agit des bonnes pratiques des standards corrigées ou validées par les professionnels.

Recommandations T_i : ce document énonce les recommandations nécessaires à la mise en place de la stratégie T_i. Il se base sur les recommandations pertinentes, tout en prenant en compte la stratégie T_i ainsi que les bonnes pratiques validées : en effet, une correction de la part des professionnels peut amener à remettre en cause les recommandations ou la stratégie définie.

4.5 Phase 3 : Analyse des stratégies

Avant de procéder à l'implantation de la stratégie T_i, l'entreprise doit pouvoir évaluer l'impact qu'elle aura sur l'entreprise. Ensuite, elle pourra prendre la décision de valider ou non sa mise en place.

4.5.1 Activités

3.1 Analyser les processus : cette activité consiste à cartographier les processus de l'entreprise à l'état T_i, à partir de l'état précédent T_{i-1}.

3.2 Identifier les technologies requises : il s'agit de prendre en considération les changements matériels demandés par l'état T_i. Logiciel de gestion, ERP (*Entreprise Resource Planning*), ou encore drone, cette activité permet de s'adapter aux différents besoins afin de ne pas restreindre la portée de l'orientation stratégique de l'entreprise.

3.3 Identifier les changements de procédures de travail : de même, après avoir pris en compte les changements matériels, les changements sur les processus vont remettre en cause certaines pratiques de l'entreprise, en supprimant, modifiant, ou ajoutant des tâches.

3.4 Identifier les besoins de formation : enfin, les changements au niveau humain sont à prendre en compte. Cela peut passer par une formation du personnel ou encore du recrutement.

3.5 Évaluer les coûts d'investissement requis : le coût nécessaire à l'implantation de la stratégie T_i est évalué à partir des coûts engendrés par les trois activités précédentes. L'entreprise pourra donc se rendre compte du coût nécessaire pour la mettre en place, ainsi que le coût à chaque cycle d'utilisation.

3.6 Évaluer les bénéfices escomptés : afin de justifier la dépense de l'activité précédente, il est essentiel de représenter l'apport de la stratégie à l'entreprise. Meilleure précision de l'EVM, gain de temps dans le processus de suivi, meilleure estimation des tâches ou encore gain de maturité, cette étape permet de présenter les bénéfices afin de valider ou non l'implantation de la stratégie.

4.5.2 Entrées et sorties

La Figure 4.4 propose les entrées et sorties de la phase 3 de la méthode. À l'aide de l'ensemble des livrables de la phase précédente, les cartographies T_i peuvent être réalisées afin d'identifier les technologies requises, changements de procédures de travail et besoins de formation des stratégies correspondantes. À leur tour, ils permettront d'estimer les coûts d'implantation requis. Les recommandations permettront quant à elle de mettre à jour la maturité T_i de l'entreprise, tout en complétant l'apport de la cartographie sur l'identification des bénéfices escomptés.

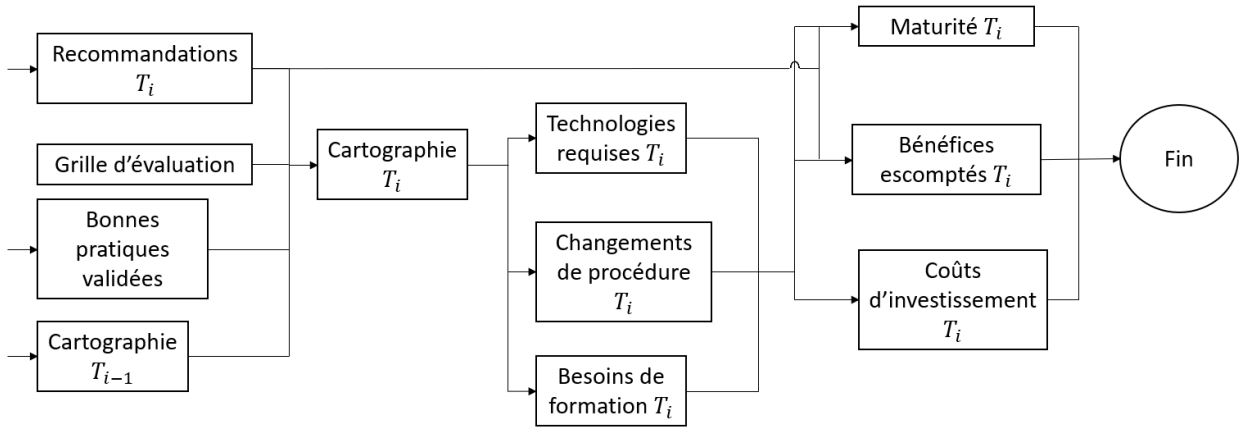

Figure 4.4 Diagramme d'interrelations d'entrées et sorties de la phase 3.

Technologies requises T_i : ce sont les technologies nécessaires à la réalisation de la stratégie dont l'identification est rendue possible grâce à la cartographie. Elles permettront à l'entreprise d'identifier l'investissement matériel à réaliser afin d'implanter la stratégie T_i.

Changements de procédure T_i : la cartographie permet d'identifier les ajouts, modifications ou suppression d'activités dans le processus de réalisation de projet de l'entreprise.

Besoins de formation T_i : la cartographie permet également de reconnaître de nouvelles compétences nécessaires à la mise en place de la stratégie, voire de nouveaux postes à pourvoir.

Maturité T_i : l'établissement de la stratégie T_i permet, à partir de la grille d'évaluation, une appréciation de la maturité mise à jour. L'entreprise peut donc se rendre compte de l'évolution de ses processus de gestion de la valeur acquise.

Bénéfices escomptés T_i : il s'agit des bénéfices attendus par la mise en place de la stratégie T_i.

Coûts d'investissement T_i : il s'agit des coûts engendrés par la mise en place de la stratégie T_i.

4.6 Conclusion

Ce chapitre a donc présenté la méthode d'implantation proposée. Il répond aux objectifs spécifiés dans le Chapitre 3, et contient les différents éléments obligatoires de la MEM. Le prochain chapitre présente l'implantation concrète du modèle pour le partenaire industriel.

CHAPITRE 5 CAS APPLICATIF

5.1 Introduction

Ce chapitre présente la mise en application de la méthode développée au chapitre précédent. Rappelons que le partenaire industriel est une entreprise de gestion de projets en construction ayant décidé d'implanter l'EVM. Chaque étape et livrable du modèle seront donc présentés afin d'illustrer l'application de la méthode dans ce contexte spécifique.

5.2 Rôles

Dans le cas de l'application de la méthode chez le partenaire industriel, les rôles ont été distribués de la manière suivante :

1. Le rôle de membre réalisateur est assumé par l'auteur du mémoire (Quentin Panquet). Les cartographies ont cependant été réalisées par un autre chercheur, dans le cadre d'un projet de maîtrise réalisé avec le même partenaire industriel (Mosser, 2020).
2. Le rôle de membre interne est assumé par deux professionnels travaillant chez le partenaire.
3. Le rôle de membre externe est assumé par 12 membres du personnel audités, et 8 experts de l'EVM dans le domaine de la construction non associés avec le partenaire industriel.

5.3 Phase 1 : Analyse de l'existant

1.1 Analyser les processus actuels

Cette étape a été réalisée grâce à la rencontre des membres interne et réalisateur. La discussion avec le partenaire a permis la compréhension globale de leur processus de réalisation de projet. Le membre interne a fourni une ébauche de cartographie de processus, complétée par la suite par Mosser (2020). Elle permet de distinguer les intervenants, les activités réalisées et leur séquencement. La cartographie T_0 est disponible en téléchargement en Annexe E.

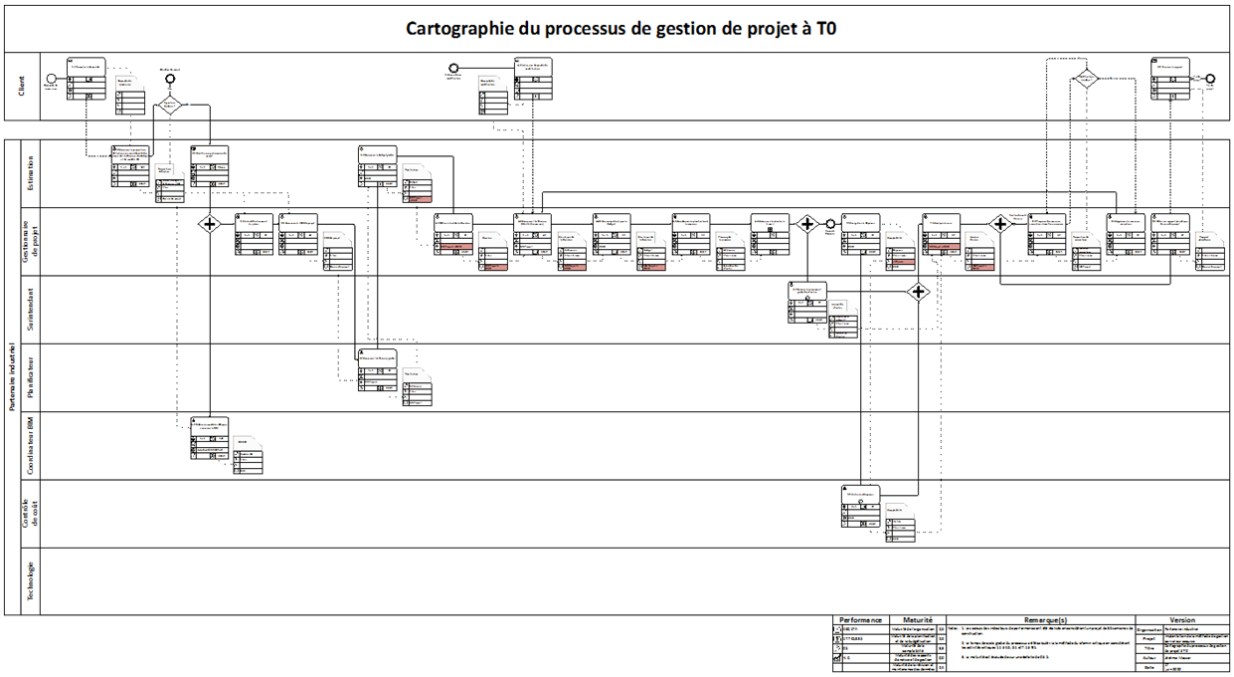

Figure 5.1 Cartographie T_0 des processus de gestion de projet du partenaire

1.2 Sélectionner le personnel pour l'audit

À l'aide de la cartographie T_0, le personnel permettant d'évaluer les critères du 82R-13, présenté en section 2.5.1, a pu être identifié. Ainsi, 12 membres du personnel du partenaire ont été répartis en 5 pôles : planification, estimation, gestion de projet, contrôle de coût et technologie. Ensuite, les critères ont été attribués aux pôles en fonction de la compétence de leurs membres. Chaque critère possède au moins un répondant. Parfois, différents pôles interviennent pour prendre en compte l'intégralité des enjeux d'un même critère.

Les cases grisées du Tableau 5.1 signifient que le pôle est jugé pertinent dans son évaluation de la maturité du critère associé. Lors des rencontres, chaque pôle n'évaluera donc que les critères grisés dans la colonne du pôle associée.

Les pôles de *Gestion de projet* et de *Contrôle de coût* sont donc majoritairement sollicités, ce qui peut s'expliquer par le fait que de nombreux critères sont relatifs à la collecte de données et à leur traitement, tâches habituellement confiées à ces deux pôles. Les pôles de *Planification* et *Estimation* sont audités sur des critères de début de projet (la numérotation des critères suivant l'ordre chronologique du cycle de vie d'un projet), ce qui est cohérent avec la nature de leur travail. L'intervention du pôle de *Technologie* dépend directement de la modernisation de certains

processus bien précis dans l'entreprise, ce qui explique qu'aucune tendance ne se dégage de l'attribution de ses critères car spécifique au partenaire industriel.

Tableau 5.1 Plan d'audit du partenaire industriel

	Pôles				
Critères	**Planification**	**Estimation**	**Gestion de projet**	**Contrôle de coût**	**Technologie**
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					

Les cases grisées signifient que le pôle répondra au critère correspondant.

1.3 Auditer les processus

Chaque entretien a commencé par une présentation des concepts de base de la méthode. Avec l'accord de l'entreprise et du personnel audité, les entretiens ont été enregistrés, ce qui a facilité la compréhension et l'évaluation de la maturité des processus par le membre réalisateur à partir des niveaux de maturités présenté en section 4.3.2. Le diagramme ci-dessous synthétise la maturité à l'instant T_0 des critères de l'EIA-748.

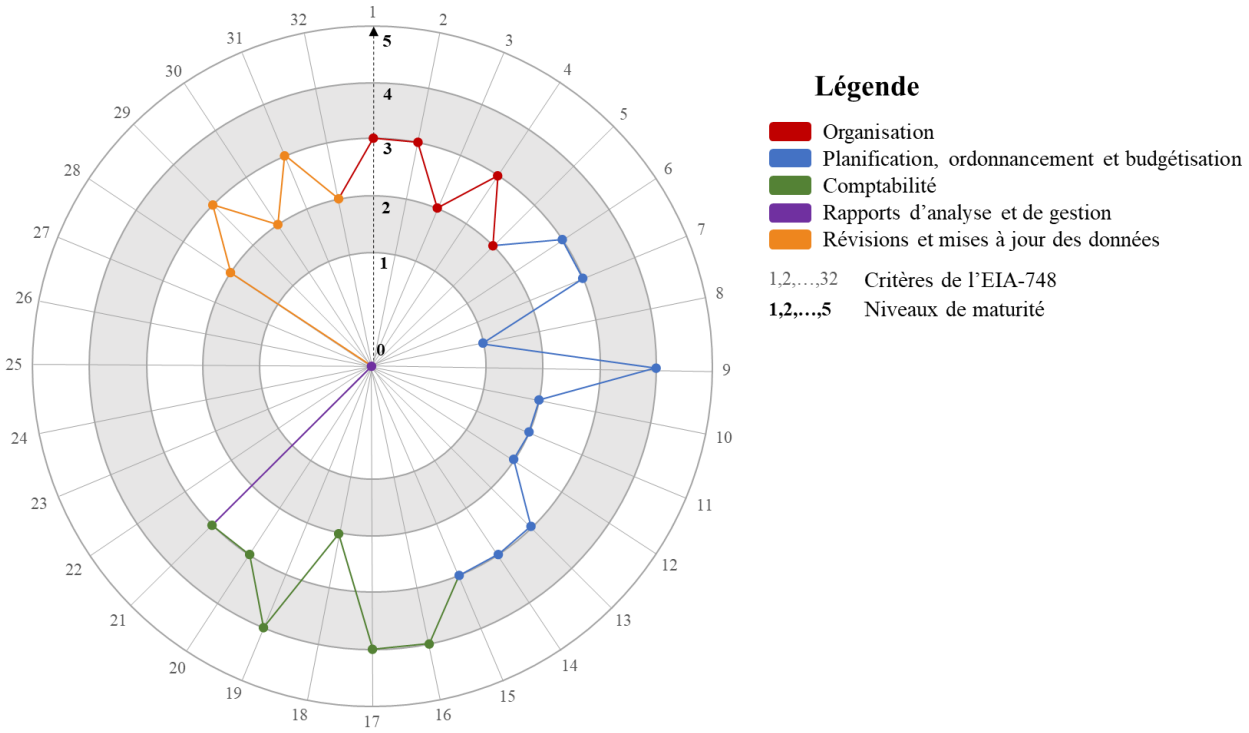

Figure 5.2 Diagramme radar de la maturité T_0 du partenaire industriel

La maturité globale en EVM du partenaire a été établie à 2,2 (moyenne). Cependant, les disparités sont fortes entre les différentes catégories, avec une maturité supérieure ou égale à 3 pour *Organization* et *Accounting*. Cette observation est cohérente avec la réalité de l'entreprise, où la création du WBS est bien maîtrisée, ainsi que le suivi comptable des dépenses. *Planning, Scheduling and Budgeting*, ainsi que *Revisions and Data Maintenance* témoignent de lacunes au niveau des procédures et de la standardisation, avec des moyennes entre 2 et 3. Enfin, la catégorie *Analysis and Management Reports* obtient la note de 0. En effet, la méthode de gestion de la valeur

acquise n'est pas encore implantée chez le partenaire, il n'y a donc rien à analyser ou rapporter. En excluant cette catégorie, la maturité moyenne du partenaire serait de 2,7.

Ce document permet au partenaire d'établir un premier diagnostic des processus de l'entreprise en lien avec l'EVM et servira de base de comparaison pour les maturités des futures stratégies. Cependant, il est utile de rappeler que l'intérêt principal des diagrammes de maturité n'est pas l'évaluation du niveau de maturité en soi, mais bien la connaissance des processus nécessaire à sa complétion.

5.4 Phase 2 : Établissement des stratégies de déploiement

La terminologie des standards est riche et complexe, et en accord avec le partenaire, le choix a été fait de la conserver. En effet, si le partenaire souhaite, après l'application de la méthode, réviser les stratégies définies à l'étape 2.2, et donc s'intéresser à nouveau aux standards, ne pas maîtriser leur terminologie demanderait un effort d'adaptation important. Afin de faciliter la compréhension des futurs livrables de bonnes pratiques et recommandations, l'Annexe A et l'Annexe B s'intéressent respectivement aux abréviations et au lexique des standards.

2.1 Sélectionner le contenu pertinent des standards

Désormais, les membres réalisateurs connaissent l'état T_0 de l'entreprise. Il est donc possible pour eux de sélectionner les recommandations pertinentes dans les trois standards (PMI, 82R-13 et AS4817). Cette étape a été réalisée à l'appui d'un logiciel de traitement de texte, grâce auquel chacun des standards a pu être annoté.

2.2 Définir l'orientation stratégique du partenaire

Les membres internes et réalisateurs se sont donc rencontrés à l'issue du processus de sélection des recommandations. Le partenaire a donc décidé de créer 2 stratégies, T_1 et T_2.

En termes de contraintes et besoins, la stratégie T_1 doit modifier le moins possible les processus actuels, et doit pouvoir s'adapter aux procédures administratives de l'entreprise en évitant l'ajout de nouvelles documentations. Elle doit mobiliser le minimum de nouvelles ressources, et être applicable au court terme afin d'être implantée sous 6 mois. La méthode implantée doit être la méthode de base, sans optimisation des processus.

Quant à la stratégie T_2 (ou T_n, car $n = 2$ ici), elle correspond à une implantation optimisée de l'EVM. Cette optimisation concerne les processus, mais aussi la technologie : le partenaire a souligné son intérêt pour l'industrie 4.0, c'est-à-dire la prise de décision décentralisée en temps réel à l'aide de technologies numériques et de systèmes cyberphysiques (Drath & Horch, 2014). Elle correspond à une implantation au long terme, et permettra de segmenter des objectifs spécifiques au cours de son implantation.

2.3 Valider les bonnes pratiques

Afin de répondre aux imprécisions et incohérences de standards, ainsi que de documenter les bonnes pratiques de l'EVM dans le secteur de la construction et confirmer les recommandations pertinentes, 8 entrevues ont été réalisées. Chacune d'entre elles a été enregistrée afin de faciliter la discussion, la densité d'information communiquée rendant difficile la prise de notes au cours de la rencontre. À l'issue des entretiens, une quinzaine de thèmes sont ressortis et sont synthétisés dans l'Annexe C.

2.4 Attribuer les recommandations

Après voir annoté le contenu pertinent et défini les stratégies, les rencontres avec les experts ont permis de réviser les bonnes pratiques et les recommandations jugées pertinentes. Les recommandations peuvent donc être attribuées aux stratégies correspondantes.

Les stratégies T_1 et T_2, bien que divergentes dans les objectifs d'implantation, demandent dans les deux cas une implantation sur l'ensemble du processus de gestion projet, c'est pourquoi les deux stratégies suivront la même décomposition, présentée à la Figure 5.3. Ce séquencement est inspiré de celui de la littérature (voir section 2.4.3) et adapté à la réalité du partenaire : le calcul du coût final estimé et la prise de mesures corrective font partie intégrante de l'étape 8 « Analyser les données ». Quant à l'étape « Autoriser le travail », présente dans le standard australien, l'analyse de l'existant a montré que la maturité du partenaire était suffisante pour pouvoir ignorer cette étape.

En plus de suivre un séquencement chronologique inhérent au cycle de vie d'un projet, certaines relations viennent préciser les interactions des étapes entre elles. Ainsi, les étapes concernant l'échéancier, le budget et les types d'estimation de l'avancement sont répétées de manière itérative, jusqu'à l'obtention du PMB. De même, à la fréquence de suivi choisie, les données devront être rapportées puis analysées afin de pouvoir s'assurer de l'intégrité du PMB.

Enfin, toute modification du PMB entraînera potentiellement une modification sur la portée du projet, et pourra demander de redéfinir le PMB.

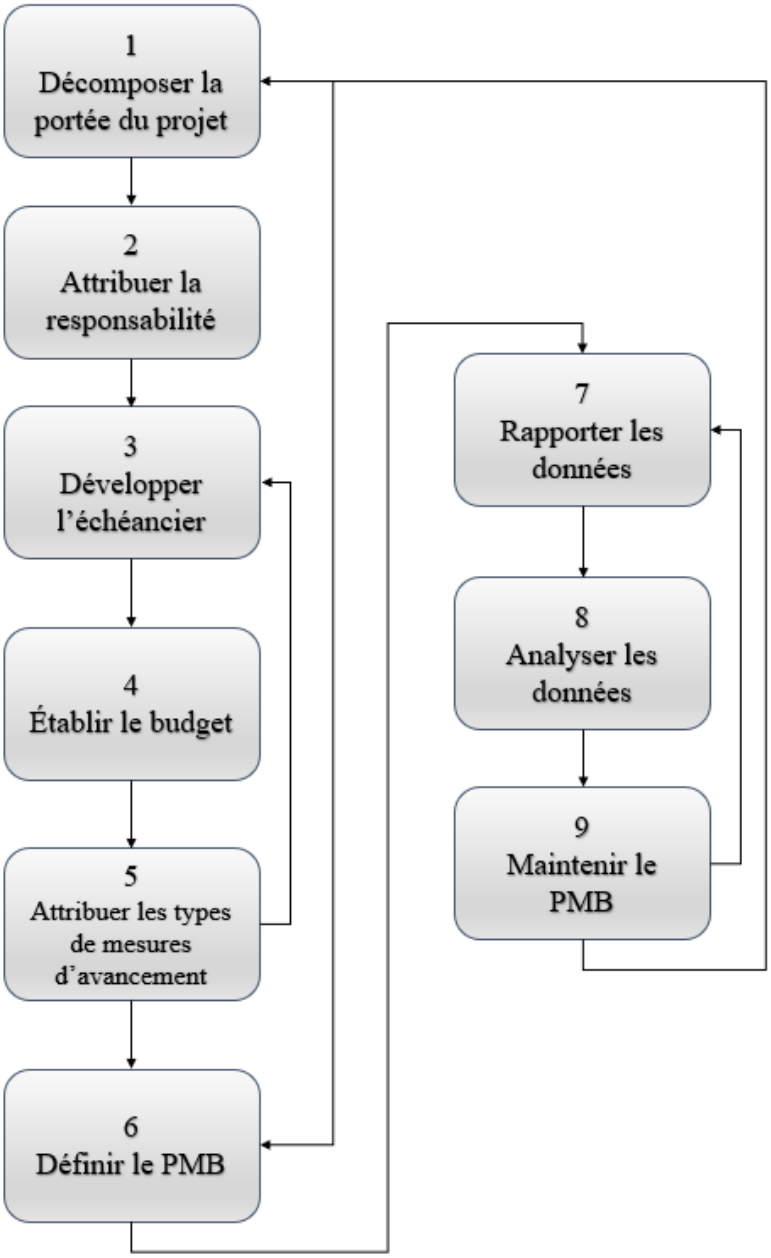

Figure 5.3 Décomposition en étapes d'implantation des stratégies T_1 et T_2

Les recommandations, réparties par étape et stratégie, sont présentées en Annexe D.

5.5 Phase 3 : Analyse des stratégies

3.1 Analyser les processus

À l'aide des éléments établis dans la phase 2 de la méthodologie et des cartographies antérieures, les cartographies des stratégies suivantes peuvent être établies. Le modèle de cartographie des processus développé, le GRMI4.0, se base sur une approche de cartographie BPMN adaptée à l'industrie 4.0 et est présenté à la Figure 5.4. Les pictogrammes proposés par le modèle permettent également d'appréhender aisément les modifications de processus apportées par le modèle d'implantation : le pictogramme d'activité, présenté à la Figure 5.5, permettra de répondre aux activités 3.2, 3.4 et 3.5. Enfin, le code couleur utilisé, présenté à la Figure 5.6, permettra d'identifier les modifications apportées entre chaque itération de stratégie et répondra donc à l'activité 3.3.

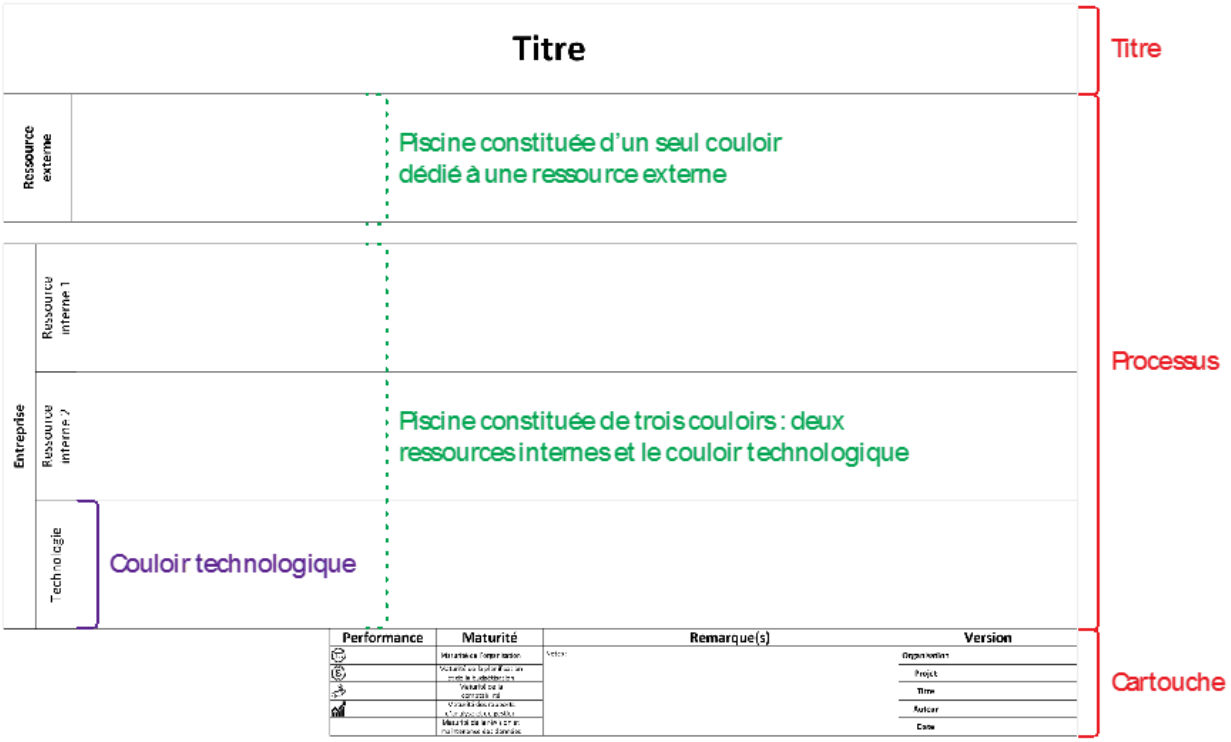

Figure 5.4 Modèle de cartographie GRMI4.0 (Mosser, 2020)

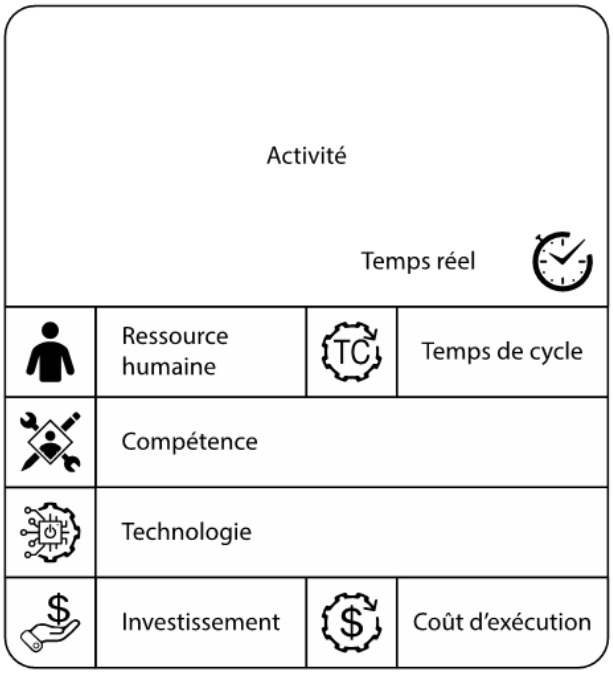

Figure 5.5 Pictogramme d'activité du GRMI4.0 (Mosser, 2020)

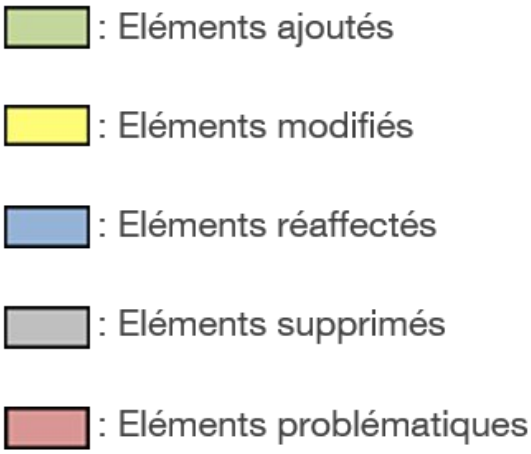

Figure 5.6 Code couleur des activités du GRMI4.0 (Mosser, 2020)

Performance		Maturité		Remarque(s)	Version	
TC	Temps de cycle	Organisation	0...5		Organisation	...
$	Coût d'exécution	Planification et budgétisation	0...5		Projet	...
$	Investissement	Comptabilité	0...5	...	Titre	...
	Rentabilité	Rapport d'analyse et de gestion	0...5		Auteur	...
...	...	Révision et maintenance des données	0...5		Date	...

Figure 5.7 Cartouche du GRMI4.0 (Mosser, 2020)

De cette manière, les cartographies T_1 et T_2 ont pu être construites, et sont disponibles en téléchargement en Annexe E.

Elles sont présentées aux Figure 5.8 et Figure 5.9, et permettent d'évaluer aisément les modifications apportées aux processus de gestion de projet du partenaire à l'aide des éléments du modèle développé.

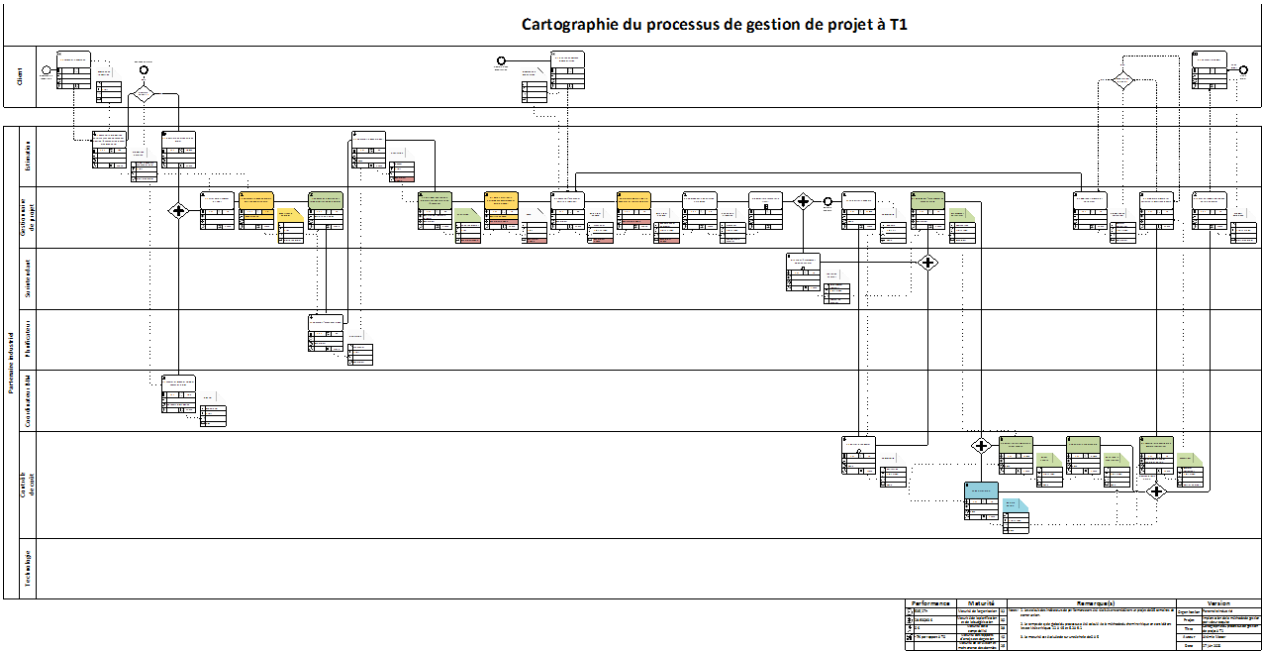

Figure 5.8 Cartographie T_1 des processus de gestion de projet du partenaire (Mosser, 2020)

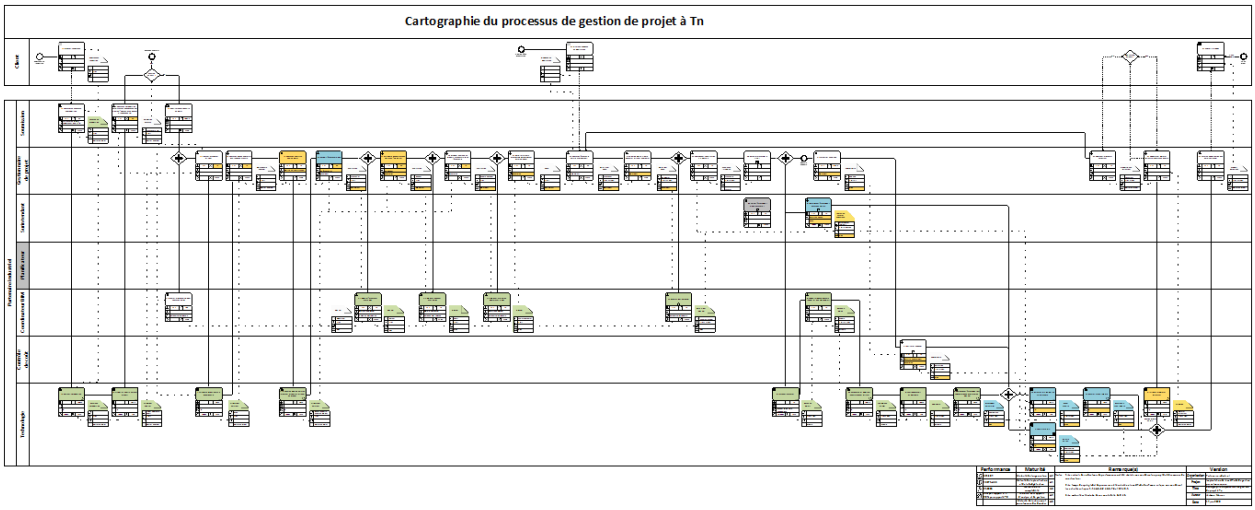

Figure 5.9 Cartographie T_2 des processus de gestion de projet du partenaire (Mosser, 2020)

3.2 Identifier les technologies requises

Le modèle de cartographie GRMI4.0 propose l'utilisation d'un couloir technologique (voir Figure 5.4), permettant d'identifier sans peine les nouvelles technologies demandées par la stratégie. De plus, les pictogrammes d'activités (voir Figure 5.5) renseignent les technologies nécessaires à la réalisation des activités.

Ainsi, la lecture des cartographies permet donc d'identifier que la stratégie T_1 ne demande pas l'introduction de technologie, ce qui est cohérent avec l'orientation stratégie choisie. Au contraire, la stratégie T_2 demande par exemple l'emploi d'intelligence artificielle ou de drone.

3.3 Identifier les changements de procédures de travail

Le code couleur de la cartographie (voir Figure 5.6) permet d'appréhender aisément les modifications apportées aux activités entre deux stratégies. La cartographie T_1 témoigne donc par exemple de l'ajout d'une activité de sélection des méthodes d'estimation de l'avancement, ce qui est cohérent avec les recommandations de la stratégie. Quant à elle, la cartographie T_2 présente plusieurs éléments réaffectés ou supprimés, conséquence de l'emploi de technologies 4.0.

3.4 Identifier les besoins de formation

Le pictogramme d'activité de la Figure 5.5 propose pour chaque activité la compétence nécessaire. Ainsi, en s'intéressant aux compétences demandées par les activités ajoutées, modifiées ou réaffectées de la stratégie, l'identification des besoins de formation est possible.

3.5 Évaluer les coûts d'investissement requis

Le pictogramme d'activité distingue deux types de coût :

- Le coût d'investissement : il s'agit du coût nécessaire à l'implantation de l'activité, et est donc unique.
- Le coût d'exécution : il s'agit du coût de fonctionnement de l'activité pour chaque cycle du processus.

Ces informations sont également disponibles dans le cartouche du modèle (voir Figure 5.7) pour le projet dans son ensemble. Les données relatives aux coûts des stratégies ont été calculées par Mosser (2020).

La stratégie T_1 aura un coût d'investissement de 0 $, et un coût d'exécution d'environ 18 900 $ (le processus T_0 a un coût d'exécution d'environ 17 700 $). Ce résultat est cohérent avec la définition de la stratégie, car des activités sont ajoutées afin de permettre au partenaire d'implanter l'EVM en se basant sur les processus existants, ce qui explique le coût d'investissement nul. Quant à elle, la stratégie T_2 a un coût d'investissement de 21 000 $ justifié par l'acquisition de technologies 4.0. Toutefois, son coût d'exécution est d'environ 12 700 $, bien inférieur à celui de la stratégie T_1. Toutes ces informations sont synthétisées dans le Tableau 5.2.

Tableau 5.2 Coûts par instant d'implantation

État des processus	Coût d'investissement ($)	Coût d'exécution ($)
$\boldsymbol{T_0}$	Non applicable	17 700
$\boldsymbol{T_1}$	0	18 900
$\boldsymbol{T_2}$	21 000	12 730

3.6 Évaluer les bénéfices escomptés

Le temps de cycle de T_1 est également supérieur à celui de T_0, car de nouvelles tâches sont réalisées. Au contraire, celui de T_2 est plus court, grâce à l'intervention de technologies 4.0 automatisant une partie des processus. Le Tableau 5.3 synthétise ces informations.

Tableau 5.3 Temps de cycle par instant d'implantation

État des processus	Temps de cycle (heures)
$\boldsymbol{T_0}$	460
$\boldsymbol{T_1}$	535
$\boldsymbol{T_2}$	317

Les bénéfices énoncés dans la section 2.4.1 sont également acquis grâce aux stratégies d'implantation : la stratégie T_1 permet les bénéfices 1, 2, 3, 6 et 7. Ces derniers seront raffinés lors de la stratégie T_2 en partie grâce aux recommandations de standardisation de budget, portée et échéancier, puis complétés par les bénéfices 4, 5 et 8.

La maturité de l'entreprise selon les 32 critères du standard américain témoigne également de l'évolution de l'entreprise au fil des stratégies. Les niveaux de maturité ont été mis à jour en fonction des recommandations et des stratégies T_1 et T_2 par le membre réalisateur, présentés aux Figure 5.10 et Figure 5.11.

Le principal gain de maturité à T_1 (voirFigure 5.10 Maturité T_1 du partenaire selon les critères du standard américain Figure 5.10) est principalement issu de l'application de l'EVM, faisant passer les critères 22 à 27 d'une maturité de 0 à 4. Sur le reste des critères, la maturité n'est que peu modifiée, ce qui est cohérent avec l'orientation stratégique choisie pour T_1.

Au contraire, la maturité T_2 uniformise les pratiques du partenaire, ce qui explique l'aspect beaucoup plus régulier de la Figure 5.11.

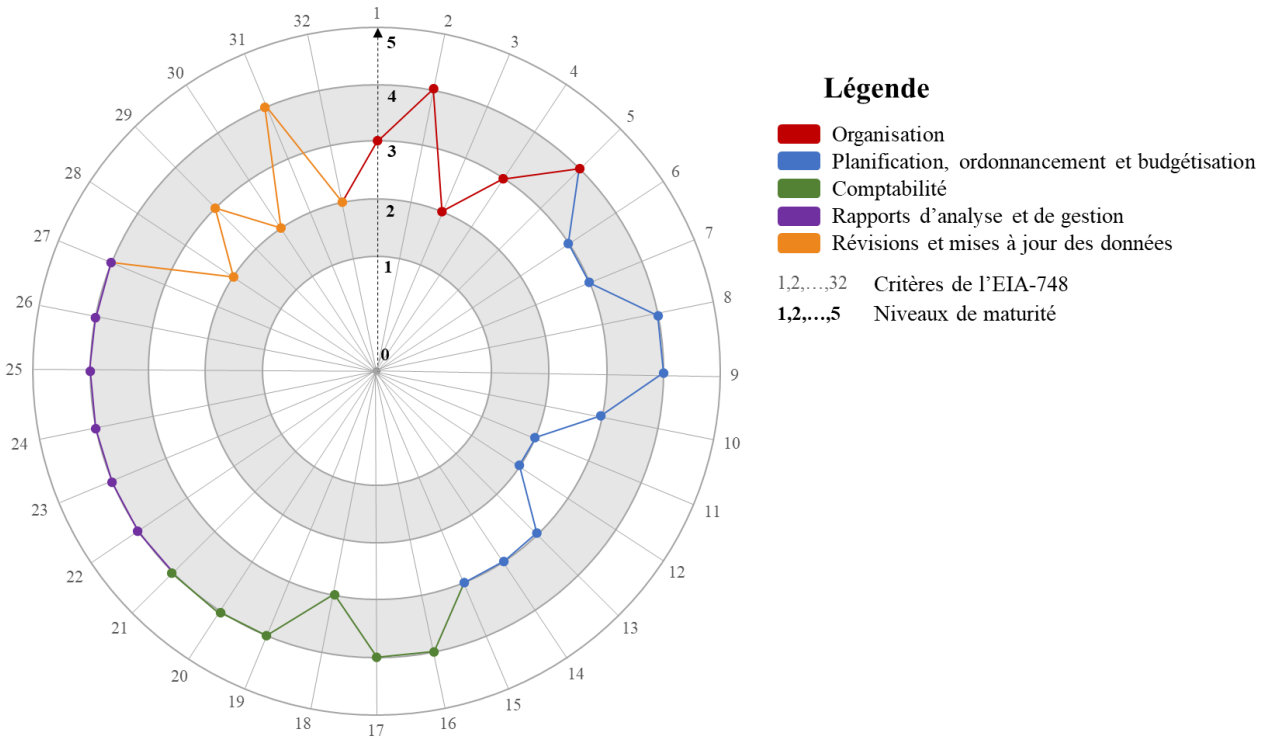

Figure 5.10 Maturité T_1 du partenaire selon les critères du standard américain

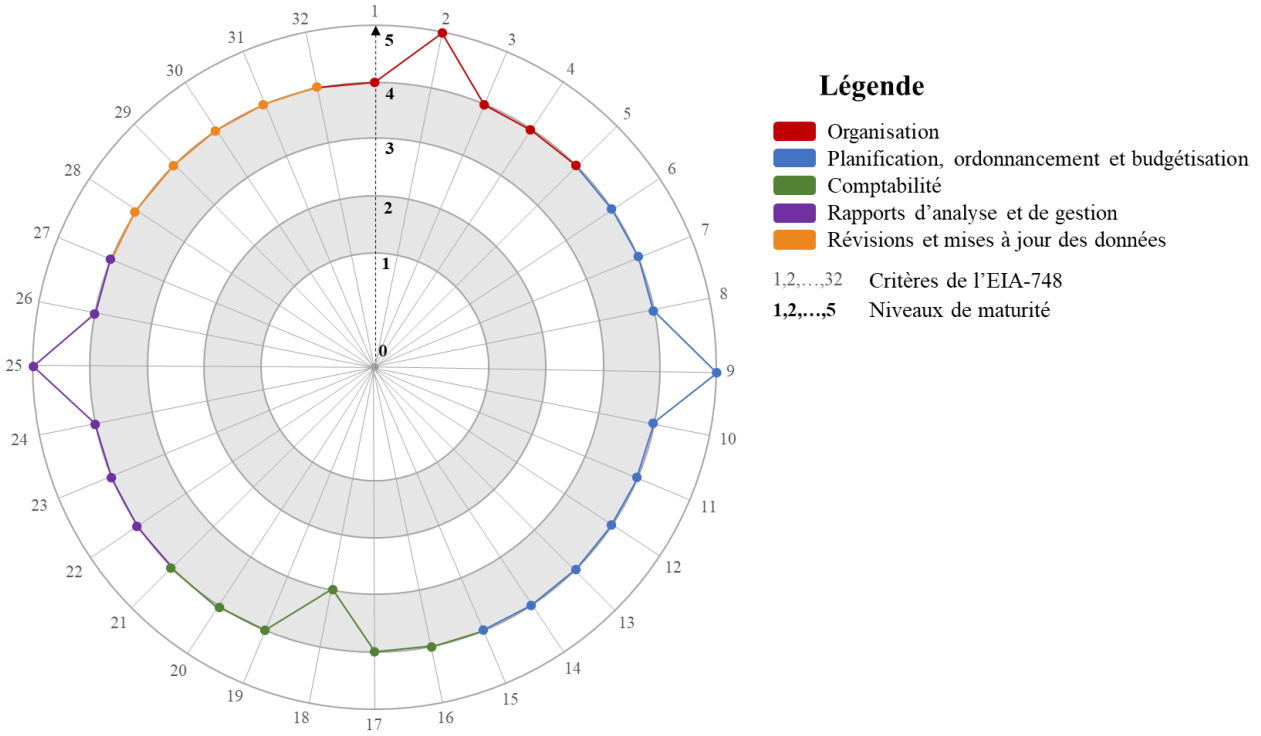

Figure 5.11 Maturité T_2 du partenaire selon les critères du standard américain

5.6 Conclusion

Ce chapitre a présenté l'application de la méthode d'implantation à travers les différents livrables chez le partenaire industriel. Après avoir analysé les processus actuels du partenaire, les recommandations ont pu être sélectionnées. Les bonnes pratiques du secteur de la construction ont pu être recensées, avant de définir les stratégies d'implantation basées sur les besoins et contraintes de l'entreprise. Enfin, à chaque stratégie a pu être attribués des recommandations, cartographie et diagramme de maturité correspondants. La méthode permet donc à l'entreprise d'implanter des recommandations et bonnes pratiques adaptées à ses processus, tout en évaluant les conséquences des implantations sur son entreprise.

Après avoir appliqué la méthode à un partenaire industriel, la méthodologie de recherche proposée en section 3.3 nécessite de tester la faisabilité du modèle.

CHAPITRE 6 VALIDATION DU MODÈLE

6.1 Introduction

Ce chapitre porte sur la validation du modèle, dernière étape de la méthodologie de recherche proposée au Chapitre 3. Après avoir expliqué les différents critères de validation, les données recueillies auprès du partenaire industriel seront présentées.

6.2 Critères de validation

Le modèle d'implantation développé respecte les cinq éléments d'une méthode selon Zellner (2011), c'est pourquoi cette section s'intéresse aux critères de validation des principaux livrables de la méthode, correspondant aux recommandations, aux bonnes pratiques et aux cartographies.

Toutefois, la validation de la cartographie ne sera pas présentée car elle a été réalisée par Mosser (2020), ce qui restreint donc la validation aux recommandations et aux bonnes pratiques. Des critères de validation ont été sélectionnés pour ces deux livrables.

Tout d'abord, les critères de validations des recommandations sont :

1. la prescription : la recommandation doit être suffisamment directive pour permettre au lecteur de saisir les enjeux d'implantation qui en découlent. Elle doit cependant pouvoir être adaptée en fonction du contexte. Pour une stratégie T_n, une recommandation émise à l'état T_0 doit rester pertinente, c'est pourquoi l'intention est précisée pour la majeure partie des recommandations;
2. le respect de la vision stratégique : les recommandations doivent respecter les besoins et contraintes définis par le partenaire pour les différentes stratégies d'implantation;
3. la prise en compte de la maturité : les recommandations doivent être adaptées aux processus du partenaire;
4. la cohérence : les recommandations ne se contredisent pas, tant au sein d'une même stratégie que d'un même processus; et
5. la clarté : les recommandations doivent être accessibles et compréhensibles par le partenaire industriel. Il a toutefois été expliqué en section 5.4 que la terminologie des standards avait été conservée afin de permettre au partenaire d'établir de nouvelles stratégies si le besoin

se présentait, ce qui complexifie la lecture des recommandations. La terminologie est proposée en annexes A et B.

Les critères 1, 2 et 3 sont directement issus de la critique de la revue de littérature, présentée en section 2.6. En effet, les standards proposent des recommandations peu prescriptives, et ne prennent ni en compte la maturité de l'entreprise, ni une segmentation de l'implantation en plusieurs temps.

Les critères 4 et 5 viennent s'assurer que la sélection et la répartition des recommandations ont été correctement réalisées.

Quant à eux, les critères de validation des bonnes pratiques sont :

1. la pertinence dans l'industrie : les bonnes pratiques concernent dans le cas du partenaire le secteur de la construction, elles doivent donc répondre aux différents enjeux qui lui sont propres;
2. l'exhaustivité : les bonnes pratiques doivent répondre aux interrogations d'implantation du partenaire, ainsi qu'aux incohérences des standards qui ont pu être décelées par le membre réalisateur lors de la sélection du contenu pertinent des standards, activité 2.1 de la méthode d'implantation; et
3. la clarté : les bonnes pratiques doivent être compréhensibles par le partenaire. Comme pour les recommandations, la terminologie utilisée correspond à celle employée dans les standards.

6.3 Validation du partenaire industriel

Les répondants au questionnaire de validation, composé des différents critères de la section 6.2, sont des membres du personnel du partenaire industriel : les deux membres internes de la méthode d'implantation y ont répondu, ainsi que trois personnes auditées lors de la phase d'analyse de l'existant de la méthode d'implantation.

Tous les critères ont été validés par les participants, avec toutefois quelques remarques :

- la terminologie nécessite d'être étudiée afin de pouvoir comprendre pleinement les documents (bonnes pratiques et recommandations); et

- certaines recommandations nécessitent d'être adaptées afin de les rendre opérationnelles.

Ces remarques sont toutefois inhérentes à la structure de la méthode : le choix de conserver la terminologie a été justifié dans la section 5.4, et l'adaptabilité des recommandations au long terme permet de conserver leur pertinence.

6.4 Conclusion

La validation proposée peut être qualifiée de préliminaire : attendre l'implantation complète des stratégies aurait donné lieu à une validation exhaustive du contenu, cependant la durée du projet de maîtrise ne l'a pas permis.

Le contexte dans lequel la collecte de données de validation a été effectuée a limité le nombre de répondants, ce qui demande de garder un œil critique sur les résultats obtenus. La crise sanitaire actuelle, provoquée par le Covid-19, n'a pas permis d'effectuer une collecte des données chez le partenaire, c'est pourquoi elle a été effectuée par un des membres internes et à distance avec les répondants. Les problèmes survenus lors de cette crise ont certainement occupé davantage encore les répondants, ce qui peut expliquer le faible nombre de réponse.

Des tests sur projets pilotes ont aussi été évoqués à de nombreuses reprises, la crise sanitaire y a malheureusement également mis fin.

Cette seconde étude descriptive n'a donc que partiellement confirmé la faisabilité de la méthode d'implantation en l'appliquant à un partenaire industriel. La méthode a permis de définir des stratégies en fonction des besoins et contraintes de l'entreprise, puis de proposer des recommandations, cartographies et bonnes pratiques cohérentes avec les processus en place et leur industrie. Elle donne également la possibilité à l'entreprise de poursuivre ce travail de manière itérative en définissant de nouvelles stratégies après l'implantation de la stratégie T_n.

CHAPITRE 7 DISCUSSION, CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ce chapitre rappelle les contributions scientifiques et pratiques du projet, avant d'exposer les limites et les potentielles avenues de recherche.

Tout d'abord, la principale contribution scientifique de ce projet de recherche consiste en une méthode permettant d'adapter le contenu des standards d'implantation de l'EVM aux entreprises, respectant ainsi l'objectif général de ce projet de recherche.

La revue de littérature a permis d'identifier les manquements des standards, qui consistent en une absence de prise en compte de la maturité et de la vision stratégique de l'entreprise, ainsi qu'en un manque de structure rendant difficile l'amélioration de processus.

La méthodologie de recherche employée, la DRM, a permis la réalisation de ce projet tout en répondant à ses contraintes. Toutefois, l'originalité de la méthodologie proposée réside dans le fait que l'observation en entreprise faisait déjà partie du modèle développé, et ne pouvait donc pas être dissociée du cas applicatif en entreprise. De plus, l'essentiel de la littérature employant la DRM s'intéresse principalement à la conception de produit ou de système, et moins à l'amélioration de processus, ce mémoire constitue donc une tentative d'adapter la DRM à un spectre d'application plus large.

À partir des lacunes de la littérature scientifique, les objectifs spécifiques ont pu être dégagés afin que la méthode d'implantation établie puisse y répondre :

- la prise en compte de la maturité est permise par la phase d'analyse de l'existant, à partir de laquelle les processus actuels de l'entreprise sont étudiés;
- la prise en compte de l'orientation stratégique est rendue possible par la définition de la vision de l'entreprise à partir de ses besoins et contraintes; et
- le respect des cinq éléments d'une méthode (Zellner, 2011) apporte une structure au modèle, chaque élément supportant l'amélioration de processus. Les différents éléments vont permettre d'articuler les activités nécessaires à l'implantation, tout en identifiant ce qui doit être réalisé, par qui et dans quel ordre.

Les différents livrables, composés des recommandations et cartographies $T_1, T_2, \dots, T_n$, ainsi que des bonnes pratiques validées par les experts du secteur industriel, constituent donc un atout majeur

pour les entreprises souhaitant implanter l'EVM. Les critères de validation ont tous été respectés selon le partenaire industriel, confirmant ainsi la validation préliminaire de la méthode. Les stratégies établies serviront de feuille de route au partenaire industriel afin d'implanter l'EVM sereinement.

Malgré un respect des objectifs général et spécifiques, les contributions de la méthode doivent être nuancées, tant sur le plan théorique que pratique :

- la méthode d'implantation ne stipule pas qu'il est nécessaire de maîtriser les concepts de base de l'EVM et de la gestion de projet, cependant cette précision semble primordiale à la bonne compréhension des standards. La revue de littérature de ce mémoire de recherche a permis au membre réalisateur d'acquérir les connaissances nécessaires, ce qui n'est pas mentionné comme prérequis à l'application de la méthode;
- dans le cadre de ce projet de recherche, le membre réalisateur de la méthode n'a pas été un des membres internes, comme suggéré en section 0, ce qui a complexifié l'application de la méthode : la phase d'analyse de l'existant a nécessité de nombreux retours de la part du partenaire afin de permettre au membre réalisateur de maîtriser la connaissance des processus de gestion de projet de l'entreprise. Toutefois, cela ne remet pas en question l'activité d'audit, les membres internes n'étant eux-mêmes pas capables de répondre à l'ensemble des interrogations;
- certaines informations acquises lors de l'audit des processus sont également difficiles à associer à un extrant de ces activités, c'est-à-dire la cartographie et la maturité T_0. Cela signifie que ces deux livrables ne sont pas suffisants pour définir un état T_0 exhaustif de l'entreprise, et donc pour sélectionner ensuite le contenu pertinent des standards. Conserver les mêmes membres réalisateurs lors des différentes phases de la méthode paraît donc primordial pour s'assurer de conserver l'intégralité de l'information obtenue;
- l'association des critères du 82R-13 avec des niveaux de maturité a certes eu intérêt majeur dans la compréhension des processus T_0 de l'entreprise, ses limites apparaissent néanmoins lors de l'établissement du diagramme de maturité T_2 : alors que la stratégie demande une implantation optimisée de l'EVM, le diagramme ne comprend qu'une faible partie de critères ayant une maturité de 5, ce qui correspond à un processus optimisé. Cela s'explique par le fait que les critères ont été pensés de manière binaire, c'est-à-dire réalisé ou non

réalisé, afin d'accorder la conformité EIA-748. Certaines recommandations visant à optimiser l'EVM n'ont pas d'impact sur la maturité de l'entreprise, ce qui explique que la maturité des critères ne dépasse que rarement le niveau 4 de la standardisation;

- définir à l'instant T_0 des stratégies $T_2, T_3, \dots, T_n$ a été imposé par la durée de ce projet de recherche, mais elle ne constitue pas une obligation et est au contraire déconseillée. En effet, la définition de la stratégie T_2 nécessiterait la fin de l'implantation de la stratégie T_1, par laquelle de nouveaux besoins et contraintes viendraient sans doute remettre en question une stratégie T_2 établie auparavant. La méthode d'implantation développée laisse la possibilité aux membres réalisateurs de réaliser les activités 2.2 à 3.6 de la Figure 4.1 de manière itérative, ce qui signifie qu'il est possible d'attendre la fin de l'implantation de la stratégie T_i avant de définir la stratégie T_{i+1}; et
- quant à elle, l'activité 3.6 « Identifier les bénéfices escomptés » semblent répéter les besoins exprimés dans l'activité 2.2, « Définir l'orientation stratégique », à l'exception des coûts d'investissement et d'exécution. L'intention de chacune des recommandations et bonnes pratiques étant spécifiée, les bénéfices associés y sont donc déjà exprimés.

Les différentes limites exposées amènent à proposer différentes avenues de recherche afin de compléter le travail effectué :

- la méthode permet à l'entreprise de définir des stratégies, mais elle consiste en un outil d'aide à la décision dont les livrables doivent être adaptés au contexte. Les recommandations sont tirées des standards et restent donc à un niveau théorique que l'entreprise devra travailler : un effort d'opérationnalisation se doit d'être fait afin de rendre effectives les recommandations dans l'entreprise. Cet effort ne doit pas être entrepris lors de l'application de la méthode par le membre réalisateur, car cela restreindrait la portée du travail accompli. Toutefois, compléter la méthode par une phase d'opérationnalisation apporterait une valeur ajoutée supplémentaire à la méthode proposée;
- les standards ne différencient pas les recommandations relatives à l'implantation d'un outil qui est unique, et son utilisation qui est répétée. Par conséquent, ce choix a été conservé dans l'application de la méthode, et un séquencement en étape de projet a été préféré. Néanmoins, la méthode n'impose aucun séquencement des recommandations, de futures applications de la méthode pourraient donc opter pour ce découpage. Cela faciliterait

également l'estimation du coût d'investissement et du coût d'exécution de la stratégie, la distinction étant déjà réalisée; et

- la validation effectuée est une validation préliminaire, et compte tenu de la durée d'un projet de maîtrise, il n'a pas été possible d'attendre l'implantation des stratégies afin de valider le contenu proposé au partenaire. Confirmer la validation avec une implantation effective des stratégies semble nécessaire afin de compléter ce travail de recherche. De plus, la méthodologie de validation n'a été appliquée qu'à une unique entreprise, ce qui correspond davantage à une étude de faisabilité. Ce projet de recherche pourrait être complété afin de vérifier son applicabilité dans des secteurs et pour des stratégies plus variées, ce qui permettrait de raffiner le modèle de procédure et les activités et techniques qui le constituent.

Les contributions pratiques et scientifiques, qui ont permis de respecter les exigences méthodologiques fixées précédemment, peuvent donc être nuancées par les limites de ce travail. Les avenues de recherche proposées permettraient donc de le compléter en d'en bonifier l'apport, tant auprès d'autres types de secteur que celui de la construction, qu'auprès des entreprises par une opérationnalisation de la méthode.

RÉFÉRENCES

AACE International. (2017). Recommended Practice 82R-13, Earned Value Management (EVM) Overview And Recommended Practices Consistent With EIA-748-C, *AACE International*, Morgantown, WV. (latest revision)

Alvarado, C.M., Silverman, R.P. and Wilson, D.S. (2004). Assessing the performance of construction projects: implementing earned value management at the General Services Administration, *Journal of Facilities Management*, *3*(1), 92-105.

Anbari, F. (2003). Earned value project management method and extensions. *Project Management Journal*, *34*(4), 12–23.

Blessing L., Chakrabarti A. (2009). *DRM, a Design Research Methodology*, 13–42. doi:10.1007/978-1-84882-587-1_2

Bgherpour M. (2011). An Extension To Earned Value Management, *Cost Management*, *23*(3), 41-47.

Budd C., Budd C. I. (2005). A Practical Guide to Earned Value Project Management, *Management Concepts*, 314.

Cable J. H., Ordonez J. F., Chintalapani G., Plaisant C. (2004). Project Portfolio Earned Value Management Using Treemaps, *PMI Research Conference*. Tiré de http://www.cs.umd.edu/hcil/treemap/PROJECT%20MANAGEMENT-ASPUBLISHED.pdf

Christensen, D.S., Heise, S. (1993) Cost performance index stability. *National Contract Management Journal*, 25: 7-15.

Christensen D., Antolini R., McKinney J. (1995). A Review of Estimate at Completion Research. *The Journal of Cost Analysis*. 12. doi : 10.1080/08823871.1995.10462292

Christensen D. (1998). The Costs Benefits of Earned Value Management Process, *Acquisition Review Quarterly*, 373-386.

Czarnigowska A., Jaskowski P., Biruk S. (2011). Project performance reporting and prediction: Extension of Earned Value Management, *International Journal of Business and management Studies*, *3*(1), 11-20.

Dewi, A. S., Setiawan, H. (2019). Implementation of SHA-256 and AES-256 for Securing Digital Al Quran Verification System. *2019 Fourth International Conference on Informatics and Computing (ICIC).* doi:10.1109/icic47613.2019.8985960

Drath, R., & Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or hype? [Industry Forum]. *IEEE Industrial Electronics Magazine, 8*(2), 56-58. doi:10.1109/MIE.2014.2312079

Fleming Q., Koppelman J. (1994) The Essence and Evolution of Earned Value, *Transactions of AACE International*, ABI/INFORM Collection, 73.

Fleming Q., Koppelman J. (2005). Earned Value Project Management, Third Edition.

Fleming Q., Koppelman J. (2006). Start With « Simple » Earned Value On All Your Projects, CrossTalk The Journal of Defense Software Engineering, 16-19.

Fleming Q., Koppelman J. (2010). Earned Value Project Management, Fourth Edition.

Fullwood D., Samuels K. (2008). Putting Earned Value Management (EVM) in Perspective, *ARMY AL&T.*

Jarnagan H. (2009). Lessons Learned in Using Earned Value Systems, a Case Study, *AACE Transaction*, p.EVM.01.1-EVM.01.20.

Kerby J. G., Counts S. M. (2008), The benefits of earned value management from a project manager's perspective, *NASA*. Tiré de https://www.nasa.gov/pdf/293270main_63777main_kerby_counts_forum9.pdf

Kim, E., Wells, W. G., & Duffey, M. R. (2003). A model for effective implementation of Earned Value Management methodology. *International Journal of Project Management, 21*(5), 375–382. doi:10.1016/s0263-7863(02)00049-2

Kwon, O., Kim, S., Paek, J., & Eom, S.-J. (2008). Application of Earned Value in the Korean Construction Industry. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 7*(1), 69–76. doi:10.3130/jaabe.7.69

Lee, J.-S. (2015). Calculating cumulative inefficiency using earned value management in construction projects. *Canadian Journal of Civil Engineering, 42*(4), 222–232. doi:10.1139/cjce-2014-0029

Lipke, W. H. (2003). Schedule is different. *Measurable News*, 31–34.

Lipke W., Zwikael O., Henderson K., Anbari F. (2009). Prediction of project outcome, the application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes, *International Journal of Project Management*, *27*(4), 400-407.

Lipke W. (2012). Earned schedule contribution to project management, *PM World Journal*, *1*, 1–19.

Lukas J. (2008). Earned Value Analysis-Why it Doesn't Work. *AACE International Transactions*, *EVM.01*, 1-10.

Mahdi I., Abd-Elrashed I., Essawy A. S., Raed L. (2018). Difficulties of implementing earned value management in construction sector in egypt, *Project Management Development*.

Montes-Guerra Maricela I., Faustino N. Gimena, M. Amaya Pérez-Ezcurdia, H. Mauricio Diez-Silva (2014). The influence of monitoring and control on project management success, *International Journal of Construction Project Management*, *6*(2), 163-184.

Morad, M., & El-Sayegh, S. M. (2016). Use of Earned Value Management in the UAE Construction Industry. *2016 International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application (ICIMSA).* doi:10.1109/icimsa.2016.7504044

Moselhi O. (2011). The Use of Earned Value in Forecasting Project Durations, *International association for Automation and Robotic in Construction Conference*, Seoul, South Korea.

Mosser J. (2020). Cartographie 4.0 pour la transformation numérique des processus. (Mémoire de Maîtrise, Polytechnique Montréal, Montréal, Canada). Tiré de : URL pas encore disponible.

Naderpour A., Mofid M. (2011). Improving Construction Management of an Educational Center by Applying Earned Value Technique, *Procedia Engineering*, *14*, 1945-1952.

National Defense Industrial Association (2018). ANSI/EIA-748-D Earned Value Management Intent Guide, NDIA. Tiré de : https://www.ndia.org/-/media/sites/ndia/divisions/ipmd/division-guides-and-resources/ndia_ipmd_intent_guide_ver_d_aug282018.ashx?la=en

National Defense Industrial Association (2006). ANSI/EIA 748 Earned Value Management System Acceptance Guide, NDIA. Tiré de : http://www.acqnotes.com/Attachments/ANSIEIA%20748%20EVM%20System%20Acceptance%20Guide.pdf.

Nkiwane, N. H., Meyer, W. G., & Steyn, H. (2016). The use of earned value management for initiating directive project control decision. *South African Journal of Industrial Engineering, 27*(1), 13. doi: 10.7166/27-1-1260

Oh-cheol Kwon, Sang-chul Kim, Joon-hong Paek & Shin-Jo Eom (2008) Application of Earned Value in the Korean Construction Industry — A Case Study, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 7*(1), 69-76. doi : 10.3130/jaabe.7.69

Pajares J., Lopes-Paredes A. (2011). An Extension of the EVM analysis for project monitoring: The Cost Index and the Schedule Control Index, *International Journal of Project Management, 29*(5), 615-621. doi : 10.1016/j.ijproman.2010.04.005

Pellerin R., Perrie, N. (2018). A review of methods, techniques and tools for project planning and control, *International Journal of Production Research, 57*(2), 1-19. doi :10.1080/00207543.2018.1524168

Pillay, D., Steyn, H., Sommerville, J. (2013). The application of Earned Value Management to manage project costs within the South African municipal infrastructure sector, *African Journal of Public Affairs, 6*(1), 108-121.

Project Management Institute (2011). Practice Standard For Earned Value Management (Second Edition), *Project Management Institute*.

Project Management Institute. (2017). *A guide to Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide)* (6e éd). Newton Square, USA: Project Management Institute.

Putro, P. A. W., Rionaldy, R. (2019). Implementation of the Park Schema on User Authentication Services Using Password-Based Web Codeigniter Library to Overcome Man in the Middle Attack. *2019 Fourth International Conference on Informatics and Computing (ICIC).* doi:10.1109/icic47613.2019.8985877

Russell S. (2008). Earned Value Management Uses and Misuses, *Air Force Journal of Logistics, 33*(1), 157-161.

Snog L., Shalini H. (2009). A Global and Cross Industry Perspective on Earned Value, *Management Practice and Future Trends*, University of Houston.

Sparrow H. (2000). EVM = Earned value Management Results in Early Visibility and Management Opportunities, *31st Annual Project Management Institute Seminars & Symposium*, Houston.

Standards Australia. (2006) *AS 4817-2006 Project Performance Measurement Using Earned Value*, Sydney, Australia.

Storms K. (2008). Earned Value Management Implementation in an Agency Capital Improvement Program, *Cost Engineering*, *50*(12), 17-20.

Trauer, J., Schweigert-Recksiek, S., Gövert, K., Mörtl, M., Lindemann, U. (2020). COMBINING AGILE APPROACHES AND RISK MANAGEMENT FOR MECHATRONIC PRODUCT DEVELOPMENT – A CASE STUDY. *Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference, 1*, 767–776. doi:10.1017/dsd.2020.16

Valle J. A., Soares C. (2001). The Use of Earned Value Analysis (EVA) in the Cost Management of Construction Projects, 1-11. Tiré de http://icec.dreamhosters.com/ICMJ%20Papers/Valle%20-%20EVA.pdf

Van De Velde, R. (2007). Time is up: Assessing schedule performance with earned value. *PM World Today*, *9*(10), 1–10.

Vandevoorde, S., & Vanhoucke, M. (2006). A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. *International Journal of Project Management*, *24*(4), 289-302. doi:10.1016/j.ijproman.2005.10.004.

Vargas R. V. (2003). Earned value analysis in the control of projects : success or failure? *AACE International Transactions*, CS2.11-CS2.14.

Warburton R. (2011). A Time Dependent Earned Value Model for Software Projects, *International Journal of Project Management*, *29*(8), 1082-1090.

Webb A. (2003). Using Earned Value, A Project Manager's Guide, *Gower Publishing limited*.

Zellner, G. (2011). A structured evaluation of business process improvement approaches. *Business Process Management Journal*, *17*(2), 203-237. doi:10.1108/14637151111122329

Zhan Z., Wang C., Yap J. B. H., Samsudin S., Abdul-Rahman H. (2019). Earned value analysis, implementation barriers, and maturity level in oil & gas production, *South African Journal of Industrial Engineering*, *30*(4), 44-59. doi : 10.7166/30-4-2030

ANNEXE A SIGLES ET ABRÉVIATIONS DES ANNEXES C, D ET E

Liste des sigles et abréviations

Les abréviations sont citées dans l'ordre alphabétique.

- AC – Actual Cost (Coût Réel)
- BAC – Budget At Completion
- CA – Control Account
- CPI – Cost Performance Index
- CV – Cost Variance
- EAC – Estimate At Completion
- EV – Earned Value (Valeur Acquise)
- EVM – Earned Value Management (Gestion de la méthode de la valeur acquise)
- IA – Intelligence Artificielle
- LOE – Level of Effort
- MR – Management Reserve
- OBS – Organizational Breakdown Structure
- PMB – Performance Measurement Baseline
- PP – Planning Package
- PV – Planned Value (Valeur Planifiée)
- RACI - Responsible, Accountable, Consulted and Informed
- RAM – Responsibility Assignment Matric
- RBS – Resource Breakdown Structure
- SLPP – Summary Level Planning Package
- SPI – Schedule Performance Index
- SV – Schedule Variance
- UB – Undistributed Budget
- WBS – Work Breakdown Structure
- WP – Work Package

ANNEXE B LEXIQUE DES ANNEXES C, D ET E

Le lexique est cité dans l'ordre alphabétique.

Budget At Completion (BAC) : il s'agit du budget total du projet.

Contingence Reserve : budget alloué au projet pour la gestion des risques identifiés lors de la planification du projet. Il fait partie du PMB.

Control Account (CA) : il s'agit d'un point de contrôle de gestion où le coût réel, la valeur planifiée et la valeur acquise sont comparés. Les CA sont placés à des points de gestion sélectionnés dans le WBS, et un responsable leur est attribué. Chacune des activités du projet a un CA associé, mais un CA peut comporter plusieurs activités. Généralement, un lot correspond à au moins un CA.

Coût Réel (AC) : il s'agit du coût réel du travail effectué.

Énoncé de la portée du projet : il décrit la portée du projet, les principaux livrables, les hypothèses et les contraintes, ainsi qu'une description des travaux qui fournit une base documentée permettant de prendre des décisions futures, tout en confirmant une compréhension commune de la portée du projet entre les parties prenantes. Il permet de mieux planifier, organiser et exécuter le travail afin de livrer le produit souhaité.

Estimate At Completion (EAC) : il s'agit du coût final estimé du projet. A partir des coûts réels passés, de la performance des activités en cours et du budget du travail futur, le calcul du coût réel final du projet est possible. L'EAC est parfois calculé sur les CA.

Management Reserve (MR) : Montant retenu pour la gestion des imprévus, c'est-à-dire les risques non identifiés dans le plan de contingence. Son utilisation doit être approuvée par la direction.

Performance Measurement Baseline (PMB) : il s'agit de la base de comparaison de la méthode. Elle intègre portée, budget et échéancier du projet. Les CA et les WP y sont identifiés. L'établissement du PMB marque la fin de la phase de planification, et l'exécution peut alors commencer.

Planning Package (PP) : ensemble d'activités programmé pour un travail futur, dont la portée et le budget sont identifiés, mais pas encore planifiés de manière aussi précise que les WP.

L'échéancier du PP sera à mettre à jour dès que possible, afin de raffiner la précision de sa courbe de PV. Le PP deviendra alors un ou plusieurs CA.

Portée de référence du projet : il s'agit de l'ensemble de 3 éléments : le WBS, le dictionnaire de WBS, et l'énoncé de la portée du projet. Elle constitue la base nécessaire à la compréhension de la portée du projet.

Resource Breakdown Structure (RBS) : ce document résume les ressources nécessaires à la réalisation du projet, par type et par fonction. Elle comprend le personnel, l'équipement, les matériaux, et toute autre ressource impliquée dans le projet.

Responsibility Assignment Matrix : matrice formée par l'intersection des éléments du WBS et de l'OBS. Elle permet d'identifier les différents départements impliqués dans le projet.

Summary Level Plannning Package (SLPP) : ensemble d'activités pour un travail futur, non affecté à un CA, mais qui peut être affecté à des éléments très hauts du WBS. Son budget est attribué, mais il n'est pas planifié. Dès qu'une planification même grossière est possible, le SLPP peut alors devenir un PP.

Undistributed Budget (UB) : budget faisant partie du PMB, mais qui n'a pas encore été affecté à un CA ou un SLPP. A l'issue de la planification, l'UB est vide.

Valeur Planifiée (PV) : il s'agit du coût budgété du travail planifié.

Valeur Acquise (EV) : il s'agit du coût budgété du travail effectué.

Work package (WP) : il peut s'agir d'une activité ou d'un ensemble d'activités effectué au sein d'un CA. La mesure de l'avancement est réalisée au niveau du WP. Chaque activité du projet est contenue dans un WP.

ANNEXE C BONNES PRATIQUES VALIDÉES

Cette annexe synthétise les bonnes pratiques des standards, confirmées ou corrigées par des experts de l'EVM dans le secteur de la construction. Certains questionnements du partenaire ont été abordées anonymement, et des éléments de réponse sont proposés.

1 - Différences entre CA et WP

Le CA est l'élément du WBS où l'EVM va être analysée : il est un point de contrôle de gestion permettant au management d'analyser les performances. Quant à lui, le WP est l'élément où le pourcentage d'avancement va être recueilli. Un élément du WBS est rarement WP et CA, car l'interprétation de la courbe sur un seul segment de données est limitée. Analyser un CA regroupant plusieurs WP permet de réduire la périphérie et les aléas associés à chacun des WP.

- Chaque activité du projet doit être à l'intérieur d'un WP.
- Chaque WP doit être à l'intérieur d'un CA.
- Un CA peut en inclure plusieurs autres

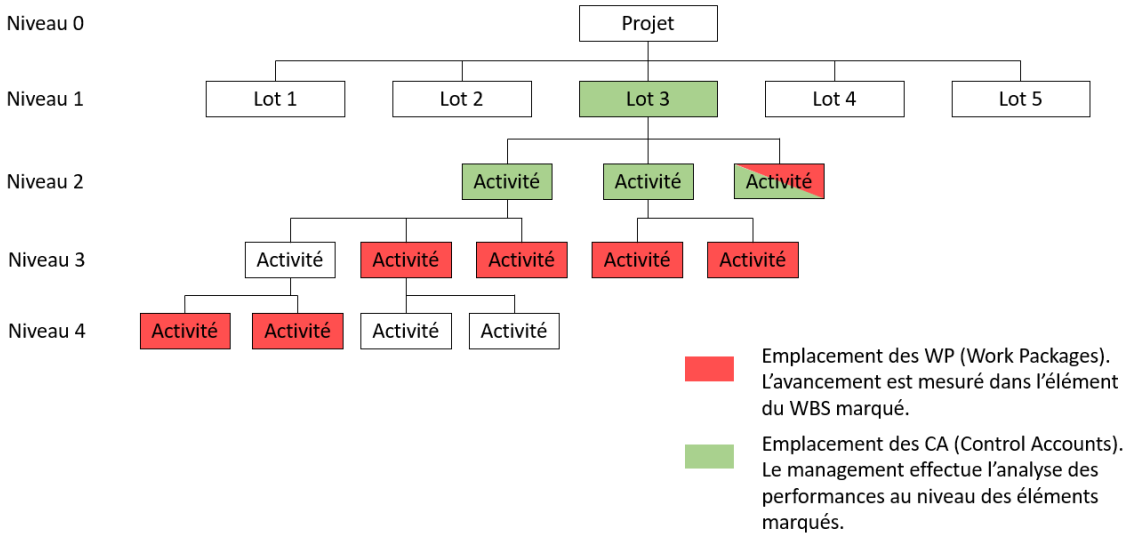

Figure C.1 Exemple de représentation des CA et WP pour le lot 3 d'un projet

2 – Périphérie

Généralement, l'EVM est bien exécutée lorsqu'il s'agit des coûts directs. Cependant, les coûts indirects causés par les tâches périphériques au travail à accomplir (conditions générales de projet) viennent nuire à la précision de la méthode. Dans la pratique, il n'y a pas de suivi réalisé pour les coûts indirects, et leurs dépenses sont calculées en fonction du matériel, du personnel impliqué et du nombre d'heures estimé.

Où mettre ces dépenses ? Pourquoi pas dans un lot spécifique afin de pouvoir mieux les suivre, cependant le gérant de projet ne souhaitent pas gérer l'avancement de ces activités. Il est alors possible de mettre ces dépenses dans une activité ou un lot plus général. L'avancement sera alors réclamé à la fin de celui-ci. Il est préférable que l'activité qui absorbe ces dépenses finisse dans un laps de temps proche de celui des coûts indirects afin d'éviter une distorsion des courbes.

La solution la plus populaire, si ces coûts ne sont pas intégrés à d'autres éléments du WBS, consiste à choisir comme méthode de calcul des méthodes du type Niveau d'effort ou Effort attribué, car elles ne nécessitent pas de suivi d'avancement. Ainsi, leur avancement sera soit conditionné par le temps, soit par l'avancement global du projet ou d'un lot.

3 - Surestimation de la valeur prévue en début de projet

Il s'agit d'appliquer un facteur multiplicatif sur le budget des tâches de début de projet, afin de s'assurer que la trésorerie issue des prêts bancaires soit suffisante pour la réalisation du projet. En gonflant les dépenses prévues en début de projet, le gestionnaire s'assure que le montant issu des demandes de paiement sera suffisant. Le cashflow sera donc positif, et la courbe sera débalancée. En effet, si le projet dépensait plus et plus vite que prévu, son financement pourrait devenir difficile.

Cet usage, en théorie, n'est pas conseillé lors de l'application de l'EVM, car il altère les données en début de projet.

Dans la pratique, les experts du secteur privé sont nombreux à l'utiliser. Ils mettent toutefois en garde sur un point : le budget total du projet doit rester le même, la valeur planifiée est simplement dépensée un peu plus tôt.

4 - Niveau de détail des CA

La taille du lot doit être suffisante pour éviter la micro-gestion, mais pas trop gros afin de partager la responsabilité.

Plusieurs entreprises de construction utilisent des règles en fonction du nombre d'heures ou du coût du CA. Par exemple, il est possible de choisir des CA qui cumulent 2 à 5% des heures totales du projet.

En termes de risque, plusieurs approches existent. On peut diminuer la taille d'un CA risqué afin de pouvoir mieux gérer celui-ci. Au contrainte, certaines entreprises incluent des tâches risquées dans un CA sûr afin de répartir le risque sur l'ensemble du CA.

5 - Dépenses ponctuelles altérant les données

Certaines tâches demandent des coûts importants, et de manière ponctuelle : c'est par exemple le cas de dépenses d'approvisionnement. Dans le cas d'une installation de fenêtres, la méthode paraît simple : les unités complétées (voir section **Méthodes d'estimation de l'avancement**). Cependant, si l'approvisionnement en matériel est réalisé en début de tâche, l'AC sera déjà très élevé, alors que la PV et l'EV très faibles, car proportionnelles au nombre de fenêtre installées.

Deux solutions sont citées par les experts :

- Utiliser la méthode de techniques de combinaison : le planificateur peut proposer un jalon pour l'approvisionnement en matériel, puis les unités complétées pour l'installation.
- Créer un lot d'approvisionnement indépendant du travail réalisé. Ce lot correspondrait aux dépenses en matériau et matériel, et ne viendrait pas altérer les données relatives à la réalisation du travail.

6 - Coût réel

Le terme cashflow est un abus de langage utilisé par les gestionnaires, car les coûts réels ne sont pas les coûts au sens comptable, mais les coûts encourus. En effet, la comparaison entre les courbes d'EV et d'AC n'auraient aucun sens si les fournisseurs étaient payés 2 mois après les livraisons, et donc bien après la réalisation du travail.

7 - Utilisation de l'EAC

L'EAC est intéressant à calculer afin d'identifier des tendances. Cependant, il est très sensible aux variations des indicateurs, c'est pourquoi il est habituellement calculé à partir de 20% du projet. De même, après 80% du projet, le manque de stabilité des indicateurs rend son calcul incertain.

Entre 20% et 80% du projet, l'EAC des CA fait partie des rapports d'avancement, à la fréquence de suivi sélectionnée.

Tout au long du projet, les problèmes évoqués dans la section **Périphérie** justifie une communication mesurée de l'EAC. Les experts l'utilisent plus comme moyen d'engager la discussion avec un responsable d'un CA ou d'un WP dont l'EAC dépasse le BAC (Budget At Completion). Cette démarche permet au responsable de se défendre, car il connaît la situation et pourra l'expliquer au gestionnaire. Garder une interprétation humaine de l'EVM permet aussi de l'intégrer dans son entreprise, car elle peut être vue par le personnel comme une manière de critiquer leur travail.

8 - Communication avec le client

Alerter le client dès que les indicateurs du projet diminuent n'est pas conseillé, car il peut s'agir d'une équipe n'ayant pas encore réclamé une partie de son avancement. Trop communiquer avec le client sur les potentiels problèmes du projet amènera à perdre la confiance de celui-ci. Lors de l'analyse des courbes, si des problèmes sont détectés, le gestionnaire doit auditer les responsables pour décider si oui ou non une mesure corrective doit être prise. Si la tendance continue sur les prochains suivis, le client pourra alors en être informé.

9 - Contingence

La plupart des gestionnaires la prennent en compte dans le PMB : elle est un montant alloué au projet pour des risques identifiés. Son absence signifierait que le PMB ne contient que le budget d'un projet sans imprévu, ce qui rendrait l'analyse des courbes bien pessimiste, avec des indicateurs probablement inférieurs à 1. La contingence n'est pas non plus un 2nd profit, et doit être utilisée. Quant à sa gestion, elle peut :

1. Faire partie du PMB, et être répartie directement dans les activités : effectuer un plan de contingence permet de la distribuer en fonction des différents besoins des activités dès la planification du projet.

2. Faire partie du PMB, et être stockée dans l'UB, et être utilisée soit lorsque les imprévus se manifestent, en réaction, soit être injectée aux activités à intervalles réguliers pour la phase suivante. Le reste de la contingence est stockée dans l'UB.

3. Ne pas faire partie du PMB, et être injectée seulement lorsque les risques identifiés apparaissent, et que l'autorisation est donnée d'effectuer un transfert. Ce processus correspond à une modification du PMB.

La solution 1 a pour avantage de rendre visible l'apport de contingence dans les courbes dès le début du projet. Toutefois, elle a aussi pour inconvénient de rendre le responsable de la tâche plus laxiste : si la PV de l'activité communiquée est le budget initial ainsi que le montant de contingence des risques identifiés, pondéré par la probabilité d'occurrence, le responsable pourrait penser qu'il doit simplement rentrer dans ce montant. Or, c'est faux : si le risque n'apparaît pas, il devrait respecter le budget initial.

Tableau C.1 Estimation de la contingence d'une activité

Budget initial	Coût du risque	Probabilité d'occurrence	PV totale
20 k$	10 k$	10%	21 k$

Une solution peut être de communiquer au responsable comme PV le budget initial, en conservant la PV totale dans les courbes des CA.

L'avantage qu'a le solution 2 sur la 3ème est qu'elle ne nécessite pas d'autorisation de modification de PMB. Bien qu'elle doive être documentée et autorisée, la procédure est moins lourde. La solution 3 assure néanmoins que la contingence n'est pas utilisée pour masquer des retards ou dépassements de coût.

Dans tous les cas, la contingence ne doit pas être utilisée pour masquer une mauvaise performance de projet : son utilisation doit correspondre aux risques identifiés lors de la planification. Elle n'est pas un 2nd profit, et est une dépense nécessaire à la réussite du projet.

Ainsi, si le client décide de modifier la portée du projet, cela peut amener le gestionnaire à demander un ajout de contingence relatif aux nouveaux risques identifiés pour cet ajout de travail.

10 - Niveau de détail des WP

Le pourcentage d'avancement est mesuré au niveau des WP. Le secteur de la construction diverge dans les pratiques : certains experts vont placer en priorité leurs CA sur des tâches unités complétées, car elle est la méthode la plus objective. D'autres experts ne souhaitent pas avoir des

WP avec un budget dépassant 100 k$ pour des tâches critiques afin d'y porter plus d'attention, alors que certaines tâches moins prioritaires dans le projet peuvent aller jusqu'à 1 M$.

En réalité, cela dépend du type d'activité et du secteur. Par exemple, pour un barrage, où il y a beaucoup de bétonnage, l'avancement se fera en priorité sur les activités où la mesure physique du béton est possible. Ce raisonnement est le même par lot. Une méthode est d'aller chercher les « quantités majeures » (major quantities) du projet et de les mesurer. Cette méthode par du postulat que les quantités majeures correspondent aux dépenses majeures du projet, l'EVM étant basée sur le coût des activités.

Le choix des WP doit aussi être cohérent avec la fréquence de suivi choisie : il est inutile de mesure la performance d'une activité d'une durée de 2 jours si le suivi est mensuel.

11 - Modifications sur le PMB

Lorsqu'on modifie un lot ou une activité déjà fermée, les experts suggèrent d'en créer un nouveau qui prendra en compte les modifications. Si les données du lot doivent être utilisées plus tard, alors le lot pourra être rouvert.

Les modifications rétroactives sont acceptées seulement pour :

- Des modifications venant du client ou de la direction.
- Des ajustements comptables de routine.
- Des modifications visant à améliorer l'intégrité du PMB et la précision des données de mesures d'avancement.
- Des délais excusables (le Covid-19 est un bon exemple), approuvés par les parties prenantes.

12 - Poste du responsable de l'application de l'EVM

Celui-ci dépend de la maturité de l'entreprise. Pour une entreprise comme celle du partenaire industriel, avec des gérants de projet et des contrôleurs de coût, la question est de savoir qui fait l'intégration des données. Les entreprises matures utilisent des contrôleurs de projet pour l'équipe de direction de projet. Bien que chaque responsable de CA soit capable de le gérer, un responsable global est nécessaire.

13 - Traçabilité et documentation

Les experts insistent sur le besoin d'avoir une trace du travail effectué. Lorsque que l'estimation d'un projet est proposée, un rapport d'estimation doit y être associé pour expliquer la démarche choisie. Il en est de même pour le planning, la contingence, les mesures correctives, les modifications apportées au PMB et leur impact, ainsi que tout autre élément intervenant dans la réalisation du projet. Reconstruire le cheminement du concepteur à partir du seul livrable final est un exercice difficile. Générer un rapport d'1 à 2 pages pour commenter le document et expliquer la manière de faire permet d'éviter les incompréhensions d'autres parties prenantes plus tard dans le projet, ainsi que de former le personnel junior.

14 - Base de données

Un des principaux apports de la méthode est qu'elle permet de comparer la performance de différents projets similaires entre eux. La construction, secteur où les projets sont souvent similaires entre eux, est tout indiquée pour cette application.

Ainsi, créer une base de données regroupant les différentes métriques de la méthode, donnera la possibilité à l'estimateur de se renseigner sur la portée, le budget, la durée, la contingence, etc., des différentes activités.

Tableau C.2 Exemple d'une base de données

Projet	Code Activité	Responsable	Budget	Durée	Contingence	CPI	CPI/CPImoyen	Durée/Durée réelle	Contingence/Contingence réell	Remarques
P001	L001	Tremblay	$ 2 500 000,00	8 mois	200 000,00 €	1,03	0,99	0,98	1,25	Covid-19
P001	L002	Gagné	$ 1 000 000,00	6 mois	150 000,00 €	0,90	0,83	0,79	0,67	Retard fournisseur
P001	L003	Labelle	$ 3 000 000,00	9 mois	150 000,00 €	1,10	1,20	1,13	2,00	RAS

Le Tableau C.2 propose un exemple de base données pour quelques activités d'un projet.

La documentation des différentes étapes du projet devra également être présente, afin de permettre au personnel junior de pouvoir comprendre le cheminement des anciens gestionnaires et estimateurs de projet.

15 - Méthodes d'estimation de l'avancement

Les méthodes sont à sélectionner au niveau des WP, afin de permettre l'estimation de l'avancement la plus juste possible. Elles sont réparties en 2 catégories :

- Les méthodes quantitatives : basées sur des progrès physiques et mesurables, elles sont le type de méthode à privilégier.
- Les méthodes qualitatives : basées sur des hypothèses simplificatrices ou des estimations subjectives, elles sont principalement un choix d'estimation par défaut.

Méthodes quantitatives

Méthode de la formule fixe (Fixed Formula)

Un pourcentage d'avancement est attribué à l'activité dès que celle-ci commence. Ensuite, l'activité ne réclame pas d'avancement tant qu'elle n'est pas terminée. Cette méthode est principalement utilisée en 0/100 ou 25/75. Elle est utilisée pour des tâches de courtes durées (inférieures à 2 périodes de suivi). En effet, une estimation très précise n'est pas nécessaire, car sa courbe d'avancement ne consistera qu'en 2 points au maximum.

Tableau C.3 Exemple de la méthode de la formule fixe

Méthode	Budget	Début	Fin
		PV (ou EV)	PV (ou EV)
0/100	5000	0	5000
50/50		2500	5000
25/75		1250	5000

Méthode des jalons (Incremental Milestones)

Il s'agit d'un cumul de la méthode de la formule fixe 0/100. La tâche est divisée en jalons, correspondant à l'atteinte d'un objectif. Chaque jalon est pondéré par un pourcentage du coût total de l'activité. L'avancement n'est réclamé que quand un jalon est atteint. Cette méthode est adaptée

à des processus standardisés, car le découpage en jalons est alors déjà présent dans le processus de l'entreprise.

Tableau C.4 Exemple de la méthode des jalons

Jalons	Poids	Budget	PV (ou EV) cumulée
J1	15%	5000	750
J2	25%		2000
J3	20%		3000
J4	40%		5000

Unités complétées (Units Completed)

Il s'agit d'une mesure de l'avancement basée sur le progrès physique de l'activité, en faisant un ratio de la quantité réalisée sur la quantité totale. Ainsi, si 100 fenêtres doivent être installées, en avoir posé 40 donnera un pourcentage d'avancement de 40%. Cette méthode est la plus répandue dans le domaine de la construction, et elle est à privilégier.

Tableau C.5 Exemple de la méthode des unités complétées

Unités complétées	Budget	PV (ou EV) cumulée
10	5000	500
40		2000
75		3750
100		5000

Pourcentage complété (Percent Complete)

Il s'agit de l'estimation du pourcentage d'avancement par un responsable. Cette estimation doit se baser sur des observations objectives, en spécifiant des critères d'évaluation approuvés par les parties prenantes.

Tableau C.6 Exemple de la méthode du pourcentage complété

Avancement estimé	Budget	PV (ou EV) cumulée
10%	5000	500
30%		1500
70%		3500
100%		5000

Techniques de combinaison (Combination Techniques)

Il est possible de séparer l'activité en différentes parties, sur lesquelles des méthodes différentes peuvent être appliquées. Cette méthode est recommandée pour les travaux complexes se déroulant sur une longue période, en utilisant 2 ou plusieurs autres méthodes quantitatives. Par exemple, son emploi serait pertinent pour l'installation des fondations d'un bâtiment : l'avancement des travaux d'excavation serait estimé avec les unités complétées (mètres cubes de terre retirés), la méthode des jalons pourrait être utilisée pour le coffrage, et la formule fixe 0/100 pour le coulage du béton. Le découpage de la tâche suit généralement celui du WBS.

Méthodes qualitatives

Effort attribué (Apportioned Effort)

Cette technique est employée pour des tâches difficiles à estimer et dépendantes d'autres tâches à la mesure physique. Il s'agit de pondérer l'EV de la tâche subordonnée par rapport à celle de la tâche de référence. L'EV de la tâche subordonnée sera alors égale à l'EV de la tâche de référence, proportionnellement à la pondération choisie. Il est important que l'avancement de la tâche de référence soit calculé à partir d'une estimation objective, car cette méthode demeure approximative. Réaliser un effort attribué à partir d'une valeur subjective rendrait le résultat imprécis et peu fiable. Si possible, cette technique est à préférer à celle de niveau d'effort, car elle permet de rendre compte de la mauvaise performance du projet.

Tableau C.7 Exemple de la méthode de l'effort attribué

Tâche de référence		Tâche subordonnée	
Avancement	**Budget**	**Pondération**	**PV (ou EV) cumulée**
20%	5000	10%	100
35%			175
65%			325
100%			500

Niveau d'effort (Level Of Effort)

Lorsque qu'aucune autre technique n'est appropriée, le niveau d'effort suppose que la tâche se passe comme prévu, ce qui signifie que l'EV est égale à la PV. Cette méthode est dangereuse, car si la tâche est en retard, l'EV sera quand même réclamée. Les tâches niveau d'effort ne doivent pas excéder 10% du budget total du projet, car elles diminuent l'impact qu'ont les autres tâches sur les indicateurs : si un projet, constitué à 50% de tâches niveau d'effort, prend 30% de retard, les indicateurs de l'EVM ne montreront qu'un retard d'environ 15%.

Tableau C.8 Exemple de la méthode du niveau d'effort

Avancement prévu	Budget	PV	EV
25%	5000	1250	1250
40%		2000	2000
80%		4000	4000
100%		5000	5000

16 - Diagramme de décision des méthodes d'estimation

La Figure C.2 a pour objectif d'aider le planificateur à choisir la méthode d'estimation du WP étudié. Cependant, elle ne doit en aucun cas être utilisée sans prendre en considération les précisions sur les méthodes énoncées précédemment

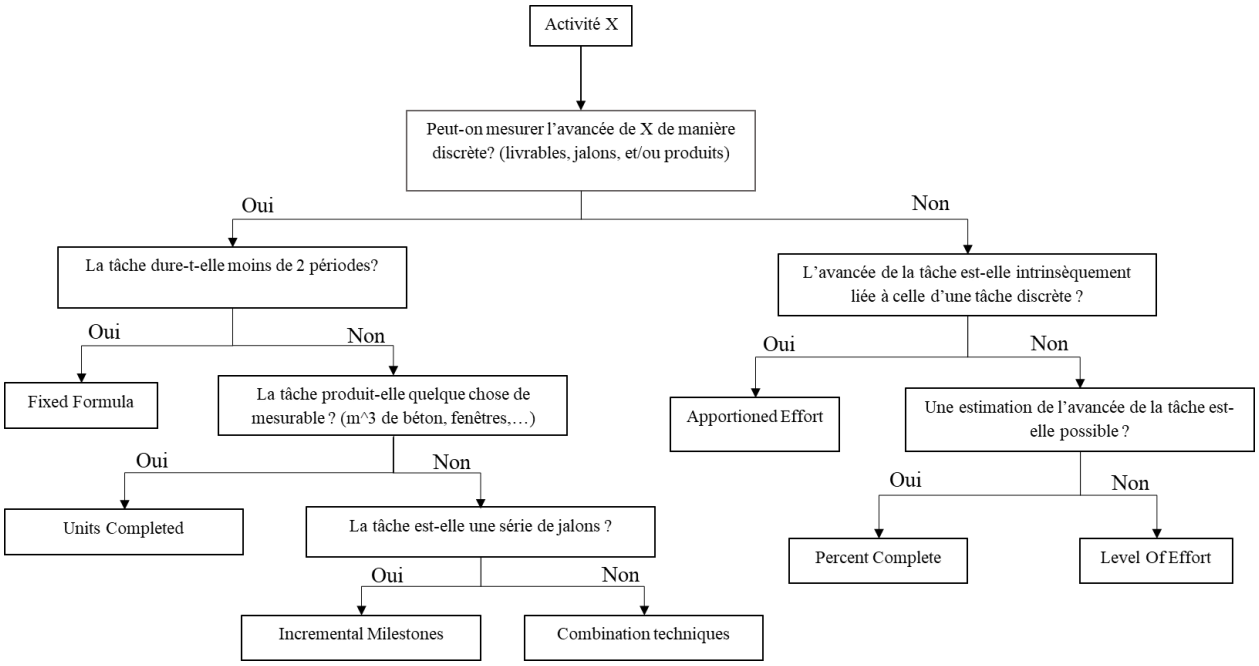

Figure C.2 Résumé du processus de choix de la méthode d'estimation pour une tâche donnée

ANNEXE D RECOMMANDATIONS

Les recommandations ont été sélectionnées à partir de 3 standards :

- Le standard du PMI : « Practice Standard for Earned Value Management (Second Edition) ».
- Le standard australien : « AS 4817-2006, Project performance measurement using Earned Value ».
- Le standard américain : « ANSI EIA-748 Earned Value Management Systems ».

Cette sélection est basée sur les stratégies établies avec les représentants du partenaire industriel :

- La stratégie T_1 correspond à une implantation basique de l'EVM (Earned Value Management) traditionnelle, et demande le moins possible de nouveaux besoins en ressource, documentation ou modifications sur les processus actuels. Cette stratégie doit être implantable au court terme.
- La stratégie T_2 correspond à une implantation optimisée de l'EVM. Elle doit également se baser sur les processus déjà en place, tout en permettant l'emploi de technologies 4.0.

Les 2 stratégies s'intéressent à tous les processus impliqués dans l'implantation de l'EVM, c'est pourquoi chacune des stratégies sera composée des 9 étapes de réalisation d'un projet proposés dans la Figure D.1. Pour chaque étape, les recommandations T_1 et T_2 seront spécifiées.

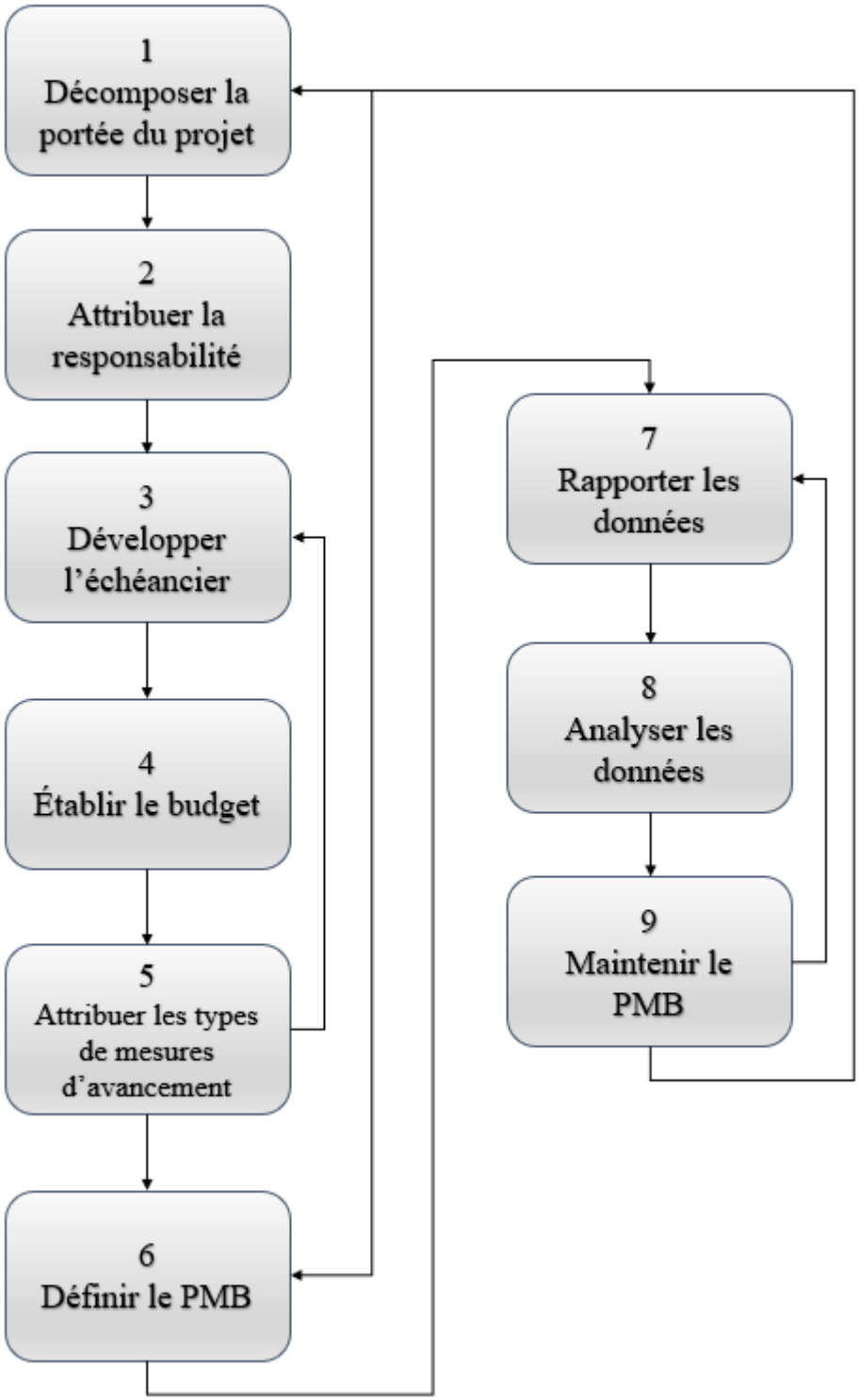

Figure D.1 Étapes d'implantation et leurs relations entre elles

1- Décomposer la portée du projet

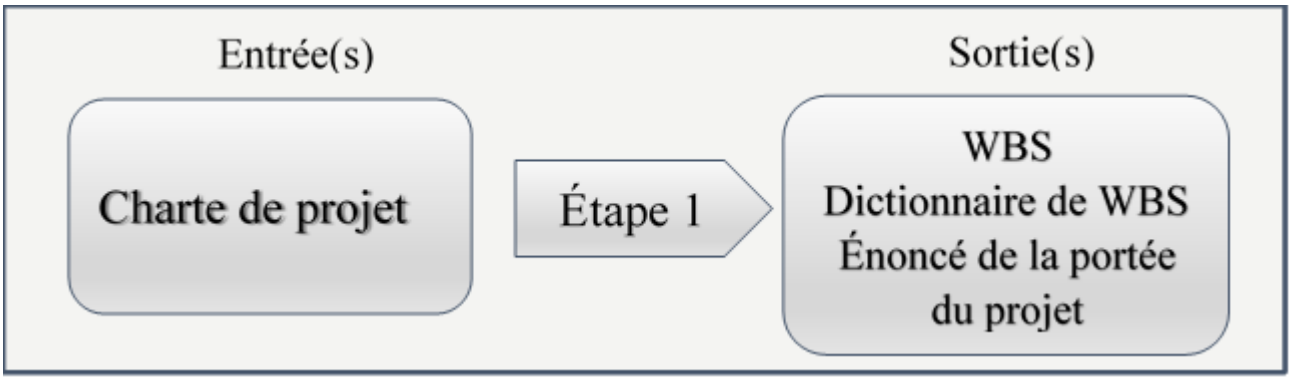

Figure D.2 Entrées et sorties de l'étape 1

Un WBS (Work Breakdown Structure) bien structuré est essentiel dans l'application de la méthode de gestion de la valeur acquise. Il doit permettre une identification logique de livrables, jalons et produits. Lors de sa création, une décomposition supplémentaire doit toujours être justifiée : que ce soit pour répartir le travail à différents responsables, faciliter le suivi ou pour rédiger des autorisations de travail, il faut éviter de discrétiser les lots inutilement.

On appellera « Portée de référence » l'ensemble des 3 sorties.

Recommandations

T1 :

- L'audit a démontré que la maturité du partenaire au niveau du WBS est suffisante pour une implantation basique.

T2 :

- Standardiser le WBS par une uniformisation des pratiques en termes de codification, mais aussi en décomposition du contenu permettra un découpage plus homogène entre projet de même type, ainsi que de faciliter la formation du personnel junior.

- Créer des bases de données afin de raffiner l'estimation en coût et en temps des activités. Grâce aux métriques de la méthode et à la standardisation du WBS, il sera possible de comparer des tâches standardisées entre elles. Il suffira alors d'analyser les tendances et de corriger l'estimation (voir **Bonnes pratiques 14 – Base de données**).

2- Attribuer de la responsabilité

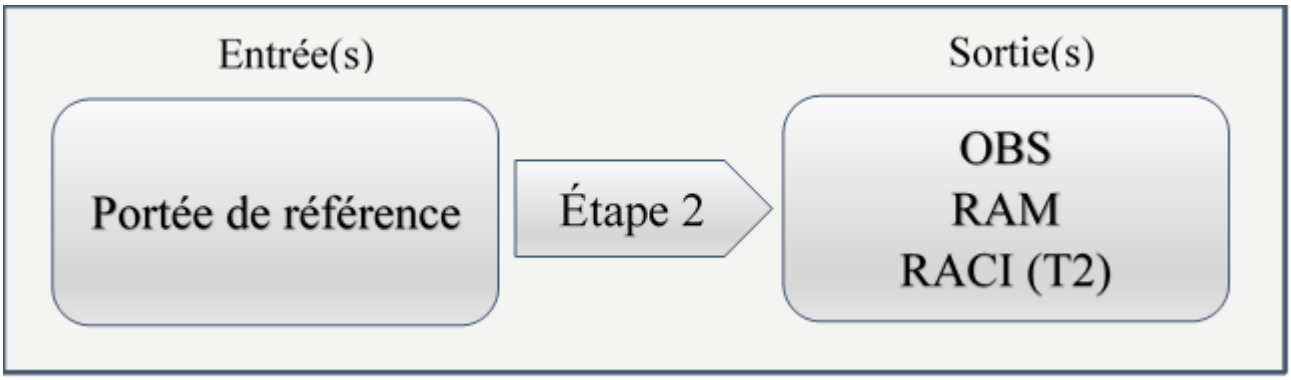

Figure D.3 Entrées et sorties de l'étape 2

L'OBS (Organizational Breakdown Structure) permet d'identifier les responsables des différents lots du projet. Il permet de segmenter la gestion du projet, et de faciliter le suivi en identifiant ensuite un individu compétent du département associé.

Recommandations

T1 :

- Utiliser la matrice RAM (Responsibility Assignment Matrix) de manière systématique permettra une meilleure visibilité au niveau du projet. Les colonnes correspondent aux différents éléments du WBS, et les lignes aux départements impliqués dans le projet. A ce stade, l'identification de l'individu responsable peut encore ne pas avoir été faite. L'intersection des lignes et des colonnes correspond à des Control Account (CA).

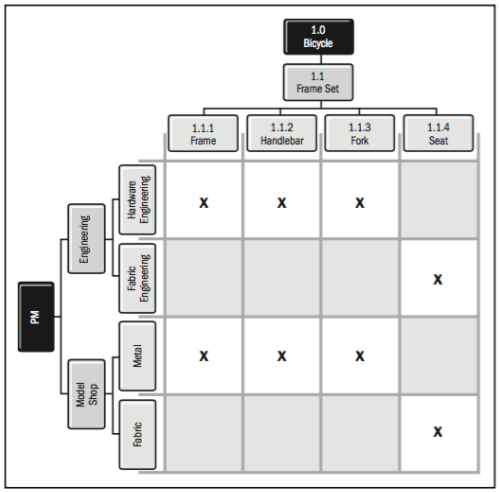

Figure D.4 Exemple de matrice de responsabilité

T2 :

- Adapter le niveau de détail du découpage organisationnel du projet. En fonction du projet, le niveau de détail organisationnel nécessaire peut fortement varier. Il doit être cohérent avec le suivi de projet, notamment dans la collecte des données d'avancement. Ainsi, au niveau des WP (Work Package) et des CA, il est essentiel d'avoir un responsable. Toutefois, il est important de rappeler qu'un niveau trop faible peut surcharger un responsable. Au contraire, un niveau de détail trop élevé aura pour conséquence un micro-management des activités, ce qui rajoutera du bruit dans les analyses et la communication globales du projet. Le contrôleur de projet doit s'assurer de la cohérence du découpage et de la pertinence du personnel sollicité (voir **Bonnes pratiques 12 – Poste du responsable de l'application de l'EVM**).
- Identifier dans les matrices un responsable à l'interne, dans le cas où des éléments du WBS sont sous-traités.
- Utiliser la matrice RACI (Responsible, Accountable, Consulted and Informed), une variante de la RAM, qui permet de préciser l'implication des différents acteurs du projet.

RACI	Gagné	Tremblay	Champion	Grillon	Broggi	Mosser	Pommon
Planning/Scheduling	R	A	I	C		I	
Risk Management		I	I		R		
Quality Management			A	I			R
Procurement		C	A	R	I		
Sote Requirement	I	A			C	R	I
Contract Negotations	I	R	C				A

Figure D.5 Exemple de matrice RACI

3- Développer l'échéancier

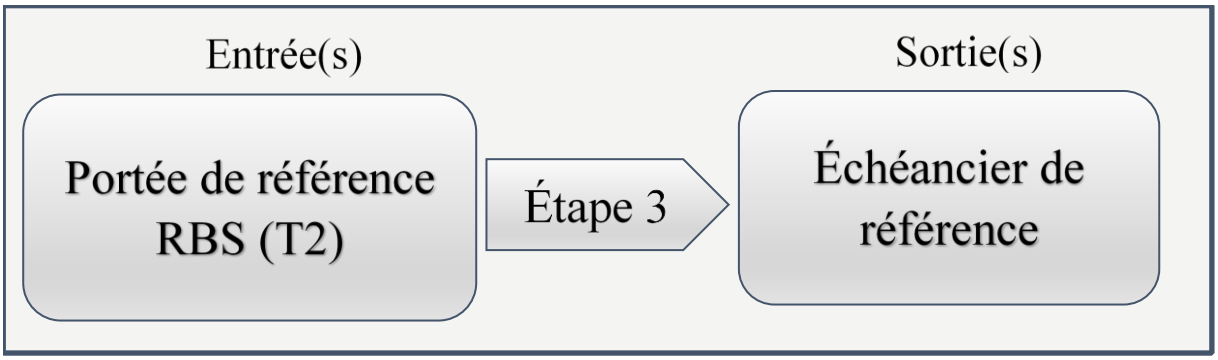

Figure D.6 Entrées et sorties de l'étape 3

Cette étape consiste à donner aux éléments du WBS un ordonnancement séquentiel et dans le temps.

Recommandations

T1 :

- Différencier le type de ressource en fonction de leur nature (humaines, matérielles, etc…). Ceci permettra une meilleure gestion du budget, lorsque les coûts seront intégrés à l'échéancier (voir étape 4, T2, recommandation n°2).

T2 :

- Créer le RBS (Resource Breakdown Structure), qui correspond aux ressources nécessaires aux activités du WBS, afin de mieux visualiser leur mobilisation au cours du projet.
- Utiliser des modèles de consommation de ressources cohérents avec la réalité En termes de consommation des ressources, la plupart des logiciels (par exemple MS Project) considère une consommation linéaire si aucune autre information n'est renseignée. Or, cette approche est bien souvent approximative, et il est essentiel d'utiliser un modèle de consommation de ressources appropriée à la situation.
- Ne pas apporter de modification à l'échéancier de base. De la même manière que l'EVM proscrit toute modification au budget de manière rétroactive, il en est de même avec l'échéancier de base. Attention toutefois à différencier l'échéancier de base utilisé pour l'EVM, et l'échéancier réel, en dehors de la méthode.

- Estimer la durée des activités à partir de bases données d'anciens projets. La standardisation du WBS permettra d'étudier les tâches similaires sur des projets passés, et ainsi d'obtenir une durée plus précise de l'activité. (voir **Bonnes pratiques 14 – Base de données**).

4- Établir le budget

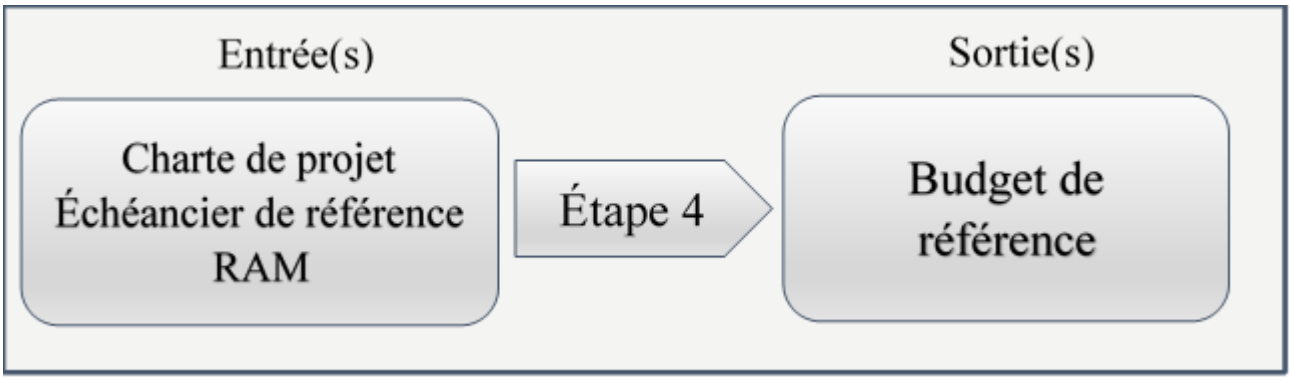

Figure D.7 Entrées et sorties de l'étape 4

Cette étape consiste à attribuer un budget aux lots de travail et d'activités du projet. Elle est appliquée de manière itérative avec le développement de l'échéancier, par des aller-retours successifs.

Recommandations

T1 :

- Exprimer le budget en fonction de sa nature (dollars, heures de travail, ou toute autre unité mesurable) au niveau des activités.

T2 :

- Renseigner le budget des lots et des activités dans l'échéancier. Cette intégration de la durée et du coût des activités permettra un suivi de meilleure qualité, et une cohérence dans la comparaison puis l'analyse des variances.
- Répartir les estimés sur la durée totale de l'activité correspondante, en choisissant une répartition adaptée à la réalité des dépenses.
- Estimer le budget des activités à l'aide d'une base de données. La standardisation du WBS permet une comparaison plus juste sur les projets antérieurs : les estimés doivent être mis à jour en fonction de la tâche et de la nature du projet. Une comparaison des CPI et des contingences de la tâche sur les projets récents permettra une estimation plus précise des budgets (voir **Bonnes pratiques 14 – Base de données**).

- Identifier les lots ou activités qui engendrent les coûts indirects, et les répartir de manière adéquate. Un coût indirect important dans une activité doit être visible dans celle-ci, et non reporté dans une autre activité indépendante.

5- Attribuer les types de mesures d'avancement

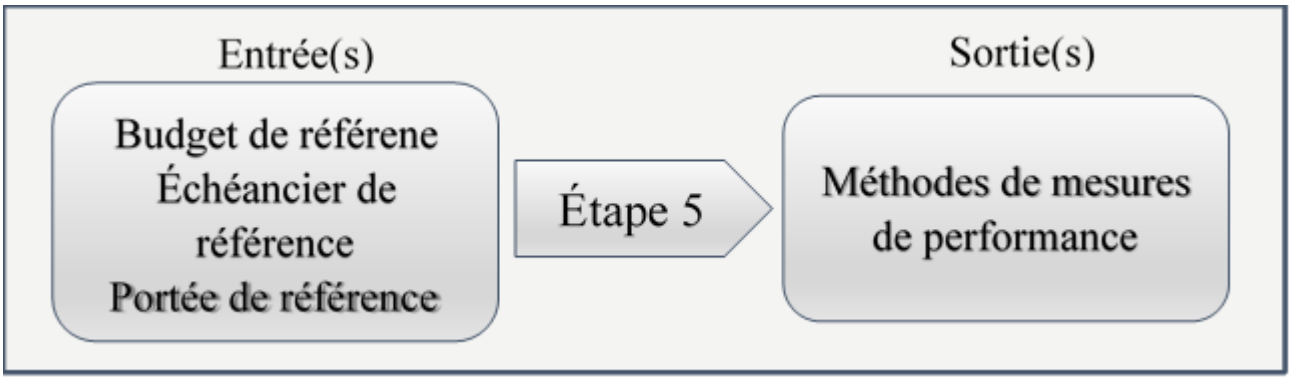

Figure D.8 Entrées et sorties de l'étape 5

Un enjeu clé de l'implantation de la méthode de la valeur acquise est la précision sur l'estimation de l'avancement des tâches : si cette mesure comporte beaucoup d'incertitudes, le calcul de variances sera non seulement faux, mais pourra aussi amener le gérant de projet à ne pas remarquer une situation alarmante sur un lot, voire à prendre des mesures qui n'étaient finalement pas nécessaires.

Recommandations

T1 :

- Identifier les WP du projet, c'est-à-dire les éléments du WBS où l'avancement sera mesuré. (voir **Bonnes pratiques 10 – Niveau de détail des WP**).
- Déterminer la méthode d'estimation de l'avancement d'un WP avant le début de celui-ci. Il ne peut pas être changé lorsque celle-ci est en cours de réalisation (voir **Bonnes pratiques 15 – Méthodes d'estimation de l'avancement**).
- Choisir une fréquence de suivi d'avancement pour l'EVM cohérente avec la fréquence de suivi des coûts réels : un suivi quotidien est inutile si les coûts réels sont étudiés tous les mois.

T2 :

- Le choix du type de mesure d'avancement doit prendre en compte la distribution du coût reel sur l'activité. Certaines dépenses ponctuelles peuvent altérer l'analyse de la méthode (voir **Bonnes pratiques 5 – Données ponctuelles pouvant altérer les données**).
- Mettre à jour les WP avec les informations disponibles sur les tâches :

1. La méthode d’estimation d’avancement utilisée.
2. La fréquence de mesure.
3. S’il y a lieu, l’unité de mesure (quantité de produits, jalons, etc…).

- Limiter le nombre de tâche du type Level Of Effort (LOE) est primordial pour assurer un bon comportement des variances. En effet, les tâches LOE se passent automatiquement comme prévu, donc leur valeur acquise est toujours égale à leur valeur planifiée. Plus on a un nombre élevé de tâches LOE, moins on se rendra compte de la tendance qu’est en train de prendre le projet. (Voir **Bonnes pratiques 15 – Méthodes d’estimation de l’avancement**).

6- Définir le Performance Measurement Baseline

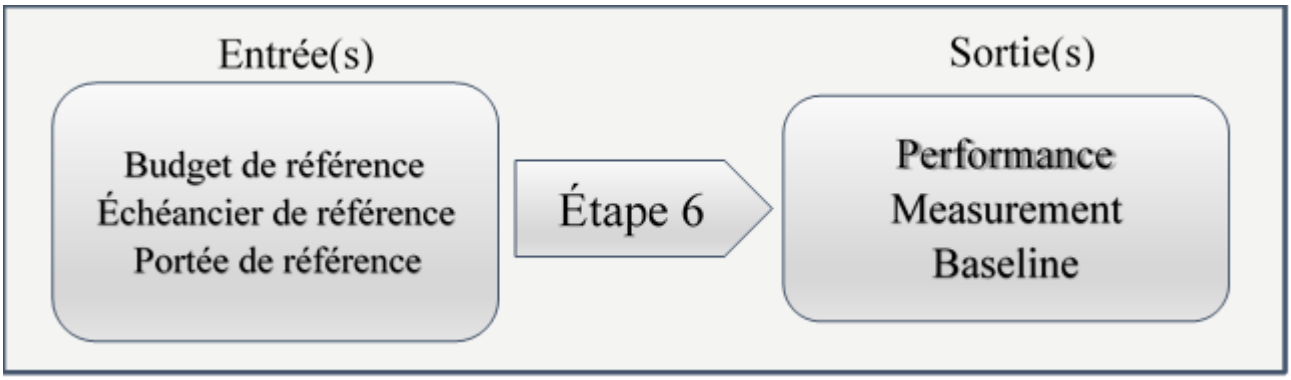

Figure D.9 Entrées et sorties de l'étape 6

Le PMB est l'intégration des 5 premières étapes : portée, responsabilité, échéancier, budget et méthodes de mesures.

Cela permettra de contrôler le projet tout au long de son exécution : le PMB est la base de comparaison sur laquelle les courbes de valeur acquise seront établies.

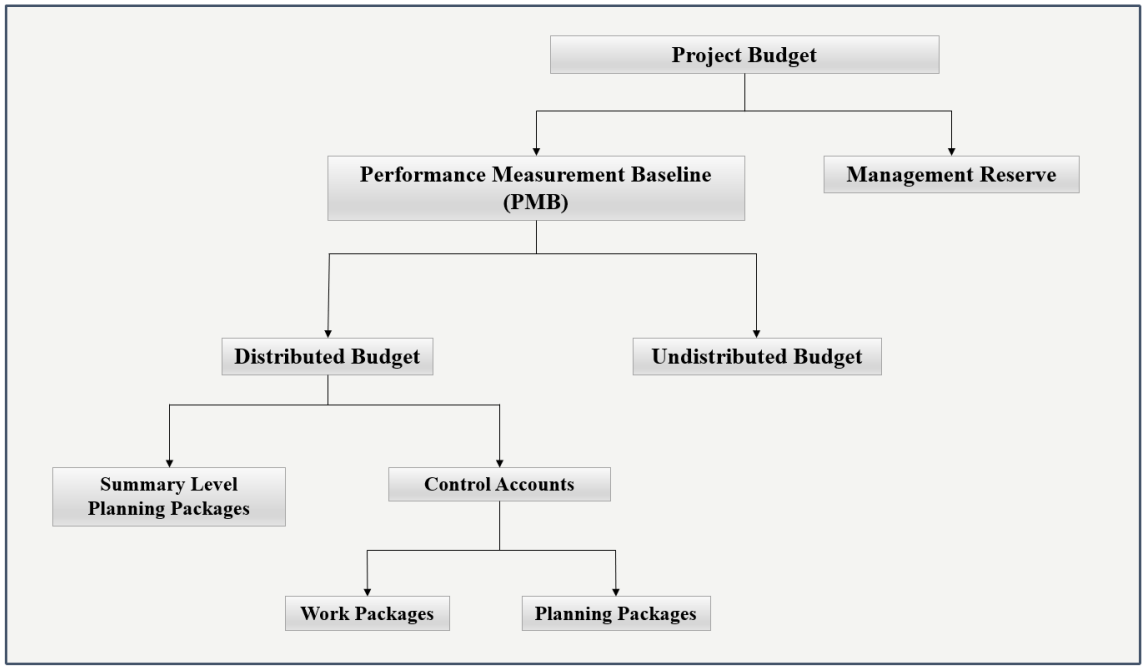

Figure D.10 Répartition du budget de projet

Le budget de projet ne prend pas en compte le profit : celui-ci se situe à un niveau supérieur qui n'apparaît pas sur la figure ci-dessus. Cette représentation des budgets sous-entend que le choix a été fait de prendre en compte la contingence dans le PMB. Elle pourra se trouver soit directement dans les WP, ou alors dans l'UB en attendant d'être distribué (voir **Bonnes pratiques 9 – Contingence**).

Le PMB doit concentrer l'essentiel de l'effort nécessaire à l'application de la méthode : un PMB de pauvre qualité rendra au mieux la méthode inutile, au pire dangereuse pour le suivi du projet.

Recommandations

T1 :

- Réaliser systématiquement le PMB sur tout projet nécessitant l'EVM.
- Ne pas modifier l'EV d'une activité à cause d'un imprévu ou un changement de la portée du projet. La valeur acquise d'une activité ne pourra jamais excéder le budget de celle-ci, et la valeur acquise d'une tâche complétée doit être égale à son budget. Si on justifie un surcoût par un changement sur la portée du projet, on ne monte pas artificiellement la valeur acquise des activités, il faut modifier la PV (Planned Value) de la tâche. Il faut pour cela suivre la procédure de l'étape 9, qui vise à modifier le PMB à la suite d'un changement de portée du projet.
- Identifier les CA du projet, c'est-à-dire les éléments du WBS où les courbes de l'EVM seront analysées (voir **Bonnes pratiques 4 – Niveau de détail des CA**).

T2 :

- Garder une trace de la réserve budgétaire (Management Reserve). Elle n'est pas assignée aux activité (voir figure II.4), mais doit être identifiée si utilisée.
- Choisir un niveau de détail des estimés suffisant pour éviter d'avoir une courbe de PV en morceaux de droite. Les estimés en coût sont développées pour chaque Work Package (WP), Planning Package (PP) et Summary Level Planning Package (SLPP) (voir définitions) en début de projet. Les estimés des WP doivent être suffisamment robustes pour permettre de générer un PMB correct (si on reste trop haut au niveau des lots, avec des estimations trop simples, la courbe de PV n'apparaîtra pas continue, mais en segments de courbe).
- Faire vérifier et valider les estimés des CA par leurs responsables.
- Renseigner les transferts de budget entre l'Undistributed Budget (UB) et le Distributed Budget. En pratique, la valeur acquise est souvent appliquée par phase, car si une grosse somme est

encore dans l'UB en début de projet, les prédictions de la méthode sont faussées (le budget de l'UB n'apparaît pas dans les courbes car il n'est pas réparti dans le temps).

- S'assurer que la somme des différents budgets soit égale au budget du PMB, en respectant la logique de la figure II.4. Cela concerne en premier lieu les CA (qui correspondent au WP et PP), car au court terme la bonne distribution de leur budget est primordiale à la réussite du projet. De même pour le long terme, il faut s'assurer que les montants de contingence, MR et UB (qui doit être distribué dès qu'il est possible de le faire) soient cohérents avec le coût total du projet.

7- Rapporter les données

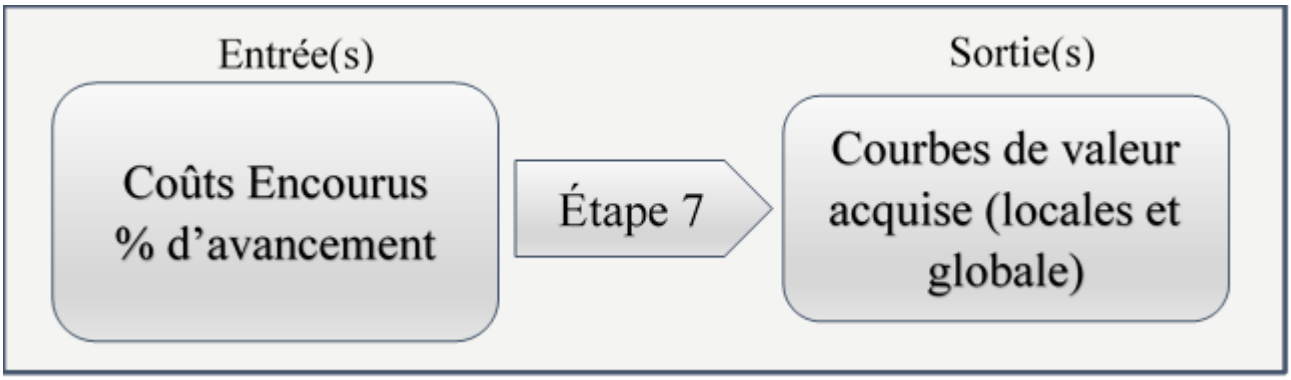

Figure D.11 Entrées et sorties de l'étape 7

Le PMB est désormais fixé, la Valeur Planifiée du projet est donc en place. Afin d'aller à la prochaine étape qui consiste à analyser les courbes, il faut pour cela construire les courbes de Valeur Acquise et de Coût Réel.

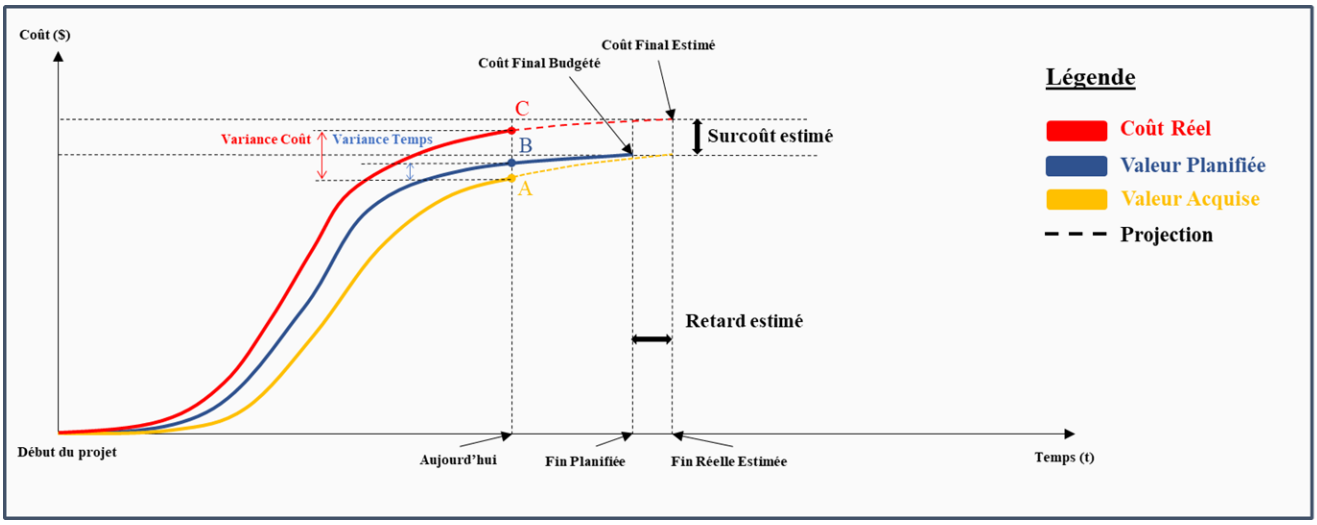

Figure D.12 Courbes de valeur acquise d'un projet

Recommandations

T1 :

- Autoriser le travail planifié avant de l'exécuter. Chaque responsable de WP doit connaître son budget, ses ressources et son échéancier pour chacune des tâches dont il est responsable.

- Rapporter et renseigner dans les WP le pourcentage d'avancement des activités à une fréquence fixe et cohérente avec la collecte des coûts encourus et la fréquence de suivi. Ce pourcentage, pondéré par le budget du WP, correspond à la Valeur Acquise.

  - Centraliser les 3 valeurs de l'EVM sous la même plateforme. Afin de faciliter la gestion des paramètres, la gestion de la Valeur Prévue, du Coût Réel et de la Valeur Acquise doit se faire au même endroit. La Valeur Acquise (et donc le pourcentage d'avancement) est à ajouter à CMIC.
  - Rapporter comme coûts réels non pas les coûts au sens comptable, mais les coûts encourus (voir **Bonnes pratiques 6 – Coût Réel**).

La mesure des données doit se faire à un niveau égal ou proche de l'assignement de responsabilité.

Ainsi on s'assure que la mesure est effectuée par un personnel au courant de la réalité de l'activité.

Attention toutefois aux biais qui s'appliquent sur un personnel interne.

T2 :

- Adapter la fréquence de suivi en fonction de la performance du projet. Elle peut être adaptée par type de projet, mais aussi en fonction de sa performance : il est possible de convenir de suivre le projet mensuellement s'il se passe comme prévu, et passer sur un suivi hebdomadaire si les performances de celui-ci diminuent.

8- Analyser les données

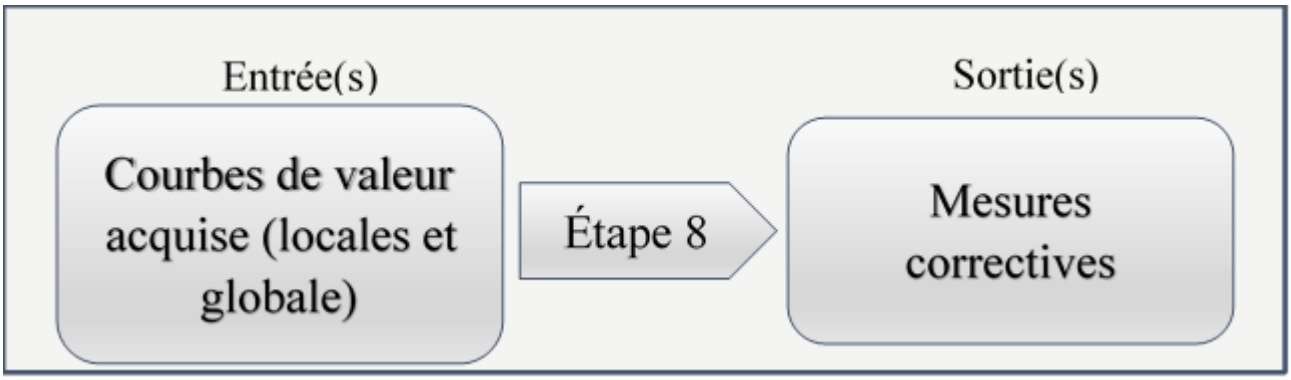

Figure D.13 Entrées et sorties de l'étape 8

Une fois que les données ont été transmises, elles doivent être analysées par un responsable. Il peut s'agir d'un coordinateur de projet, ou de responsables de lots formés à la méthode. Cette analyse permet d'ensuite prendre les mesures correctives nécessaires.

Recommandations

T1 :

- Générer le rapport d'avancement du CA, à partir de l'information des WP. Le calcul des variances et des indicateurs de performance doit être effectué.
- Faire interpréter les variances et indices de performances par le responsable du CA afin de rectifier une baisse de performance, ou d'en anticiper une. Ces signaux d'alerte vont alors pouvoir lui faire prendre les mesures correctives en adéquates.
- Calculer l'Estimate At Completion (EAC) afin d'estimer le coût final d'un lot ou d'un projet. Son calcul sur une activité n'est pas recommandé, car le calcul est peu fiable sur une quantité de données aussi faible. Quant à sa communication, voir **Bonnes pratiques 7 – Utilisation de l'EAC**.

T2 :

- Attribuer à l'avance aux activités un intervalle de variance (ou d'indice de performance) acceptable. Cela facilitera l'analyse des activités ou lots sur lesquels on mesure l'avancement. Ces intervalles devront être mis à jour en fonction des projets antérieurs. Cela n'exclut pas que le responsable devra prendre en compte la réalité du déroulement du projet lors de la prise des mesures correctives.

- Documenter la prise des mesures correctives : l'analyse des métriques de la méthode doit être expliquée, ainsi que le choix de la mesure corrective.
- Analyser les variations des EAC (Estimate At Completion) au fil du temps afin d'anticiper toute demande de financement supplémentaire (voir **Bonnes pratiques 7 – Utilisation de l'EAC**).

9- Maintenir le PMB

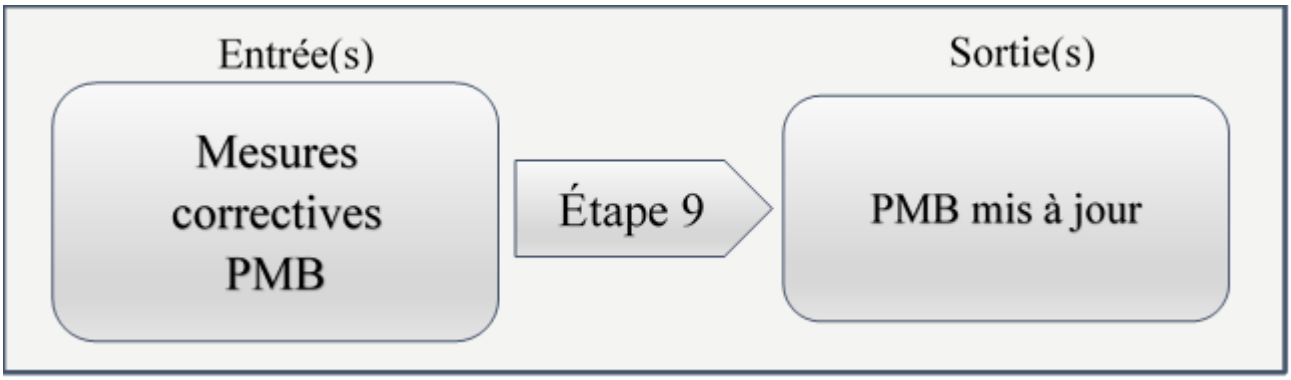

Figure D.14 Entrées et sorties de l'étape 9

La prise de mesures correctives amènera parfois le gestionnaire à devoir modifier son PMB. Cette étape vise à définir des règles à suivre afin de conserver l'intégrité du PMB, et donc également celle des futures analyses.

Recommandations

T1 :

- Toute modification apportée au PMB doit être autorisée par le responsable du CA.

T2 :

- Ne pas effectuer de changement rétroactif sur le PMB, sauf cas spécifique (voir **Bonnes pratiques 11 – Modifications sur le PMB**).
- Incorporer les changements de budget et de portée dans les éléments du WBS concernés, puis réconcilier les différents budgets de projet. De plus, le budget ne doit jamais être changé seul afin d'éliminer des variances : la PV d'une activité ne peut donc pas être modifiée sans que la portée du projet le soit.
- S'interroger sur un potentiel ajout de contingence ou de réserve budgétaire lors des changements de portée. La contingence prévue antérieurement n'a pas à être utilisée pour financer un changement de portée du projet (voir **Bonnes pratiques 9 – Contingence**).
- Documenter les changements incorporés au PMB et leurs conséquences. En fin de projet, on pourra alors établir un constat sur l'impact des mesures correctives sur la suite du projet.

ANNEXE E CARTOGRAPHIES

La cartographie T_0 est disponible à l'adresse suivante :

https://drive.google.com/file/d/1wuiYIiUk65zwOm3FPDJ--csNp2nIQaXp/view?usp=sharing

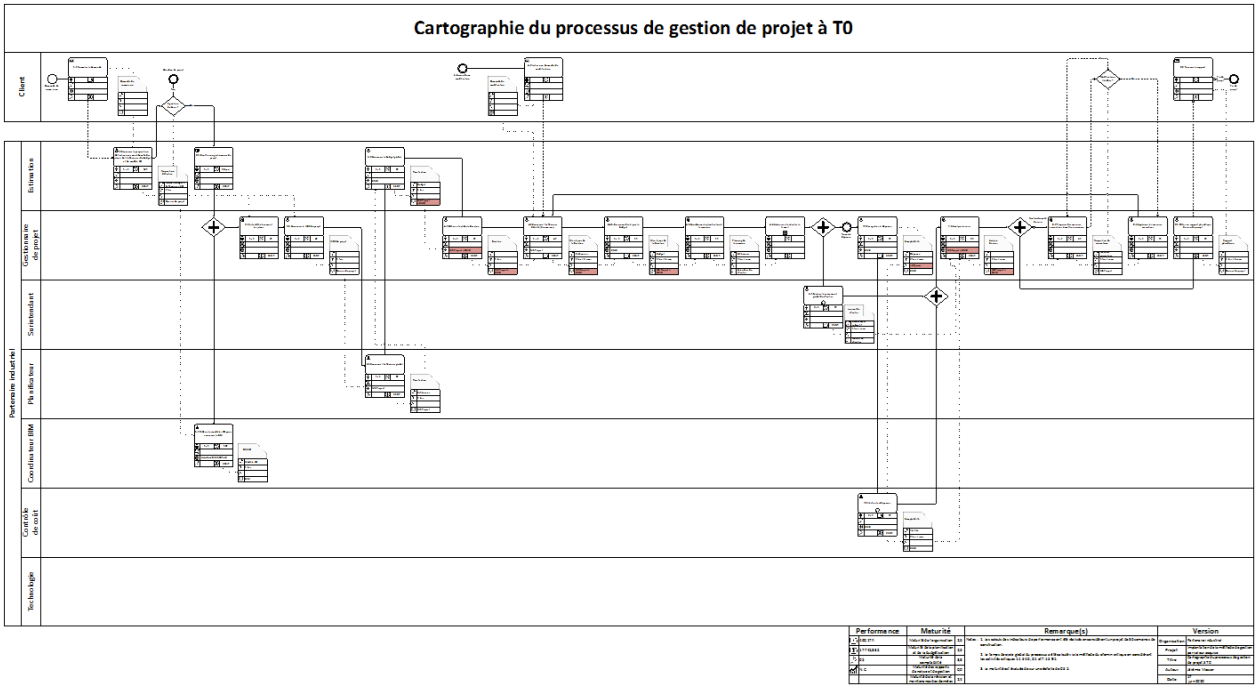

Figure E.1 Cartographie du processus de gestion de projet à T_0

La cartographie T_1 est disponible à l'adresse suivante :

https://drive.google.com/file/d/1tTIyiZRMnPcNf1cWc3zX0D_glDfnjLhQ/view?usp=sharing

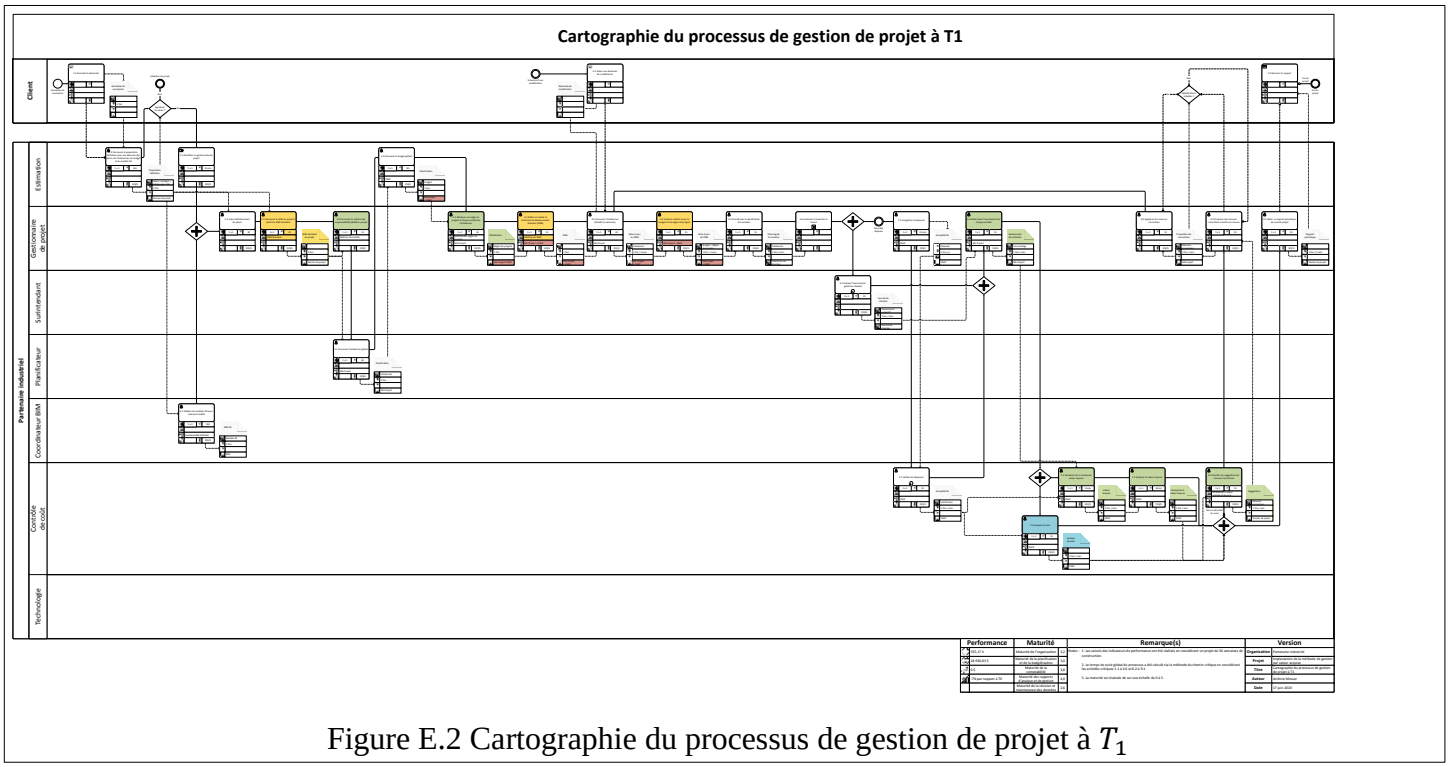

Figure E.2 Cartographie du processus de gestion de projet à T_1

La cartographie T_2 est disponible à l'adresse suivante :

https://drive.google.com/file/d/1rL7nDQR6P8-wa_MAD9dny7fv23y4oVEh/view?usp=sharing

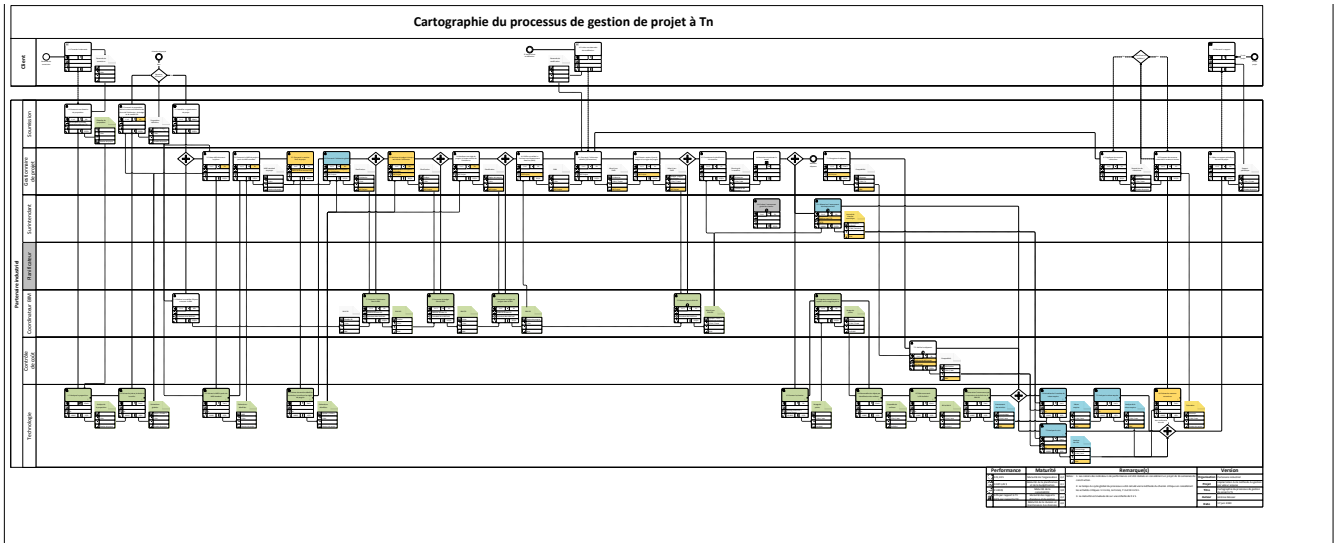

Figure E.3 Cartographie du processus de gestion de projet à T_2