

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

L'INDUSTRIE 4.0 ET LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS DE PROJET

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA
MAÎTRISE EN GESTION DE PROJET**

**PAR
AMINA HASSANI**

Août 2020

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

Résumé

La transformation numérique des PME manufacturières est un moyen de développement du secteur manufacturier et un levier clé pour le développement économique du Québec. Cette transition vers le numérique, appelée aussi industrie 4.0, apporte des changements de grande envergure, aux entreprises, non seulement par l'introduction des technologies et des équipements, mais touche également aux modèles d'affaires et de création des valeurs, aux méthodes de travail et au management organisationnel des entreprises. Dans ce contexte, les PME industrielles sont appelées à tirer profit des capacités numériques offertes par l'Industrie 4.0. En effet, plusieurs industries dans le monde mettent en place des projets stratégiques de transformation numérique basés sur des normes internationales et des plateformes collaboratives afin de renforcer leur avantage concurrentiel.

Cette recherche-action vise à analyser l'ensemble des facteurs et approches de gestion de projet (facteurs clés de succès (FCS) de l'industrie 4.0) qui peuvent influencer la réussite des projets 4.0, et en quoi le niveau de maturité numérique peut renforcer cette influence. L'analyse des résultats nous a permis de confirmer que la maturité numérique et les 10 facteurs clés de succès présentent un effet significatif sur le succès des projets 4.0 et que cet effet est modéré par les phases du cycle de vie du projet. L'influence associée à chacune de ces variables a permis de hiérarchiser les facteurs clés du succès des projets 4.0 selon les phases de cycle de vie du projet.

Mots clés : industrie 4.0, maturité numérique, PME, étude de cas gestion de projet facteurs clés de succès, succès des projets 4.0,

Remerciement

Je ne trouve pas suffisamment de mot pour exprimer ma gratitude envers les personnes qui ont été à mes côtés tout au long de ce voyage académique.

En premier lieu j'aimerais adresser mes sincères remerciements à mon directeur de recherche *Christophe Bredillet* pour sa disponibilité et ses conseils pointus. Je remercie également mon professeur *Darli Rogriguez Viera* pour son suivi et ses encouragements.

Merci à l'entreprise qui m'a donné l'opportunité d'explorer ce qui se passe chez le train,

À Mitacs pour la bourse de stage de recherche en entreprise qui m'a permis de mener à bien cette recherche.

Je remercie également du fond du cœur ma famille, précisément mon frère *Mohamed* avec qui j'ai pu discuter souvent toutes les étapes de ma recherche. Merci beaucoup mon frère pour ton amour, ta présence, et ton accompagnement. Pour finir, je remercie aussi mes amis avec qui j'ai pu discuter et développer mes idées.

Table des matières

RÉSUMÉ	III
REMERCIEMENT	IV
LISTE DES FIGURES	VIII
LISTE DES TABLEAUX	IX
LISTE DES ABRÉVIATIONS	X
1 INTRODUCTION	1
1.1 CONTEXTE	1
1.2 LA PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE	3
1.3 LA PROBLÉMATIQUE SPÉCIFIQUE.....	3
1.4. LOCALISATION DE LA RECHERCHE	5
1.5. L'OBJECTIF DE LA RECHERCHE :.....	5
1.6. PÉRIMÈTRE DE LA RECHERCHE :	6
1.7. ORGANISATION DU MÉMOIRE	7
2 REVUE DE LA LITTÉRATURE	8
PHASE 1 : OBJECTIFS, DÉFINIR - IDENTIFIER.....	8
2.1 L'INDUSTRIE 4.0	8
2.1.1 <i>Compréhension de la genèse de 'l'industrie 4.0'</i>	8
2.1.2 <i>Définitions de l'industrie 4.0</i>	10
2.1.3 <i>Les groupes technologiques de l'industrie 4.0</i>	16
2.1.3.1 La mégadonnées (big data) et analyse	16
2.1.3.2 La simulation	17
2.1.3.3 Internet des objets (IOT)	17
2.1.3.4 Systèmes cyber physique	18
2.1.3.5 L'infonuagique.....	18
2.1.3.6 Les robots collaboratifs	19
2.1.3.7 La cyber sécurité.....	20
2.1.3.8 La réalité virtuelle.....	21
2.1.3.9 Communication intermachine (M2M).....	21
2.1.4 <i>Relation entre les groupes technologiques de l'industrie 4.0</i>	22

2.1.5	<i>Principes de conception de l'industrie 4.0</i>	24
2.1.5.1	L'interconnexion :	25
2.1.5.2	Transparence de l'information	25
2.1.5.3	Décisions décentralisées	26
2.1.5.4	Assistance technique	26
2.2	LA MATURITÉ NUMÉRIQUE	27
2.2.1	<i>Définition de la maturité numérique</i>	27
2.2.2	<i>Les modèles de maturité numérique</i>	28
2.2.3	<i>Évaluation de la maturité numérique :</i>	32
2.3	LA PME À L'ÈRE DE L'INDUSTRIE 4.0	33
2.3.1	<i>Définition et caractéristiques de la PME :</i>	33
2.3.2	<i>L'importance de l'Industrie 4.0 pour les PME</i>	35
2.3.3	<i>PME du Québec, qu'en est elles de la transformation numérique ?</i>	39
2.4	LA GESTION DE PROJET ET L'INDUSTRIE 4.0	41
2.4.1	<i>Qu'est-ce qu'un projet 4.0 ?</i>	41
2.4.2	<i>Quelles sont les phases d'un projet ?</i>	42
2.4.3	<i>Gestion de projets à l'ère de la quatrième révolution industrielle</i>	43
2.4.4	<i>Les facteurs clés du succès des projets</i>	45
2.4.4.1	Succès du projet	45
2.4.4.2	Les facteurs clés du succès des projets	46
	PHASE 2 : OBJECTIFS ANALYSER- COMPRENDRE	50
2.5	HYPOTHÈSES ET CADRE CONCEPTUEL	50
2.5.1	<i>Les hypothèses</i>	50
2.5.1.1	Hypothèse 1 : la maturité numérique et les FCS	50
2.5.1.2	Hypothèse 2 : les FCS et le succès du projet	50
2.5.2	<i>Cadre conceptuel</i>	50
3	MÉTHODOLOGIE	52
3.1	MISE EN CONTEXTE	52
3.2	STRUCTURE DE LA MÉTHODOLOGIE :	52
3.2.1	<i>Identification des FCS :</i>	53
3.2.2	<i>L'étude de cas</i>	53
3.2.3	<i>Développement du questionnaire</i>	55
3.2.4	<i>Collecte de données</i>	56
4	RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	56
4.1	ANALYSE DESCRIPTIVE DE L'ÉCHANTILLON	56

4.2	PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS :	60
4.2.1	<i>La maturité numérique et les facteurs clés de succès</i>	60
4.2.2	<i>Les facteurs clés de succès et le succès du projet</i>	64
4.3	DISCUSSION ET VÉRIFICATION DES HYPOTHÈSES	66
4.3.1	<i>Vérification de l'hypothèse 1 : la maturité numérique et les FCS</i>	66
4.3.1.1	Hypothèse 1a : la maturité numérique influence les FCS.....	66
4.3.1.2	Hypothèse 1b : Le cycle de vie du projet modère l'influence de la maturité numérique sur les FCS.....	67
4.3.2	<i>Vérification de l'hypothèse 2 : les FCS et le succès du projet</i>	68
4.3.2.1	Hypothèse 2a : Relation entre les FCS et le succès des projets 4.0 (H2a)	68
4.3.2.2	Hypothèse 2b : La relation entre les FCS et le succès des projets 4.0 est modérée par le cycle de vie du projet (H2b)	68
5	CONCLUSION	71
5.1	SYNTHÈSE DES RÉSULTATS	71
5.2	APPORT DE LA RECHERCHE	72
5.3	LIMITES ET PERSPECTIVES FUTURE	73
6	RÉFÉRENCES	74
7	ANNEXE 1: QUESTIONNAIRE	81

Liste des figures

Figure 1 : Notions du mémoire	2
Figure 2: Cadre conceptuel préliminaire.....	4
Figure 3: Diagramme de Ven.....	5
Figure 4: Les quatre révolutions industrielles. Source, (Ministère de l'Économie (MESI)), 2016).	10
Figure 5 : Poids des facteurs de valeur. Source (Mckinsey & Company, 2015, p 25).....	14
Figure 6: Illustration des axes d'intégration et leurs relations. Source, (Wang et al., 2016).....	15
Figure 7 : Les technologies de l'industrie 4.0. Source, (Ruessmann et al., 2015).....	16
Figure 8 : Écosystème de l'industrie 4.0. Source, (Gimélec, 2014a)	23
Figure 9 : Principes de conception de l'industrie 4.0. Source, (Gregor, 2002a)	25
Figure 10: L'échelle de mesure de la maturité numérique. Source, CEFRIO (2016).....	32
Figure 11: Répartition du nombre total d'employés selon la taille des entreprises. Source, Statistiques Canada, 2017).....	36
Figure 12: Transition des états organisationnels via un projet. Source, (PMBOK, 2017)	42
Figure 13: Cadre conceptuel	50
Figure 14: Structure de la méthodologie	53
Figure 15: L'âge	57
Figure 16: Niveau de scolarité.....	57
Figure 17: Nombre d'années d'expérience	58
Figure 18: Début de transition vers l'industrie 4.0.....	58
Figure 19: Phase des projets de transition vers le 4.0.	59
Figure 20: Budget moyen des projets.	59

Liste des tableaux

Tableau 1: Liste des abréviations.	x
Tableau 2: Objectifs de la recherche.....	6
Tableau 3 : Dimensions et éléments du modèle de maturité numérique selon (Schumacher, 2016).	30
Tableau 4 : Modèle d'évaluation de la performance numérique Selon (Gamache, 2019)	31
Tableau 5 : Nombre d'entreprises avec employés selon la taille de l'entreprise. Source, (Statistiques Canada, décembre 2015)	34
Tableau 6 : Caractéristiques spécifiques aux PME	35
Tableau 7: Composante de l'agilité organisationnelle selon (Nagel, 1991).....	37
Tableau 8 : Critères du succès du projet	46
Tableau 9 : Facteurs clés de succès de projet selon Pinto et Slevin (1986).....	47
Tableau 10 : Les facteurs de succès dans les phases de projet, selon Slevin et Pinto (1989, p.32)	48
Tableau 11: Les caractéristiques générales de l'entreprise étudiée.....	54
Tableau 12: La maturité numérique et les facteurs clés de succès	60
Tableau 13: Les facteurs clés de succès et le succès des projets 4.0.....	65

Liste des abréviations

Tableau 1: Liste des abréviations.

Abréviation	Signification	Traduction
CEFRIO	Centre Facilitant la Recherche et l'innovation dans les Organisations	
CRM	Customer Relationship Management	Système de gestion de la relation client
ERP	Enterprise Resource Planning	Système de gestion quotidienne
FCS	Facteurs clés de succès	
IdO	Internet Des Objets,	
IA	Intelligence Artificielle	
M2M	La communication Machine à Machine,	
MES	Manufactllring Execution System	Système d'exécution de la production
MÉSI	Ministère de l'Economie, des Sciences et de l'Innovation	
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economique	
PME	Petite et Moyenne Entreprise	
PMI	Project Management Institute	
SCP	Système Cyber Physique,	
TI	Technologie de l'information	
WMS	Warehouse Management System	Système de gestion d'entrepôt

1 Introduction

1.1 Contexte

Dans un contexte de globalisation marqué par l'émergence des nouvelles technologies numériques et de pénurie de main-d'œuvre, les entreprises cherchent avec ingéniosité à demeurer compétitives. Ainsi, la transition vers le numérique ou l'industrie 4.0 est l'une des décisions importantes prises par les entreprises. Cette industrie comprend des groupes technologiques tels que les robots autonomes, l'internet des objets (IoT), des simulations (jumeau numérique), l'intégration de systèmes horizontaux et verticaux, l'infonuagique (big data), la cybersécurité, et la réalité augmentée ou virtuelle qui apportent des changements de grande envergure, aux entreprises, non seulement par l'intégration et l'interconnectivité des personnes, des machines, et des organisations, mais touche également aux modèles d'affaires et de création des valeurs, les processus et activités et le management organisationnel des entreprises (Schwab, 2016a). Afin de tirer parti de cet essor technologique, les pays industrialisés comme la Chine, les États-Unis et la France ont considérablement augmenté leurs efforts pour assurer la conversion au 4.0 de leur industrie. Par conséquent, les manufacturiers du Québec sont amenés à adhérer à la transformation numérique qui accompagne l'industrie 4.0 pour survivre et faire face à la concurrence(Québec (Province)), 2016). Ce défi nécessite un engagement et un intérêt pour déployer les initiatives de type 4.0, par de lourds et larges cycles d'investissement ; par la mobilisation des expertises ainsi que des compétences organisationnelles et professionnelles, et surtout par la planification, l'exécution et l'amélioration et la poursuite des projets de la transition vers le 4.0 (CEFRIQ, 2016). Cependant, les études de l'organisme de recherche et d'innovation CEFRIQ ainsi qu'au plan d'action du ministère d'économie MESI, dont l'objectif est d'étudier les enjeux de cette quatrième révolution industrielle, d'assurer la diffusion du concept « industrie 4.0 », d'aider et accompagner les PME manufacturières pour réussir leur conversion vers le numérique, expliquent qu'un des grands défis auxquels les PME font face, réside dans la mise en œuvre de dispositif et de démarche en gestion de projet (CEFRIQ, 2016).

À cet effet, pour que la PME industrielle puisse tirer le plein profit des opportunités et des avantages offerts par cette quatrième révolution industrielle, elle est amenée à développer son propre plan d'action 4.0, à constituer une équipe de projet agile qui est appuyé par la direction, encadrée par de bonnes pratiques de gestion de projet (planification du projet, objectifs, communication, etc.), pilotée par un ou des chefs de projet, et qui se nourrit de la participation active et de la collaboration des parties prenantes, et à mettre en œuvre des facteurs et approches de gestion de projet (facteurs clés de succès (FCS)) de l'industrie 4.0 pour pouvoir réussir les projets de transition vers le 4.0. Ainsi, l'objectif de ce projet de recherche est de présenter un état de l'art des entreprises du Québec, et surtout à l'identification des moyens et des facteurs en gestion de projet pouvant faciliter et garantir une transformation numérique réussie des PME manufacturières. En effet, à travers une méthodologie de recherche qualitative par inférence abductive, et une étude d'un cas unique, nous avons pu d'une part identifier une série de 10 facteurs clés de succès (FCS) associés à la gestion des projets pouvant influencer le succès des projets 4.0. D'autre part nous présentons comment le niveau de maturité numérique peut renforcer cette influence.

Les pages qui suivent présente la révolution industrie 4.0, la PME, la méthode facilitant la mise à pied des projets 4.0, et les facteurs choisis dans ce travail seront présentés. Aussi les notions de succès et de maturité numérique seront abordées. La figure 1 montre les principales notions traitées dans ce mémoire.

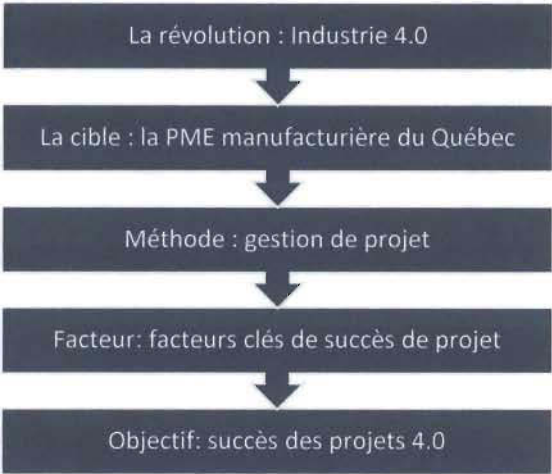


Figure 1 : Notions du mémoire

Le premier chapitre de ce mémoire couvrira la problématique, la localisation de la recherche, les objectifs et le périmètre de l'étude. Ensuite, une revue de littérature sur l'industrie 4.0 et la gestion de projet dans les PME du Québec sera réalisée. Elle sera décomposée en quatre sections afin de traiter des notions suivantes : (1) l'industrie 4.0, (2) la maturité numérique (3) la PME, et (4) la gestion de projet. Le troisième chapitre présentera les hypothèses et le cadre conceptuel. Le quatrième chapitre exposera notre méthodologie de recherche. Le chapitre cinq sera consacré à l'analyse descriptive des résultats obtenus. Enfin, dans le sixième chapitre nous discuterons des résultats de la recherche. Dans la conclusion, nous présenterons les éléments clés de notre travail de recherche.

1.2 La problématique générale

Comme les révolutions qui l'ont précédée, cette quatrième révolution industrielle engendrera non seulement une influence substantielle sur l'industrie manufacturière (Stock et al., 2016), mais elle aura aussi le potentiel d'augmenter les niveaux de revenus mondiaux et d'améliorer la qualité de vie des populations du monde entier (Schwab, 2016a). Pour cela, le gouvernement du Québec a adopté une feuille de route industrielle visant à faciliter l'implantation de la stratégie numérique dans les entreprises québécoises afin de s'aligner aux pays industrialisés qui ont adopté cet ambitieux plan de développement d'une part, et de contribuer à l'avancement de la société québécoise par le numérique (CEFRIQ, 2016) dans une autre. Cependant, le CEFRIQ (2016), explique qu'un des grands défis auxquels les PME face, réside dans la mise en œuvre de dispositifs et de démarche en gestion de projet. Ce travail traitera donc comme problématique : comment, et par quels moyens la gestion de projet favorise la réussite de la transformation numérique des pme dans le contexte québécois.

1.3 La problématique spécifique

À travers l'Industrie 4.0, c'est non seulement le paradigme de la stratégie industrielle qui se trouve transformé, mais aussi sa logique économique et les mécanismes de création de valeur qui la sous-tendent (Blanchet, 2016). Cette stratégie dite industrielle va remplacer la logique de production de masse de l'entreprise reposant sur les effets d'échelle et de volume par une autre logique personnalisée fondée sur la flexibilité et la localisation de la production. et ou la

fabrication deviendra adaptée à la demande et avec le zéro-stock (Blanchet, 2016). Aussi, les machines seront plus intelligentes, autocorrectives, prédictives et la production sera bonne du premier coup (Blanchet, 2016), ce qui permettra aux PME d'augmenter leur rentabilité sur les capitaux engagés en utilisant au maximum ledit actif physique et en renforçant leur compétitivité et donc leur performance (Faure, 2016). Ceux-ci représentent en bref les éléments phares de ladite industrie 4.0. Néanmoins, comme nous l'avons cité dans la problématique générale l'instauration réussie de ces projets stratégiques la transformation numérique nécessite la mise en place des outils et des bonnes pratiques en gestion de projet. On parle précisément de la mise en œuvre des facteurs et approches de gestion de projet (facteurs clés de succès (FCS)) de l'industrie 4.0 pour pouvoir réussir les projets de transition vers le 4.0. **À travers ces éléments, cruciaux et afin de définir, analyser et comprendre un phénomène ; nous nous proposons d'analyser comme problématique spécifique, l'ensemble des facteurs clés en gestion de projet qui peuvent modérer le succès des projets 4.0.**

De cette définition du sujet, de la problématique générale ainsi que de la problématique spécifique, nous proposons le cadre conceptuel préliminaire suivant :

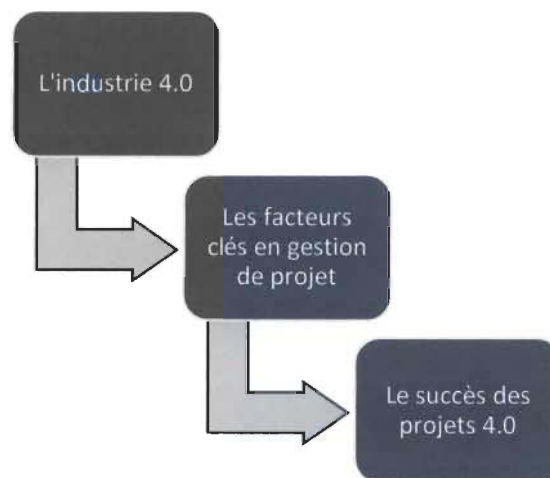


Figure 2: Cadre conceptuel préliminaire

1.4. Localisation de la recherche

Les entreprises de tous les secteurs à travers le monde adoptent "l'industrie 4.0". Environ un tiers des 2000 entreprises interrogées dans 26 pays estiment déjà que leur niveau de numérisation est élevé. Ce niveau devrait augmenter en moyenne de 33% à 72% dans les cinq prochaines années. Elles s'attendent aussi à réduire les coûts d'exploitation de 3,6% par an, tout en augmentant l'efficacité de 4,1% par an (Mckinsey & Company, 2015). Aller de l'avant avec les capacités numériques de l'industrie 4.0 est important pour l'entreprise industrielle, puisqu'elle lui permettra de dépasser les limites et les frontières nationales où elle fait des affaires (Ministère de l'Économie (MESI)), 2016). Compte tenu de cela, la finalité de la numérisation de l'industrie fait désormais consensus. C'est un facteur clé pour la survie et la reconquête des PME, et une exigence pour leur performance. À travers cette recherche, nous allons donc mettre la lumière sur le lien existant entre la gestion de projets, conçue comme moyen de renforcement de la performance des PME et le succès des projets 4.0. Ainsi, les domaines qui couvrent ce travail sont les suivants :

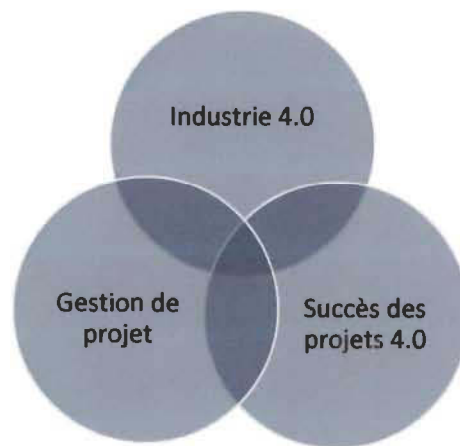


Figure 3: Diagramme de Ven

1.5. L'objectif de la recherche :

La finalité du présent travail est de décortiquer les différents enjeux de la numérisation des PME et démontrer par quoi la numérisation des PME industrielles et démontrer les facteurs et les approches en gestion de projet qui favorisent la réussite des projets de transition vers le 4.0.

Tableau 2: Objectifs de la recherche

Objectifs	Questions de recherche associées
Phase 1 : Définir\Identifier	
O1. Définir les différentes approches de l'industrie 4.0.	QR1.1. En quoi consiste l'industrie 4.0? QR1.2. Quels sont ses apports pour les PME ?
O2. Définir les différents facteurs favorisant la transformation numérique des PME manufacturières.	QR2.1. Quel est le rôle de la maturité numérique pour la transformation numérique des PME ?
O3. Identifier les différents facteurs en gestion de projet pour le succès des projets 4.0.	QR3.1 Quels sont les facteurs en gestion de projet qui favorisent le succès des projets 4.0 ?
Phase 2 : Analyser \ Comprendre	
O4. Analyser, dans le champ d'application la possible influence de la maturité numérique sur les facteurs clés de succès	QR4.1. Existe-t-il un lien entre la maturité numérique et les FCS ? QR4.2. Le niveau de maturité numérique de l'organisation peut-il, durant les différentes phases de projets, influencer les dix facteurs clés de succès ?
O5. Comprendre la possible influence des facteurs clés de succès et le succès des projets 4.0.	QR5.1. Existe-t-il un lien entre les FCS et le succès des projets 4.0? QR5.2. Durant les phases du projet, lesquels de ces facteurs sont les plus importantes, à maîtriser, pour favoriser la réussite de la transition vers l'ère numérique

1.6. Périmètre de la recherche :

De nos jours, la numérisation du secteur manufacturier demeure une opportunité pour la compétitivité et la performance des PME. Par conséquent, la croissance de l'économie est conditionnée par la capacité de tirer profit des possibilités de l'économie numérique plus précisément celles offertes par les usines intelligentes. Pour étudier ce phénomène, il sera utile de prendre le cas d'une PME témoin certifiée 4.0 vu qu'elle a déjà une première expérience dans la matière, pour ensuite mettre la lumière sur les PME de la province du Québec au Canada.

1.7. Organisation du mémoire

La revue littérature est adressée particulièrement à la problématique spécifique, dans laquelle nous essayons de :

- Présenter l'industrie 4.0 et ses apports pour les PME
- Mettre l'accent sur le rôle de gestion de projets dans le processus de transformation numérique.
- Préciser les facteurs clés pour assurer le succès des projets de la transformation numérique du processus industriel,
- Définir les outils et les pratiques mobilisés par les PME pour promouvoir un succès de projets 4.0 à court, moyen et long terme desdites PME.

Dans cette revue littérature, nous allons répondre à ces objectifs en trois points. Le premier présente la numérisation des industries comme moyens de performance. Le deuxième s'adresse aux outils favorisant le succès des projets 4.0. En troisième point, nous essayons de mettre la lumière sur les outils à mobiliser afin d'assurer le succès des projets 4.0 dans les PME.

2 Revue de la littérature

Phase 1 : Objectifs, définir - Identifier

2.1 L'industrie 4.0

2.1.1 Compréhension de la genèse de 'l'industrie 4.0'

La 4ème révolution industrielle ou en d'autres appellations l'industrie 4.0 est le sort de l'ensemble des évolutions qu'a connu le monde industriel. La première remonte à la fin du 18ème siècle qui, pour faciliter à l'homme la transformation de la matière, a fait recours aux machines. Puis au début du 20ème siècle, le développement de l'énergie mécanique a donné lieu à une deuxième révolution caractérisée par l'introduction des moteurs et des chaînes de montage et par l'utilisation de l'énergie électrique (Ministère de l'Économie (MESI)), 2016). Enfin, pendant les décennies 1950, 1960 et 1970, une troisième révolution, marquée par l'apparition des robots, des machines à commande numérique, des automates et des contrôleurs logiques programmables, a pris effet. Tout en favorisant la production de masse automatisée, flexible et efficiente (Drath et al., 2014). Cependant, la compétition sur les coûts au cœur de cette troisième révolution a touché à ses limites (Kohler et al., 2016). Car la demande du consommateur est toujours en augmentation avec l'exigence d'une qualité meilleure à bas prix. C'est là qu'une révolution technologique apparaîtra et tend à modifier fondamentalement notre façon de vivre, de travailler et d'établir des relations entre nous. Dans son ampleur, sa portée et sa complexité, la transformation est différente de tout ce que l'humanité a connu auparavant (Stock et Seliger, 2016), car elle doit être intégrée et globale, impliquant tous les acteurs de la politique mondiale, des secteurs public et privé ainsi que la société civile. (Schwab, 2016b). Sous différents titres, cette révolution fait l'objet de sujet d'actualité des journaux, conférences, et des médias, on parle de : l'industrie 4.0, la transformation numérique du secteur manufacturier, ou bien encore la quatrième révolution industrielle.

Le concept de l'industrie 4.0 est le résultat d'une réflexion lancée en 2011 par le gouvernement de l'Allemagne, et qui a fait l'objet des recherches dans le monde universitaire et de grands partenaires industriels du pays. La perspective la moins ambitieuse était d'augmenter et de

maintenir la performance en matière de productivité et de flexibilité du secteur manufacturier allemand (Ministère de l'Économie (MESI)), 2016). Également, il était question de promouvoir la production intelligente par des machines et des hommes qui communiquent entre eux. Cette réflexion a, par la suite, donné naissance à un nouvel âge industriel qui, non seulement rompt avec le modèle reposant sur les oppositions entre producteur et consommateur, client et fournisseur, concepteur et usager, mais aussi vise à développer un modèle d'affaires exploitants les données issues des clients et des équipements (Kohler et Weisz, 2016; Schwab, 2016b) par l'automatisation et l'intégration de nouvelles technologies à la chaîne de valeur de l'entreprise « Ministère de l'Économie (Ministère de l'Économie (MESI)), 2016). Quoique l'industrie 4.0 est précédée par trois révolutions industrielles (comme illustrée dans la figure 4), elle se considère comme disruptive puisqu'elle vise à rendre le système manufacturier intelligent par des usines, des produits et des services aussi intelligents et connectés entre eux. Il s'agit de rendre l'ensemble des objets et des intervenants, d'une usine, interconnectés tout au long de la chaîne de valeur.

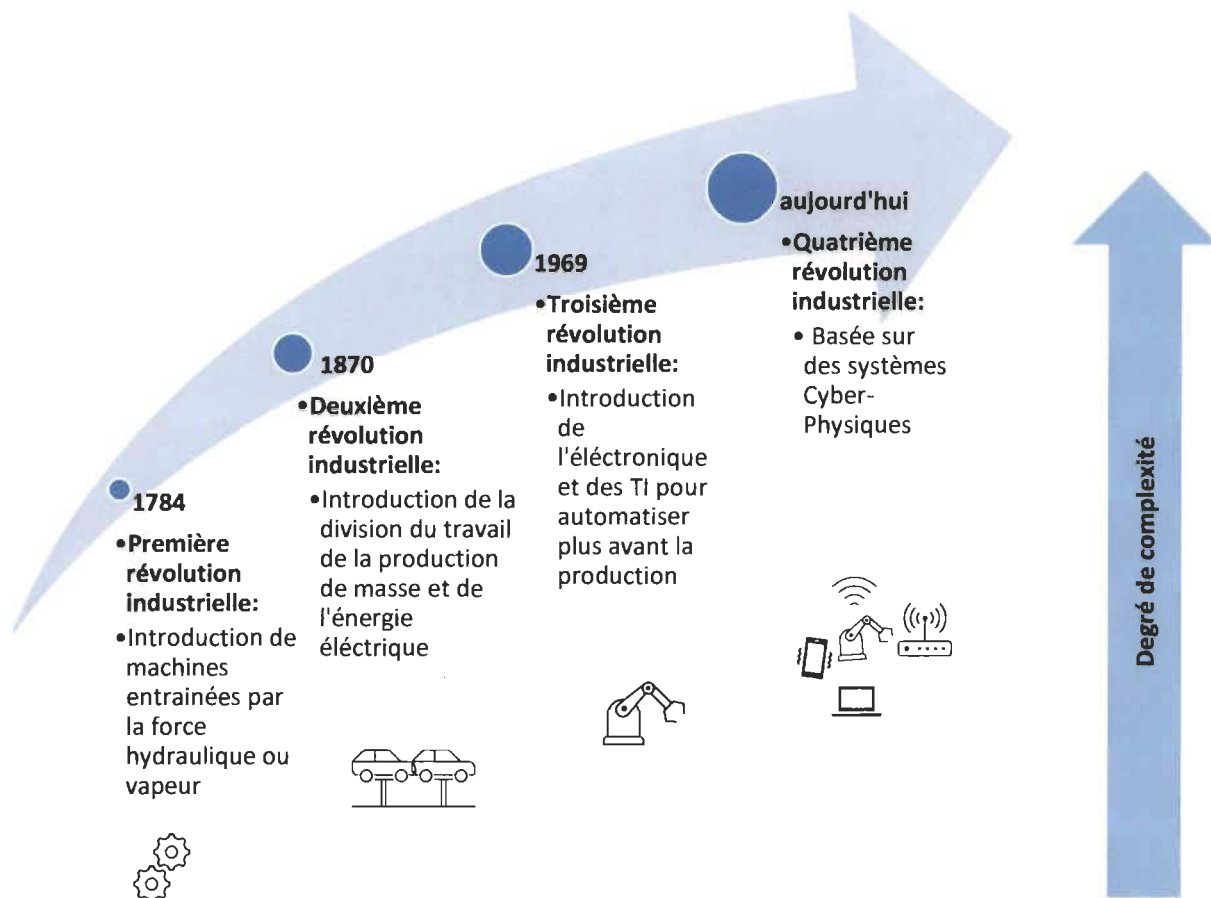


Figure 4: Les quatre révolutions industrielles. Source, (Ministère de l'Économie (MESI)), 2016).

La figure ci-haut résume ce qui a été décrit en avant, c'est-à-dire les évolutions des révolutions du secteur industriel, allant de la première qui date de 1765 pour arriver à celle d'aujourd'hui : l'industrie 4.0.

2.1.2 Définitions de l'industrie 4.0

L'industrie 4.0 est un sujet d'actualité impliquant les sociétés contemporaines et les organisations et faisant l'objet des recherches dans le monde universitaire et industriel (Kagermann et al., 2013). Le terme « Industrie 4.0 » a été utilisé, pour la première fois, en 2011 dans le plan d'action stratégique allemande 2020 portant sur les nouvelles technologies (Pilloni, 2018). Bien que les écrits faisant consensus sur les principes de ladite industrie 4.0 sont nombreux, il est difficile de trouver une définition du concept « Industrie 4.0 » qui fait consensus. La transdisciplinarité du concept, traduite par le vif intérêt accordé audit concept, conduit à l'émergence d'une diversité terminologique telle que « industrie future », « industrie numérique », « industrie intelligente »,

« internet industriel » ou « transformation numérique » (Cayrat, 2018) . C'est ainsi qu'en 2013, BITCOM, l'association des télécommunications allemandes a trouvé plus de 100 définitions du concept de l'industrie 4.0 (Bidet-Mayer, 2016). Cependant, afin de mieux cerner le sujet et limiter l'impact du changement auquel les individus, les organisations et les sociétés peuvent faire face, il est essentiel de ne citer que les définitions les plus importantes.

Par exemple, pour Schumacher (2016), *« Industrie 4.0 fait référence aux avancées technologiques récentes dans lesquelles Internet et les technologies associées (par exemple, les systèmes intégrés) servent de pivot pour intégrer des objets physiques, des acteurs humains, des machines intelligentes, des lignes de production et des processus dépassant les limites organisationnelles afin de former une nouvelle chaîne de valeur plus agile, intelligente et connectée »* (Schumacher et al., 2016, p. 161).

Certains auteurs caractérisent l'industrie 4.0 par *« des systèmes qui communiquent et coopèrent entre eux, mais également avec les humains, pour décentraliser la prise de décisions »* (Danjou et al., 2017), tandis que d'autres chercheurs notamment le CEFRIO met l'accent sur l'intelligence stratégique s'appuyant sur les nouvelles technologies telles que les Mégadonnées, l'infonuagique et surtout l'internet des objets (CEFRIO, 2016). Ainsi, la définition donnée par General Electric au terme internet industriel, confirme la transdisciplinarité du concept industrie 4.0. Elle décrit l'intégration des machines, d'ordinateurs et des hommes avec des capteurs, des objets et logiciels connectés permettant la prédiction, la planification et le contrôle des opérations industrielles et générant des résultats organisationnels transformationnels (Industrial Internet Consortium, 2013) . On admet qu'une longue période du temps est nécessaire pour qu'un changement, une restructuration et même une révolution industrielle se développent et s'ajustent. C'est ainsi que Qin (2016) stipule que, parallèlement à la mise en œuvre du changement, la définition du concept industrie 4.0 sera raffinée et adaptée aux avancées du domaine (Qin et al., 2016). Et en effet, pour Blanchet (2016), c'est un nouveau paradigme qui consiste à insérer ces technologies dans les industries. Les entreprises sont amenées à investir pour intégrer les nouvelles technologies de l'information, automatiser les processus par la robotique, les systèmes cyber physique et les systèmes embarqués et pour rendre les chaînes d'approvisionnement coordonnées (Blanchet, 2016). Ce paradigme va de l'optimisation des actifs physiques jusqu'à l'optimisation de la façon

dont les données et les informations sont exploitées tout au long du cycle de vie du produit. Cette optimisation numérique s'appuie sur un flux d'informations, représenté par un « fil numérique », qui couvre tout le cycle de vie du produit. Ce fil numérique commence de la conception numérique du produit, passe par le processus de fabrication piloté et contrôlé numériquement, conduit à la surveillance numérique du produit final en fonctionnement (à des fins de maintenance), et se termine finalement par le recyclage du produit à l'aide des informations stockées numériquement et qui permet d'identifier les pièces à réutiliser (Mckinsey & Company, 2015) . En effet, Berger (2016) explique qu'à chacune de ces étapes, le format numérique de l'information fonctionne comme un facilitateur : les données peuvent être facilement échangées, le processus peut être visualisé et contrôlé via des interfaces (outils numériques tels que les tablettes, appareils intelligentes.), et une interaction peut être réalisée à l'intermédiaire de Systèmes Cyber-Physique (SCP). En outre, l'exploitation et le partage d'informations par l'entremise de ces systèmes et de l'internet des objets (IdO) permettront une intégration transversale plus poussée et une coopération plus étroite tout au long du cycle de vie du produit, même au cours des différentes étapes impliquant différents fournisseurs ou clients (Berger, 2016). L'objectif est d'optimiser les systèmes de l'environnement manufacturier en utilisant des machines autonomes et intelligente qui en échangeant de l'information peuvent de manière indépendante prendre des décisions et s'autocontrôler (Kagermann et al., 2013) .

Ainsi, l'optimisation de l'écosystème manufacturier consiste donc à une meilleure utilisation de l'information. Les technologies de l'industrie 4.0 sont conformes en ce qu'elles offrent des moyens tels que des dispositifs et capteurs intelligents et connectés pour mieux utiliser les données afin d'optimiser la productivité et l'efficacité (Preuveneers et al., 2017) . Par exemple, l'analyse avancée transforme les informations en résultats qui aident les décideurs et l'impression 3D à convertir les données numériques en une pièce tangible et les informations capturées à planifier le temps idéal de maintenance. Autrement dit, la clé pour saisir les nouvelles opportunités et pour booster la performance est de gérer activement les informations le long de la chaîne de valeur afin d'éviter les fuites d'informations (Preuveneers et Ilie-Zudor, 2017). Ces fuites sont des points dans les processus où l'information est perdue, qui est peut-être utile pour une partie prenante dans la chaîne de valeur. Aussi, les machines et les biens constituent une

catégorie de coûts importante pour les entreprises manufacturières ; par conséquent, l'utilisation optimale des capteurs d'informations et des dispositifs intelligents et connectés aura un effet considérable sur l'optimisation de la productivité, de la gestion du cycle de vie et du design organisationnel (Zhong et al., 2017). Comme décrit ci-dessus, les technologies de l'industrie 4.0 utilisent donc l'information pour capturer ce potentiel de valeur. L'introduction de la surveillance et de la direction à distance pour réduire le temps d'arrêt, en utilisant au mieux toutes les informations sur la machine, peut améliorer l'utilisation des actifs et ainsi générer de la valeur (McKinsey & Company, 2015) .

Afin d'identifier et de prioriser les opportunités le long du fil numérique, le McKinsey Digital Compass a développé huit facteurs de valeur qui ont un impact significatif sur la performance d'une entreprise manufacturière typique (Figure 5). Pour chacun de ces facteurs de valeur, il existe des outils de l'industrie 4.0 qui mènent généralement à des améliorations. La figure relie les outils les plus importants aux huit indicateurs de la valeur, ce qui permet aux entreprises de se doter d'un cadre pour identifier systématiquement les potentiels de l'industrie 4.0:

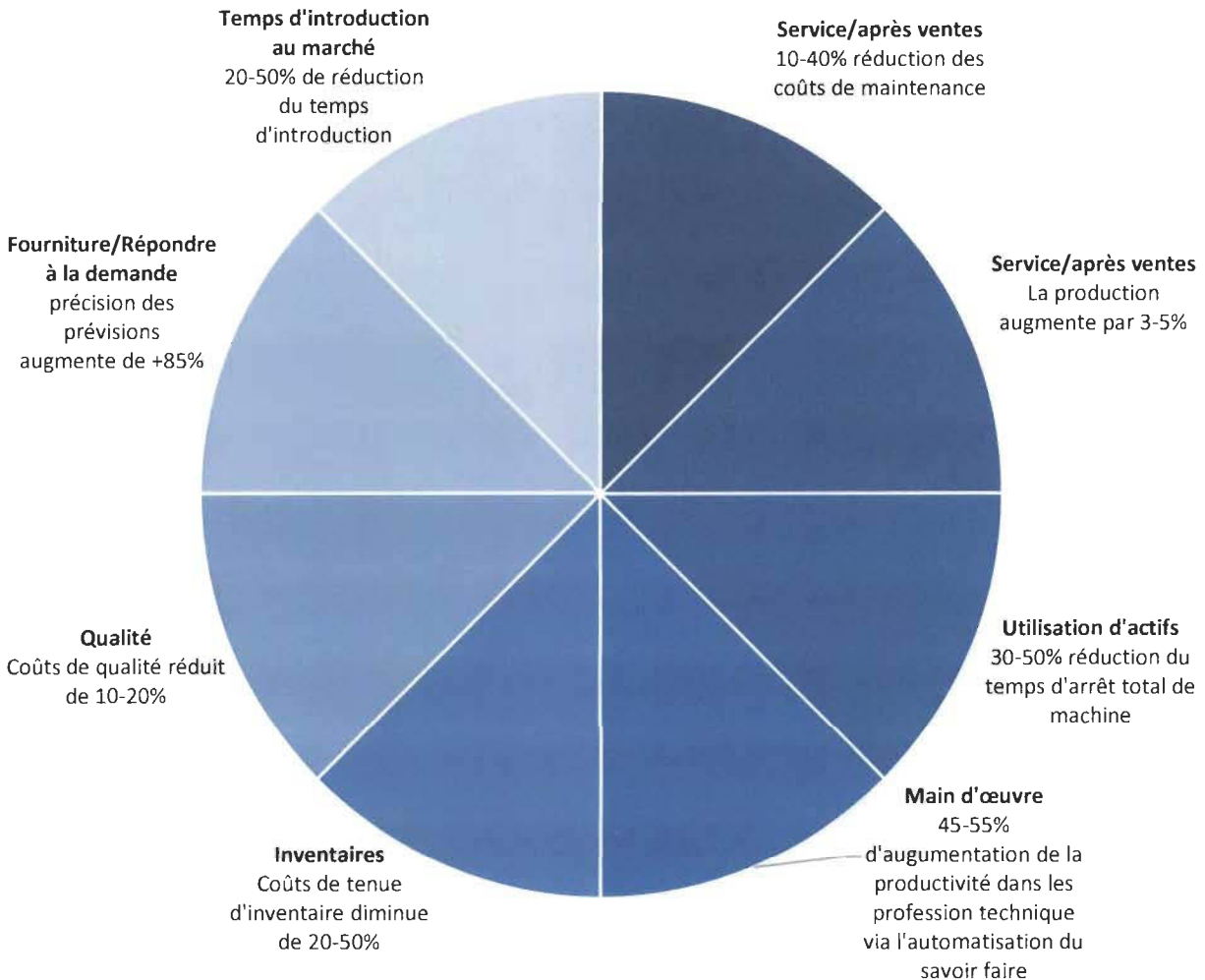


Figure 5 : Poids des facteurs de valeur. Source (Mckinsey & Company, 2015, p 25)

Selon Wang, (2016), l'industrie 4.0 permet ainsi d'intégrer l'ensemble de la chaîne de valeur sur 3 axes (figure 6) :

- **Intégration horizontale** : Sur le centre opérationnel, les hommes et les machines communiquent, en temps réel, tout au long de la chaîne de valeur. Les entreprises connectées entre elles peuvent constituer un écosystème efficace permettant l'émergence des réseaux et des partenariats industriels (Song et al., 2014).
- **Intégration verticale** : permet la mise en place de systèmes et sous système de fabrication flexible et qui communiquent entre eux. Grâce à cette intégration, les machines intelligentes forment un système autoorganisé qui peut être reconfiguré

de manière dynamique pour s'adapter à différents types de produits (Wang et al., 2016).

- **Intégration en temps réel** : au long du processus de création de valeur, les objets et systèmes connectés collectent et enregistrent les informations relatives au développement et à la conception du produit, la production dudit produit et son utilisation afin de créer des produits personnalisés (Wang et al., 2016).

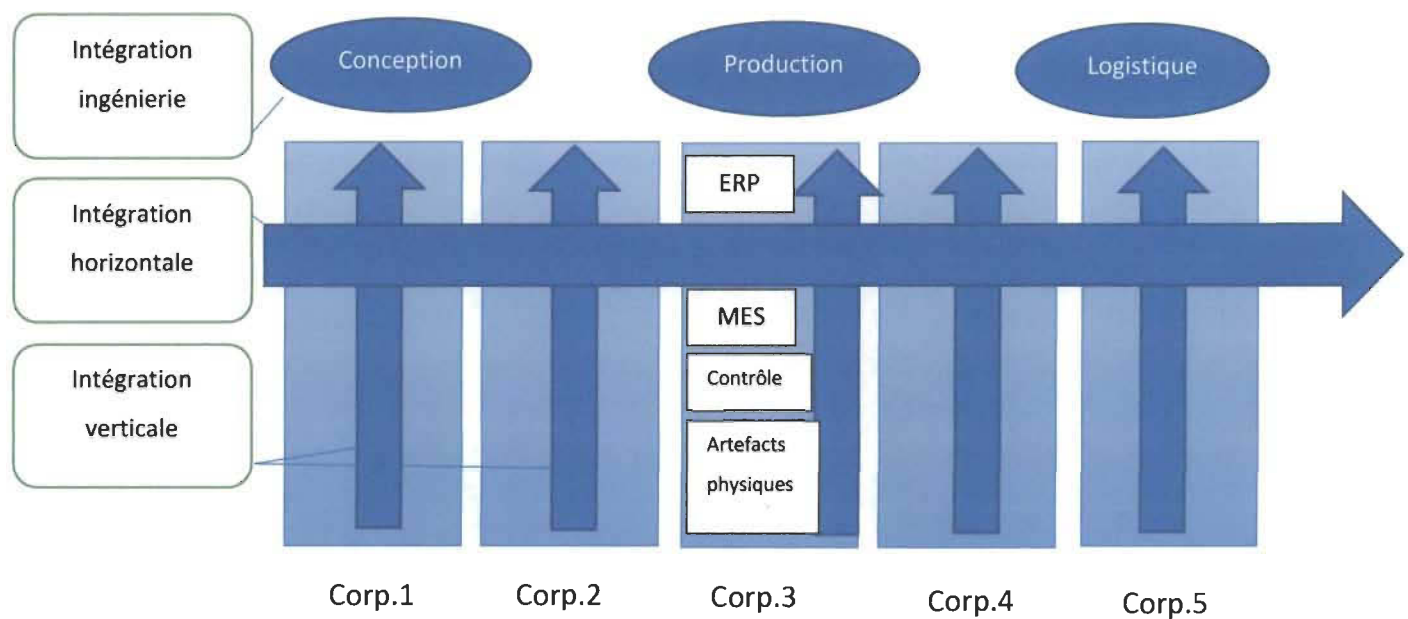


Figure 6: Illustration des axes d'intégration et leurs relations. Source, (Wang et al., 2016).

Selon cette analyse, l'industrie 4.0 semble changer le modèle industriel en favorisant le potentiel de réduction des coûts de complexité en permettant aux entreprises de mieux utiliser leur valeur. En effet, ce nouveau paradigme provoqué par les nouvelles technologies constitue un renversement de la production traditionnelle, car les machines ne conçoivent pas uniquement des produits, mais également des produits intelligents qui communiquent avec des machines afin de transmettre les informations dont elles ont besoin (Germany Trade et Invest, 2014).

Par conséquent, l'objectif principal d'Industrie 4.0 est d'accroître la qualité du produit en optimisant les processus de production pertinents afin d'améliorer les rétroactions des clients, d'améliorer la flexibilité, la rapidité, la qualité et la productivité (Karre et al., 2017). En conclusion,

l'Industrie 4.0 fait référence aux nouvelles technologies numériques dont il est important de définir.

2.1.3 Les groupes technologiques de l'industrie 4.0.

Si aucune analyse technique n'est effectuée, la présente section vise à identifier les principaux groupes technologiques de l'industrie 4.0 (figure 7) communément qualifiée de « perturbatrice » ou « disruptive ». À cette fin, nous avons utilisé une liste des neuf principales technologies proposées par le Boston Consulting Group (Ruessmann et al., 2015).

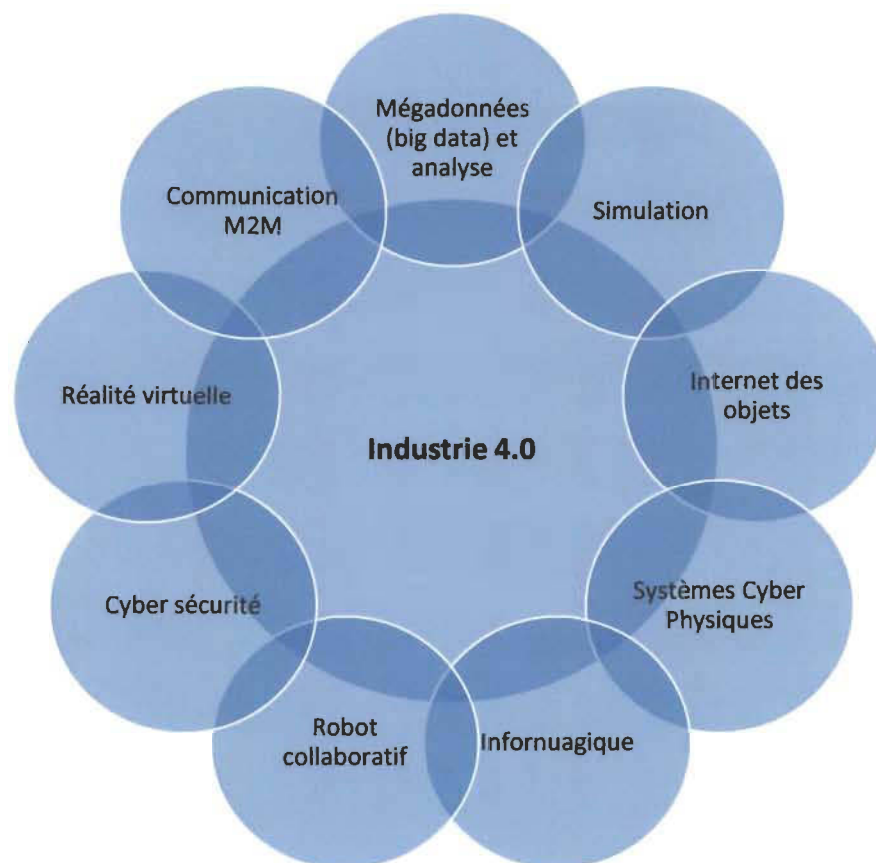


Figure 7 : Les technologies de l'industrie 4.0. Source, (Ruessmann et al., 2015).

2.1.3.1 La mégadonnées (big data) et analyse

Les données se considèrent comme étant de la matière première du 21ème siècle. En fait, la quantité de données dont disposent les entreprises semble presque doubler chaque année puisque, en 2020, plus de 50 milliards d'appareils seront connectés à l'échelle mondiale (Berger,

2016). La mégadonnées ou, le Big Data est non seulement une technologie, mais également un puissant outil pouvant fournir des informations, guider, inspirer et définir en profondeur la stratégie organisationnelle, les campagnes marketing... Le traitement des données est conçu pour analyser, nettoyer, transformer et modéliser de variable source et format de données, permettant alors de créer des connaissances, du sens et des solutions pouvant servir pour prendre des décisions. Elle permet aussi de conférer aux données une dimension économique en faisant recours aux méthodes analytiques comme la corrélation, le regroupement, la régression ou l'analyse bayésienne qui est désormais importante (Bloem et al., 2013).

Ainsi, les techniques associées aux mégadonnées aident alors à maximiser la qualité de la production, à augmenter l'efficacité, à optimiser la qualité des équipements et encore, à atteindre une productivité sans précédent (Cayrat, 2018).

2.1.3.2 La simulation

Les différents outils informatiques intégrés dans les processus de production des manufacturiers permettent aux gestionnaires et aux concepteurs de stimuler et modéliser la performance de tous les aspects des systèmes de production (Caggiano et al., 2013). Ces outils ont non seulement pour rôle d'analyser, la coordination des réseaux multisites, et la performance des processus de production, mais ils ont pour but aussi à l'optimisation de tous les lignes et opérations industrielles (Azevedo et al., 2011).

2.1.3.3 Internet des objets (IOT)

Selon Whitmore (2015), internet est à l'origine, un produit d'évolution progressive caractérisée tout d'abord par le Web 2.0 favorisant une communication à double sens et faisant référence à la possible interaction, collaboration et participation pouvant exister dans l'utilisation traditionnelle des réseaux sociaux, des blogs et autres. Ensuite, ledit Web 3.0 « sémantique » qui pour analyser, transformer et partager des informations standardisées, offre aux machines non seulement des informations compréhensibles et en ligne, mais leur permet aussi de naviguer sur les moteurs de recherche sans intervention humaine (Atzori et al., 2010). Dès lors, ces technologies ont atteint un niveau avancé de développement qui a mené, aujourd'hui, à Internet

des Objets. Celui-ci forme un réseau informatique interconnectant les objets, capteurs et des dispositifs autres que les ordinateurs (Rose et al., 2015).

Tout en permettant audits dispositifs d'émettre, échanger et utiliser des données indépendamment de l'intervention humaine. L'internet des objets est ainsi une technologie permettant l'incorporation d'une capacité de communication autoorganisée et autonome aux différentes machines (Kopacek, 2015). L'interconnexion des objets physiques et des ressources numériques forme un réseau d'information qui facilite le contrôle de l'état des produits ou des systèmes et décentralise la prise de décision (Moeuf, 2018).

2.1.3.4 Systèmes cyber physique

À travers le temps, les mécanismes de traitement de l'information ont connu une évolution allant de grands ordinateurs centraux, passant par les ordinateurs personnels pour enfin arriver à des objets de calcul incorporé (Blanchet, 2016). La performance de ces mécanismes, manifestée dans l'accessibilité à internet, la capacité de communiquer, stocker et calculer les données, permet de contrôler, surveiller l'ensemble des objets, systèmes et processus (Blanchet, 2016). Ainsi, la communication et l'interconnexion des systèmes d'informations, réseaux, processus, sous-systèmes, objets internes et externe, clients et fournisseurs, définies ce qu'on appelle un Système Cyber Physique (SCP). Et en effet, le SCP fusionne non seulement les mondes physiques et virtuels, mais aussi dispose les objets d'une capacité de communiquer avec l'environnement, de reconfigurer ou participer à la reconfiguration en temps réel pour répondre aux besoins immédiats (Yue et al., 2015). Ce qui fait que les machines, dans l'industrie 4.0, forment une entité cyber-physique qui communiquent dans d'environnements réels et virtuels. Celle-ci rend le positionnement de la machine au sein de la chaîne de valeur plus flexible de sorte que le processus de production est adapté à la demande instantanée et ne subit plus de temps d'arrêt (Cayrat, 2018).

2.1.3.5 L'infonuagique

Aujourd'hui, de plus en plus d'infrastructures sont construites autour du cloud, permettant aux entreprises et aux utilisateurs d'accéder aux réseaux connectés via le cloud, quel que soit leur emplacement. Comme, de nos jours, il est possible d'accéder librement au contenu sur Internet

sans tenir compte de l'hôte informatique, le cloud computing, par l'entremise des réseaux informatiques, n'est une extension si dynamique de ladite accessibilité à des services complexes (Cayrat, 2018). Il s'agit en effet, selon Mell (2011), d'un modèle qui pour démocratiser l'accès à des ressources informatiques comme les applications, les serveurs, et autres services, se base sur un minimal effort de gestion et une interaction quasi insignifiante des prestataires du service pour mettre à jour et fournir rapidement les informations (Mell et al., 2011).

En d'autres termes, ceux du Xu (2012.,) l'infonuagique permet de fournir avec fiabilité, flexibilité, et disponibilité inégales, des services informatiques sur demande (Xu, 2012). Il s'agit d'un espace numérique virtuel payable à l'utilisation. De surcroît, par la concession de la gestion de l'infrastructure informatique cette technologie aide les entreprises non seulement à réduire leurs coûts, mais aussi à limiter les risques liés aux investissements dans les infrastructures (Moeuf, 2018). En résumé, la plateforme de l'infonuagique permet aux entreprises à mieux planifier et utiliser les ressources partagées, contrôler les processus et évaluer la performance (Moeuf et al., 2017).

2.1.3.6 Les robots collaboratifs

Durant la dernière révolution industrielle, les robots ont occupé une place importante au point de remplacer les travailleurs. Ainsi en 2004 la présence des robots multifonctionnels et polyvalents dans les usines européennes s'est considérablement développée et doublée (Berger, 2016). Récemment, la robotique a été développée pour devenir un outil indispensable dans tous les secteurs (Malec et al., 2013). Pour Michniewicz (2014), les robots industriels ont une grande flexibilité inhérente en raison de la polyvalence des outils, capteurs et autres périphériques. Cependant, l'effort nécessaire pour programmer et configurer l'ensemble du système de robot, par exemple lors de l'introduction d'un produit nouveau ou modifié, est élevé et limite la flexibilité utilisée (Michniewicz et al., 2014). C'est ainsi que les robots sont utilisés dans les industries pour favoriser la répétition des tâches prédéfinies nécessitant peu d'adaptation et de reconfiguration (Salminen et al., 2009).

Avec les évolutions du secteur en question, il s'est avéré que les caractéristiques des anciennes machines, notamment la capacité de reproduire avec exactitude une opération préalablement

définie, ne permettent pas de répondre aux exigences de la mondialisation et du cycle de vie du produit (Michniewicz et Reinhart, 2014). La raison pour laquelle les robots sont devenus plus intelligents en développant et en intégrant de nouvelles capacités et technologies (Salminen et al., 2009). Il s'agit, dans un premier exemple, de l'intelligence artificielle. Celle-ci intègre des capteurs et de fonctions permettant de contrôler et adapter les mouvements en temps réel. Et dans un deuxième, de l'analyse des données collectées par les capteurs (la méga donnée) qui aide à vérifier la qualité des opérations de production au fur et à mesure de leur réalisation et à éviter les inspections après la fabrication (Mckinsey & Company, 2017).

Ainsi, le mot robotique, issu des termes *robotique* et *coopération*, a vu le jour en 1999. Il signifie selon Gimélec (2014), « *l'interaction réelle, directe ou téléopérée entre un opérateur humain et un système robotique* » (Gimélec, 2014, p. 4). Cette nouvelle génération de robot est différente des anciens robots qui reproduisent avec exactitude des procédés et des tâches prédéfinies. Ils se caractérisent par leur capacité à interagir, assister et accompagner un opérateur dans des tâches très variables et complexes, s'agissant par exemple des opérations de productions ou de celles qui sont administratives. Et ce par une connexion sécurisée aux progiciels de gestion intégrée, tels que les humanoïdes (collègues mécaniques de l'humain) (Faller et al., 2015). Enfin, avec les potentiels de cette nouvelle technologie, les entreprises pourront non seulement améliorer les conditions du travail, mais aussi accroître leur productivité et atteindre leurs objectifs commerciaux (Mckinsey & Company, 2017).

2.1.3.7 La cyber sécurité

Dans le contexte de l'Industrie 4.0, les données issues des systèmes, processus, produits et individus sont exploitées et partagées entre ces différents systèmes physiques. Par exemple, l'infonuagique est un outil important de transmission et de stockage numérique des données et des informations (Gamache, 2019). Par conséquent, le MESI (2016) affirme qu'il est au devoir des utilisateurs de gérer la sécurité informatique. Et ce pour le but de s'assurer que les données stockées et transitées sur le réseau, soient en sécurité et à l'abri des cybers attaques pouvant survenir (Ministère de l'Économie (MESI)), 2016). C'est un point clé dans le déploiement d'une stratégie Industrie 4.0 (Moeuf, 2018).

2.1.3.8 La réalité virtuelle

Récemment, deux outils de la réalité virtuelle sont émergés dans notre vie quotidienne. Les premiers sont les casques utilisés dans les jeux vidéo, tels que la Playstation VR de Sony. Et comme deuxième outil, le projet Google Glasses qui a été envisagé pendant un certain temps, puis abandonné il y a deux ans dans le but de fournir une paire de lunettes en intégrant un ensemble d'informations dans la vue de l'utilisateur (Moeuf et al., 2017).

Le HUB Institute (2017), la réalité virtuelle symbolise la fusion, en temps réel, du monde observé et virtuel. Cette technologie permet, en ajoutant des informations visuelles à la réalité, de créer une interaction entre l'individu et son environnement (Ducrey et al., 2017). L'objectif dans le contexte industriel est de faciliter en amont la maintenance, l'assemblage ou encore le pilotage d'un matériel ou d'un produit et, en aval, d'interagir avec tous les phénomènes visualisés en montrant à l'opérateur les actions à faire pour mener une opération donnée (Lee et al., 2011).

2.1.3.9 Communication intermachine (M2M)

Selon le CEFRIO (2016), le développement de la technologie de communication inter machines est dû à l'augmentation du nombre de systèmes et de machines autonomes. La technologie M2M est directement basée sur des protocoles et technologies de communication standard pour créer des réseaux de machines et de systèmes (CEFRIO, 2016). Cette technologie peut faciliter l'échange direct entre les machines d'une grande flotte. En conséquence, le processus de production dans son ensemble, peut être reconfiguré pour réagir aux dangers rencontrés (Wang et al., 2016). Et ce, comme Pilloni (2018) l'a mentionné, est issu de la capacité des machines à communiquer de façons autonome et autoorganisée (Pilloni, 2018).

En outre Oztemel et al. (2018b) stipulent que dans les environnements de l'industrie 4.0, la technologie M2M est prête à remodeler divers aspects de fabrication, en particulier l'efficacité opérationnelle, le contrôle qualité, la prise de décision, les relations avec les clients, et les opportunités transactionnelles (Oztemel et al., 2018). Ainsi, l'accès à des actions en temps réel est nécessaire pour établir des organisations plus intelligentes et plus agiles, ce qui permet à la direction de mieux administrer les ressources, protéger les actifs spécifiques de l'entreprise, déployer des applications intelligentes pour élargir la portée et répondre rapidement aux

exigences environnementales à évolution rapide. De plus, avec la bonne intelligence, livrée en temps réel et utilisée de manière appropriée, les services peuvent être proposés et adaptés aux clients de la meilleure façon possible. Et d'ailleurs, la communication M2M, permet d'offrir une meilleure surveillance et utilisation des ressources pouvant réduire les coûts sur le court terme et déclencher, exécuter automatiquement des décisions qui servent les objectifs et maintiennent les compétitivités de l'entreprise dans le long terme (Oztemel et Gursev, 2018b).

2.1.4 Relation entre les groupes technologiques de l'industrie 4.0

Pour Hermann et al. (2016), l'internet des objets, les systèmes cyber physique, l'infonuagique... sont des composants clés de la quatrième révolution industrielle (Hermann et al., 2016), et leur mise en relation apporte aux manufacturiers de nombreux avantages dans l'ensemble du processus de production. (Gimélec, 2014a) précise que ces avantages se manifestent à la fois dans l'amélioration de la conception des produits et des processus, mais aussi dans le contrôle et le pilotage des machines et des opérations de production, des services attachés aux appareils de production et enfin dans l'organisation du travail. Ainsi, la figure 8 de Gimélec (2014a) présente l'écosystème de l'industrie 4.0 et les interrelations pouvant exister entre les différents composants de ladite quatrième révolution industrielle.

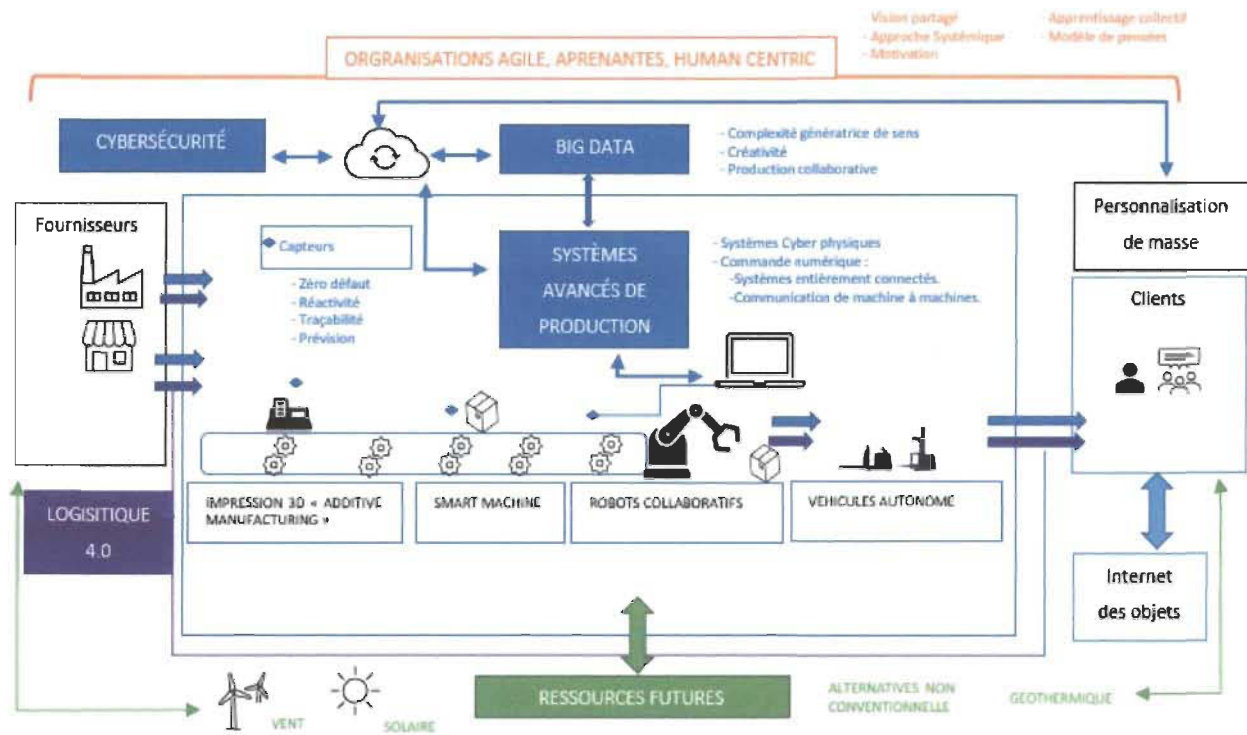


Figure 8 : Écosystème de l'industrie 4.0. Source, (Gimélec, 2014a)

Par exemple, l'Internet des objets (IoT) se considère comme un élément clé de l'industrie 4.0 (Giusto et al., 2010). Elle permet aux objets, tels que les capteurs, les actionneurs, les téléphones mobiles, d'interagir entre eux de coopérer avec leurs composants « intelligents » voisins, pour atteindre des objectifs communs (Edward A Lee, 2008).

En plus de l'IoT, la fusion du monde physique et du monde virtuel est un autre élément important de l'industrie 4.0 (Kagermann et al., 2013). Cette fusion est rendue possible par les systèmes cyber physiques, qui sont des intégrations de calcul et de processus physiques. Les ordinateurs et réseaux intégrés surveillent et contrôlent les processus physiques, généralement avec des rétroactions où les processus physiques, affectent les calculs et vice versa. (Kagermann, 2014) Le but est de décentraliser le pouvoir de décision à la bonne personne et au bon moment (Hermann et al., 2016)

Parallèlement, l'utilisation des données accumulées dans les nuages par les outils de l'infonuagique permet aux entreprises non seulement à mieux planifier et utiliser les ressources partagées, contrôler les processus et évaluer la performance (Moeuf et al., 2017), mais aussi d'analyser le comportement et les habitudes du client dans la vie quotidienne afin de développer les processus, produits et services et en faire des opportunités d'affaires (Gamache, 2019). Le permanent partage et échange d'information facilite la collaboration et la coordination entre différents utilisateurs de systèmes, ce qui permet d'optimiser non seulement les coûts de production, mais également l'utilisation de l'énergie et du temps. D'un autre côté, l'interconnexion des objets, machines intelligentes et robots collaboratifs favorise la prise de décision au bon moment et garantit une efficacité et une performance optimale (Gamache, 2019).

En résumé, les avantages attendus de la participation des manufacturiers à l'industrie 4.0 sont multiples : économies de coûts grâce à des processus plus efficaces ; une compétitivité accrue grâce à des systèmes de production intelligents et à des processus en réseau ; produits et services personnalisés ; l'innovation grâce à une production plus flexible ; nouveaux canaux de vente ; un marché plus étendu ; et l'analyse des clients grâce à l'utilisation et l'intégration de l'ensemble des technologies de l'industrie 4.0 (Stankovic et al., 2017).

2.1.5 Principes de conception de l'industrie 4.0

Hermann, (2016) a défini quatre principes de conception guidant les praticiens et les scientifiques sur la « marche à suivre » pour transiger vers l'industrie 4.0 (Gregor, 2002). Il s'agit de l'interconnexion, la transparence de l'information, les décisions décentralisées et l'assistance technique. Ces principes sont illustrés dans la figure 9 et détaillés dans la section suivante.

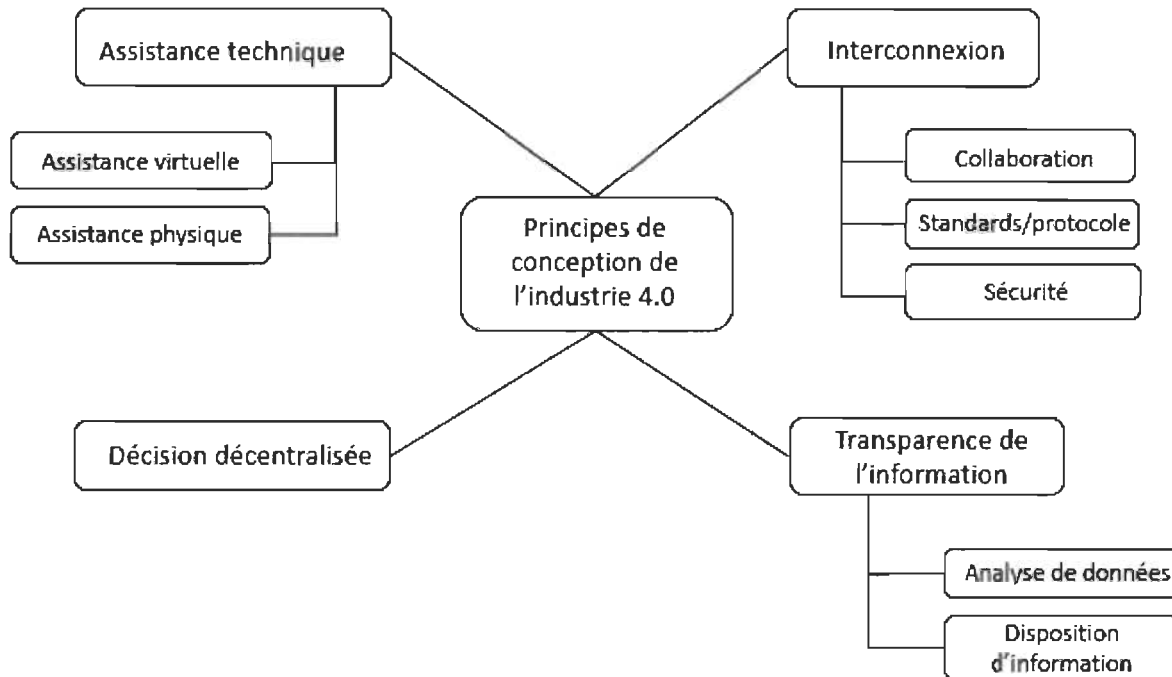


Figure 9 : Principes de conception de l'industrie 4.0. Source, (Gregor, 2002a)

2.1.5.1 L'interconnexion :

Par l'intermédiaire de l'internet des objets et des systèmes, les machines, appareils, capteurs et personnes sont interconnectés forment un système connecté, leurs permettant de collaborer et partager entre eux des informations (Hermann et al., 2016). Ce partage constitue la base d'une collaboration commune visant à atteindre des objectifs communs (Giusto et al., 2010). Ainsi, Il existe trois types de collaboration au sein de l'IIoE : la collaboration homme-homme, la collaboration personne-machine et la collaboration machine-machine. Pour connecter les hommes, machines, capteurs, et processus, des protocoles de communications sont d'une grande importance. Ces protocoles permettent de réaliser une intégration transparente des processus de production. Cette intégration qui aide les usines intelligentes à s'adapter, avec souplesse, aux demandes fluctuantes et personnalisées du marché (Zuehlke, 2010).

2.1.5.2 Transparence de l'information

Selon Hermann (2016) la fusion du monde physique et virtuel permet une nouvelle forme de transparence de l'information, qui en reliant les données des capteurs aux modèles d'usine

numérisés, une copie virtuelle du monde physique est créée. En outre, Lucke (2008) précise que les informations contextuelles provenant du monde virtuel et physique sont indispensables pour que les systèmes accomplissent leurs tâches et prennent des décisions appropriées. Par exemple, les documents électroniques, les dessins et les modèles de simulation sont des informations provenant du monde virtuel, tandis que la position ou les conditions d'un outil sont des informations issues du monde physique. Ainsi pour analyser ce dernier, les données brutes des capteurs doivent être agrégées à des informations de plus grande valeur et interprétées, et les résultats de l'analyse des données doivent être intégrés, en temps réel, dans des systèmes d'assistance accessibles à tous les participants du processus afin de créer de la transparence (Gorecky et al., 2014a).

2.1.5.3 Décisions décentralisées

Les décisions décentralisées reposent sur l'interconnexion d'objets et de personnes ainsi que sur la transparence des informations provenant de l'intérieur et de l'extérieur d'une unité de production. La combinaison de décideurs interconnectés et décentralisés permet d'utiliser simultanément des informations locales et mondiales pour une meilleure prise de décision et une productivité globale accrue (Malone, 1999). Les participants à l'loE accomplissent leurs tâches de la manière la plus autonome possible. Ce n'est qu'en cas d'exceptions, d'interférences ou d'objectifs conflictuels que les tâches sont déléguées à un niveau supérieur (Kagermann, 2014). D'un point de vue technique, les décisions décentralisées sont activées par CPS. Leurs ordinateurs, capteurs et acteurs intégrés permettent de surveiller et de contrôler le monde physique de manière autonome (Edward A. Lee, 2008).

2.1.5.4 Assistance technique

Dans les usines intelligentes de l'industrie 4.0, le rôle principal des humains passe d'un opérateur de machines à un décideur stratégique et à un résolveur de problèmes flexible. En raison de la complexité croissante de la production, où les systèmes cyber physique forment des réseaux complexes et prennent des décisions décentralisées, les humains doivent être soutenus par des systèmes d'assistance. Ces systèmes doivent regrouper et visualiser les informations de manière compréhensible pour garantir que les humains peuvent prendre des décisions éclairées et résoudre des problèmes urgents dans un bref délai (Gorecky et al., 2014b).

Actuellement, les smartphones et les tablettes jouent un rôle central en ce qui concerne la connexion des personnes avec l'IoT (Miranda et al., 2015). Avec les progrès de la robotique, le soutien physique des humains par les robots est considéré comme un autre aspect de l'assistance technique, car les robots sont capables d'effectuer une gamme de tâches désagréables, trop épuisantes ou dangereuses pour leurs collègues humains (Kiesler et al., 2004). Pour un soutien efficace, réussi et sûr, il est nécessaire que les robots interagissent de manière fluide et intuitive avec leurs homologues humains (Kiesler et Hinds, 2004) et que les humains soient correctement formés pour ce type de collaboration personne-machine (Jaschke, 2014).

Notre étude a pour objectif de montrer l'influence de la maturité numérique sur le succès des projets, pour cela, il est primordial de définir ce concept et d'identifier les différents modèles et dimensions de ladite maturité.

2.2 La maturité numérique

2.2.1 Définition de la maturité numérique

En général, le terme « maturité » fait référence à un « état d'être complet, parfait ou prêt » (Simpson et al., 1997) et implique des progrès dans le développement d'un système. En conséquence, les systèmes en cours de maturation (par exemple biologiques, organisationnels ou technologiques) augmentent leurs capacités au fil du temps en ce qui concerne la réalisation d'un certain état futur souhaitable. La maturité peut être saisie qualitativement ou quantitativement de manière discrète ou continue (Kohlegger et al., 2009). D'après (Mettler, 2011), la maturité implique donc un progrès évolutif dans la démonstration d'une capacité spécifique ou dans l'accomplissement d'un objectif d'un stade initial à un stade final souhaité ou se produisant normalement. Ainsi, Mettler (2011) trouve, dans la littérature constituante sur les modèles d'évaluation de la maturité, que le terme « maturité » est, dans la plupart des cas, reflété de manière unidimensionnelle et se concentre soit sur :

1. La maturité du processus, c'est-à-dire dans quelle mesure un processus spécifique est explicitement défini, géré, mesuré, contrôlé et efficace (Paulk et al., 1993)

2. La maturité de l'objet, c'est-à-dire dans quelle mesure un objet particulier comme un produit logiciel, une machine ou similaire atteint un niveau de sophistication prédéfini (Mettler, 2011) ou sur,
3. La capacité des personnes, c'est-à-dire dans quelle mesure la main-d'œuvre est en mesure de permettre la création de connaissances et d'améliorer les compétences (Nonaka, 1994)

En effet, les bases ou, en d'autres termes, les facteurs couramment utilisés pour évaluer la maturité d'un système sont donc les personnes (la culture,) les processus (les structures, les objets, et la technologie) (Mettler, 2011).

Dans le contexte de transformation numérique, il n'existe pas une définition claire de la notion maturité numérique. Ainsi Gamache (2019) a constaté qu'il existe une similarité entre « maturité », « performance », et « quotient » numériques. Le terme performance numérique a été utilisé pour désigner la maturité numérique et a été défini comme une mesure utilisée pour examiner le progrès de la transition vers le numérique conformément aux objectifs stratégiques associés à l'industrie 4.0. Sa segmentation permet de déterminer les priorités, les investissements, et les porteurs de valeurs de l'entreprise de manière plus spécifique en s'alignant à la stratégie de l'entreprise, aux ressources disponibles (techniques et humaines) et aux enjeux et défis de son environnement interne comme externe (Gamache, 2019).

2.2.2 Les modèles de maturité numérique

Le concept de modèle d'évaluation de la maturité est de plus en plus utilisé par les consultants, les universités et les entreprises, précisément dans le domaine des systèmes d'information (SI) et des sciences de la gestion, à la fois comme approche éclairée pour une amélioration continue ou comme moyen d'auto-évaluation ou évaluation par un tiers (Mettler, 2011). Le but est de mesurer le degré de la maturité d'une organisation ou d'un processus concernant un état cible spécifique (Schumacher et al., 2016b), notamment le niveau de maturité dans la transformation numérique et pour définir un itinéraire de voyage à travers lequel les entreprises doivent passer pour progresser vers une plus grande maturité numérique (Ochoa, 2016).

La transformation numérique nécessite un modèle interdisciplinaire et multidimensionnel qui redéfinit les bases et les prémisses permettant l'initialisation du processus de développement et de maturation (Kohlegger et al., 2009). Le but selon Ochoa (2016) est d'aider l'organisation à répondre et satisfaire les besoins des clients, à définir comment l'organisation interagit avec ses partenaires dans les écosystèmes organisationnels et comment elle génère des revenus et des avantages pour actionnaires et/ou investisseurs. Les modèles de maturité numérique émergent donc comme un cadre intégré qui permet aux organisations d'évoluer progressivement dans le développement des capacités clés pour réussir dans la nouvelle ère numérique. Ils impliquent un processus de progrès sur une ligne continue, par opposition aux approches de transformation plus radicales. Autrement dit, dans cette perspective, la maturité numérique nécessite un processus d'amélioration progressive (Ochoa, 2016).

En ce qui concerne le domaine de l'industrie 4.0, plusieurs outils et modèles ont été publiés pour permettre aux manufacturiers d'évaluer l'état de maturité ou de préparation à la transformation numérique. Par exemple (De Carolis et al., 2017) a constaté, à partir d'une série d'ateliers, que la maturité de la technologie, la connectivité de l'information, les processus, l'organisation et les capacités du personnel sont les principaux piliers de la fabrication intelligente. Ces ateliers ont permis d'examiner trois modèles de maturité et discuter de différents aspects concernant les objectifs, la concentration, les dimensions de l'analyse, les domaines de processus, les niveaux de maturité, les cadres inspirants, les méthodes d'évaluation, le but, le type de questions/réponses de l'enquête et le nombre de questions (Mittal et al., 2018). Les trois modèles comparés dans l'article de Mital et al., (2018) sont le modèle DREAMY (Maturité de l'évaluation de la préparation numérique), SMSRL (Niveau de préparation à la fabrication intelligente), ainsi que le MOM (Modèle de maturité des capacités de gestion des opérations de fabrication) (Mittal et al., 2018).

(Gökalp et al., 2017) ont évalué sept modèles de maturité en utilisant six critères : adéquation à l'objectif, exhaustivité des aspects, granularité des dimensions, définition des attributs de mesure, description de la méthode d'évaluation, et objectivité de la méthode d'évaluation.

Afin de faciliter différentes analyses de la maturité en industrie 4.0, Schumacher (2016) a proposé un modèle qui regroupe 62 éléments de maturité en neuf dimensions. Le tableau 3 donne un aperçu des dimensions ainsi que quelques éléments exemplaires pour faciliter la compréhension.

Tableau 3 : Dimensions et éléments du modèle de maturité numérique selon (Schumacher, 2016).

Dimension	Élément de maturité exemplaire
Stratégie	Mise en œuvre d'une feuille de route 4.0, ressources disponibles pour la réalisation, Adaptation des modèles d'affaires,
Leadership	Volonté des dirigeants, Compétences et méthodes de gestion utilisée pour s'aligner à une vision commune, Existence d'une coordination centrale pour atteindre les objectifs stratégiques
Client	Utilisation des données des clients, Numérisation des ventes et services, Compétence des outils numériques du client,
Produit	Individualisation et personnalisation des produits, Digitalisation de produits, Intégration de produits dans d'autres systèmes,
Opération	Décentralisation des processus, Modélisation et simulation, Collaboration interdisciplinaire, interministérielle
Personnel	Compétences du personnel en technologies de l'information et de communication, ouverture du personnel aux nouvelles technologies, et leur autonomie,
Gouvernance	Règlement du travail pour Industrie 4.0, Adéquation des normes technologiques, protection de la propriété intellectuelle.
Technologie	Existence et disponibilité de nouvelles technologies de l'information et de communication, utilisation d'appareils mobiles et robots, utilisation de la communication machine à machine,
Culture	Partage de connaissances et d'expertise, innovation et collaboration interentreprises, valeur des technologies de l'information de l'entreprise,

De son côté Gamache (2019), s'est basé sur l'approche du HUB Institute (2017) pour proposer un modèle d'évaluation de la performance numérique constitué de six dimensions, à savoir le leadership, la culture, la gestion des données, les technologies, le système décisionnel de l'organisation et l'expérience client (Gamache, 2019). L'auteur a décomposé ces dimensions en plusieurs critères ou, en d'autres mots, pratiques d'affaires proposées dans la littérature traitant

de la transformation numérique. Ainsi, le tableau 4 présente une brève définition desdites dimensions du modèle proposé par Gamache (2019) pour évaluer la performance numérique.

Tableau 4 : Modèle d'évaluation de la performance numérique Selon (Gamache, 2019)

Dimensions	Pratiques d'affaires
Leadership	Vision stratégique
	Veille technologique
	Engagement et exemplarité
	Nouveaux modèles d'Affaires
Technologies	Maîtrise de la technologie
	Cybersécurité
	Automatisation
	Architecture numérique et écosystème
Expérience client	Commerce électronique
	Orientation service et fidélisation
	Personnalisation
	Cocréation
Culture et organisation	Lean et organisation du travail
	Acquisition et développement de compétences
	Gestion du changement
	Communication interne
	Agilité et innovation
	Investissement et ressources
	Ouverture à l'externe
Système de mesure	Utilisation opérationnelle des données
	Utilisation stratégique des données
Gestion des données	Collecte de données
	Intégrité et qualité de la donnée
	Livraison de la donnée

En résumé, la maturité numérique proposée par Gamach (2019) ressort, de la littérature, un indicateur qui met ensemble un nombre de 24 pratiques d'affaires et les regroupent en suivant le modèle HUB Institute(Gamache, 2019) nous semble plus appropriée pour notre étude.

2.2.3 Évaluation de la maturité numérique :

La littérature a montré que la transition vers l'industrie 4,0 se réalise non seulement avec l'acquisition et la mise en place des outils et des nouvelles technologies sélectionnées de façon stratégique, mais surtout avec l'adoption de bonnes pratiques d'affaires (Gamache, 2019). Cependant, lors de l'évaluation de la maturité numérique, il est important de prendre en considération la réalité de l'entreprise, ses besoins et ses différents départements.

En sus le chemin de maturation de chaque dimension passe par cinq niveaux de maturité, où le niveau 0 décrit un manque complet des pratiques/outils prenant en charge les concepts de l'industrie 4.0, et le niveau 4 représente l'état de l'art des outils requis. L'évaluation de la maturité à travers les dimensions de maturité au sein d'une entreprise est réalisée à l'aide d'un questionnaire standardisé composé d'une question fermée par élément (Schumacher et al., 2016b). Chaque question nécessite une réponse à une échelle de Likert allant de 0 « inexistant » à 4 « Prévisible » (CEFRIO, 2016). La figure 10 présente l'échelle de CEFRIO utilisée pour mesurer la maturité numérique d'une entreprise.

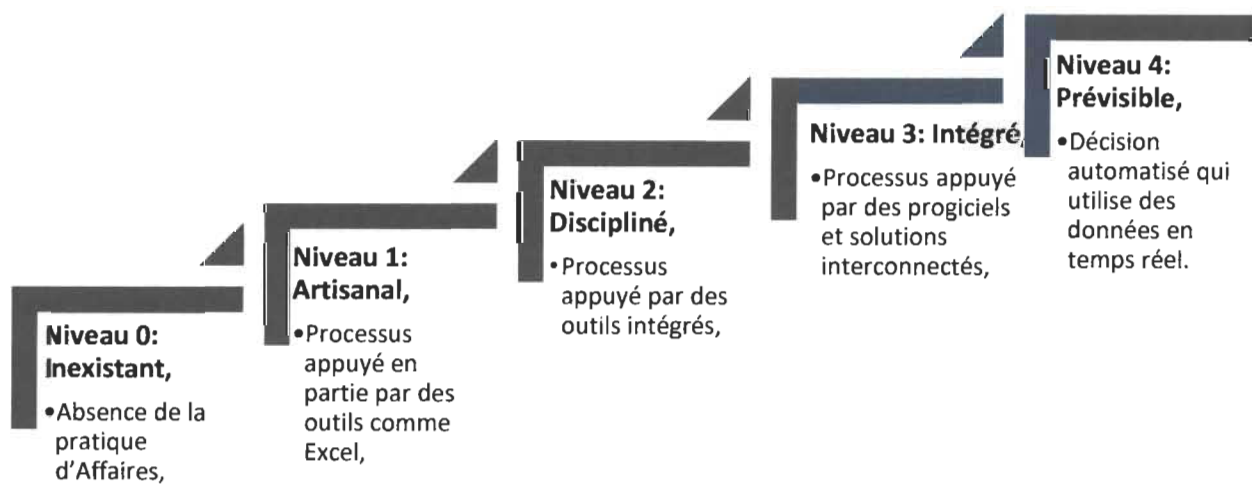


Figure 10: L'échelle de mesure de la maturité numérique. Source, CEFRIO (2016)

L'objectif est de donner à chaque pratique d'affaires une valeur quantitative et objective. Ces valeurs sont ensuite une source de données utilisées pour calculer et représenter le niveau de maturité (MD) pour chaque dimension. Ce dernier résulte du calcul de la moyenne pondérée de

tous les éléments de la maturité numérique (MDli) dans sa dimension associée. La moyenne par dimension de maturité numérique/facteur de pondération (gDli) est égale à la note d'importance moyenne pour chaque pratique d'affaires c'est dire la note d'importance des sous-dimensions de chaque dimension de maturité. (Schumacher et al., 2016b). Ainsi l'auteur a présenté la formule suivante pour calculer le niveau de maturité :

$$M_D = \frac{\sum_{i=1}^n M_{Dli} * g_{Dli}}{\sum_{i=1}^n g_{Dli}}$$

Ou,

M : Maturité

D : Dimension

I : Pratique d'affaires/sous dimension

g... Facteur de pondération

n... Nombre des dimensions de maturité

Enfin, les résultats détaillés des dimensions de maturité servent de base pour mesurer, dans le temps, la maturité numérique d'une entreprise, prendre des décisions stratégiques et définir des projets et programmes orientés industrie 4.0.

2.3 La PME à l'ère de l'industrie 4.0

2.3.1 Définition et caractéristiques de la PME :

La définition d'une PME diffère d'un pays à un autre et utilise des valeurs statistiques comme l'effectif des salariés et du chiffre d'affaires pour la décrire. Par exemple, le Canada considère que la PME dispose d'un nombre d'employés inférieur à 500 et d'un chiffre d'affaires limités à 50 millions dollars canadiens (Statistique Canada, 2015). L'Organisation de Coordination et de Développement Economique (OCDE) de son côté définit la PME par une entreprise dont l'effectif des employés est entre 10 et 250 employés, et le chiffre d'affaires annuel n'excède pas les 50

millions d'euros. Les entreprises qui ont moins de 10 employés sont considérées comme de très Petites Entreprises (TPE), tandis que celles qui ont entre 250 et 500 employés sont des Entreprises de Taille intermédiaire (ETI) et finalement lesdites grandes entreprises ont plus de 500 employés.

Cependant, selon Statistiques Canada (2015), 97 % des PME du Québec occupent moins de 100 salariés. Notamment 38,5 % des entreprises ont une masse salariale entre 10 et 99 salariés, celle des très petites entreprises (19,9 %) et des microentreprises est respectivement située entre 5 à 9 et 1 à 4 salariés, tandis que 6,1 % des entreprises emploient entre 100 et 499 salariés et 0,6 % d'entre elles ont plus de 500 salariés. (Statistique Canada, 2015). Le tableau 5 montre le nombre d'emplacements des entreprises avec employés.

Tableau 5 : Nombre d'entreprises avec employés selon la taille de l'entreprise. Source, (Statistiques Canada, décembre 2015)

Catégorie de l'entreprise	Effectif du personnel	Nombre d'emplacements
<i>Microentreprise</i>	1 à 4	17 768
<i>Très petite entreprise</i>	5 à 9	10 119
<i>Moyenne entreprise</i>	100 à 499	3121
<i>Entreprise intermédiaire</i>	500 et plus	2921

En plus de ces critères quantitatifs, la définition de la PME peut également contenir un certain nombre de caractéristiques spécifiques, résumées dans le tableau 6.

Par exemple, Bendis (2004) explique que les PME font, constamment, face à la mondialisation économique, le développement continu, les coûts élevés des nouvelles technologies en amont, et au manque des ressources financières, matérielles et humaines en aval. Ce sont les raisons pour lesquelles, ces entreprises visent à créer des partenariats, et à rechercher des avantages et des financements gouvernementaux (Carvalho, 2004 93). Cependant, la flexibilité de la structure de l'organisation, la réactivité à l'environnement, et la qualité de leur service à la clientèle leur permettent de développer un lien étroit avec les clients (Man et al., 2002).

Tableau 6 : Caractéristiques spécifiques aux PME

Caractéristiques spécifiques aux PME	
Points forts	Points faibles
Proximité aux clients (Gamache, 2019)	Ressources financières limitées
La flexibilité de leur structure organisationnelle (Man et al., 2002)	Accès aux économies d'échelle difficile (Gamache, 2019)
Direction souvent engagée (Moeuf, 2018)	Connaissances faibles en termes de nouvelles technologies (Gamache, 2019)
Omniprésence de la créativité et de l'innovation (Gregor, 2002b)	Décisions centralisées (Moeuf, 2018)
Employés polyvalents (Gamache, 2019)	Stratégies à long terme généralement absentes (Moeuf, 2018)
Financement gouvernemental accessible (Gamache, 2019)	Faible alliance avec le monde universitaire (Mittal et al., 2018)
Repose sur le travail collaboratif	

En conclusion, nous pouvons dire que les PME sont des entreprises ayant un effectif salarial entre 10 et 99, et qui pour faire face à la concurrence mondiale et au manque en ressources financières, matérielles et humaines, sont amenées à innover, à faire appel au travail en équipe et à l'agilité manufacturière à savoir l'agilité organisationnelle et l'agilité opérationnelle (Gamache, 2019). Celles-ci représentent alors les bases et les fondements nécessaires aux PME pour prendre le chemin vers l'industrie 4.0.

2.3.2 L'importance de l'Industrie 4.0 pour les PME

Rappelons que les PME jouent un rôle important dans l'économie mondiale. Au Canada, la taille du paysage des entreprises est, respectivement, composée de 98,0 %, 1,7 % et 0,2 % pour les petite, moyenne et grande tailles. À titre de comparaison, le Registre des entreprises de Statistiques Canada a compté que les tailles de l'emplacement de l'ensemble du Canada sont semblables à celles du Québec. Il d'agit des pourcentages respectifs de 99,8 % (98,1 %) et (1,7 %) petite, moyenne et grande (Statistique Canada, 2015). Ces chiffres montrent que les PME jouent un rôle important en matière d'emploi dans le Canada et le Québec en particulier. L'Enquête sur

la population active a donné un aperçu du nombre des employés qui travaillent dans les PME. En 2015, plus de 2,6 millions (M) personne n'occupe un emploi dans le secteur privé au Québec. De ce nombre, plus de neuf personnes sur dix (91,6 % ou 2,4 M) travaillent dans des entreprises de petite (72,4 % ou 1,9 M) et moyenne taille (19,2 % ou 0,5 M), alors que le dixième restant (8,4 % ou 0,23 M) œuvre dans des entreprises de grande taille (figure 11).

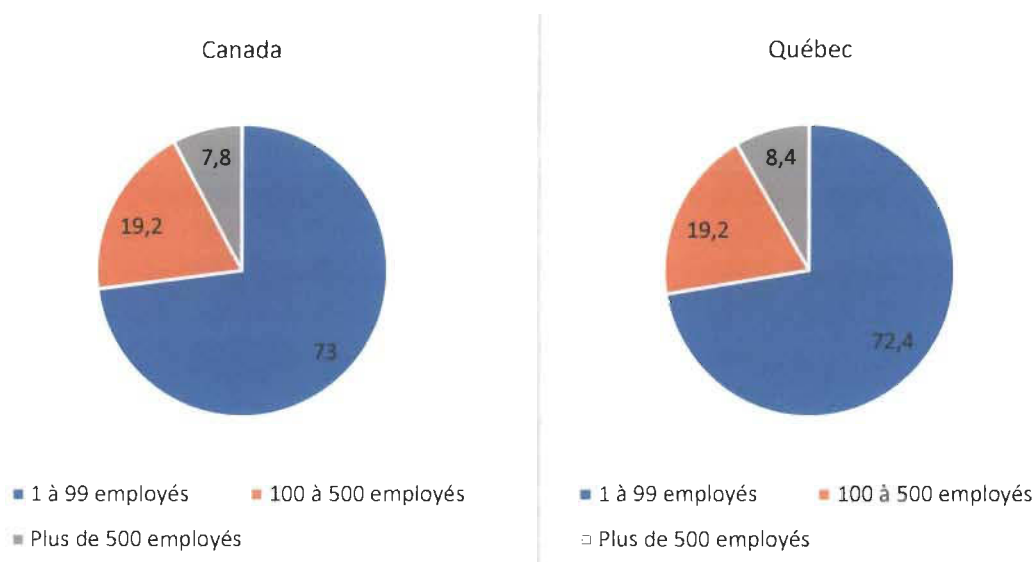


Figure 11: Répartition du nombre total d'employés selon la taille des entreprises. Source, Statistiques Canada, 2017)

Cependant, la mondialisation actuelle provoque dans l'économie mondiale un profond processus de changement. Les entreprises sont amenées à mettre en place des stratégies pour minimiser les impacts environnementaux négatifs sur leurs produits et processus, et pour intensifier leur compétitivité. L'un des défis des entreprises est le lancement précoce des produits et la capacité de les développer, et de répondre aux besoins et aux attentes croissants des clients. De surcroit, le cycle de vie des produits qui se raccourcit encourage le flux continu des projets de développement des nouveaux produits dans l'industrie (Santos et al., 2017).

Selon l'auteur Santos et al., (2017) la gestion d'un produit, depuis sa création jusqu'à son élimination, a une valeur stratégique pour une entreprise donnée dans l'économie en réseau. Avec des usines et des produits intelligents, des changements toucheront la façon dont les produits seront fabriqués, en présentant un impact sur divers secteurs du marché. La personnalisation des produits, par les consommateurs, a tendance d'être une variable de plus

dans le processus de production. Les usines intelligentes doivent être en mesure de prendre en considération et de s'adapter aux préférences des clients (Santos et al., 2017).

Actuellement, la création de valeur industrielle dans les pays industrialisés est conditionnée par la capacité des entreprises d'évoluer vers la quatrième révolution industrielle. La soi-disant industrie 4.0 est basée sur la création d'usines intelligentes, de produits intelligents et de services intelligents intégrés dans un Internet des objets et des services également appelés Internet industriel (Berger, 2016). L'utilisation d'outils d'intelligence artificielle pour le développement de produits et de processus et l'analyse croissante des opportunités est de plus en plus présente (Stock et Seliger, 2016). Ce qui fait des concepts de l'agilité opérationnelle et organisationnelle une méthodologie clé pour faire face au dynamisme, imprévisibilité et turbulence imposée aux entreprises par leur environnement. (Nagel, 1991)

Pour l'agilité organisationnelle, Nagel (1991) l'a définie par la capacité de l'organisation à croître la performance, diminuer les coûts de ses produits et services et de répondre à la demande des clients qui se base de plus en plus sur la qualité (Nagel, 1991). Il s'agit de la réactivité, la rapidité, la flexibilité et les compétences. Le tableau suivant résume et définit lesdites composantes.

Tableau 7: Composante de l'agilité organisationnelle selon (Nagel, 1991)

Composantes de l'agilité organisationnelle	Définition
La réactivité ou la réaction au changement	La réactivité représente la façon avec laquelle une entreprise anticipe, identifie, traite et choisit une réponse aux signaux issus des changements environnementaux
Rapidité — ou la vitesse de prise de décision	En agilité organisationnelle, Eisenhardt (1989), a défini la rapidité par le délai nécessaire pour qu'une organisation prenne et met œuvre une décision. L'auteur stipule aussi que la capacité à gérer efficacement, et en temps réel, des informations comme les indicateurs de la performance, la gestion des conflits, le nombre limité des décideurs, l'expérience dans le domaine et un plan stratégique qui intègre

	plusieurs solutions et tactiques favorise et améliore la vitesse et la qualité des décisions (Eisenhardt, 1989)
Flexibilité — ou la capacité de s'adapter aux changements	La flexibilité organisationnelle représente la façon avec laquelle une organisation maintient un équilibre dans son milieu et s'adapte aux changements de la demande qui provient de l'interne et de l'externe. Ceci ne peut se concrétiser qu'avec la présence des ressources humaines et matérielles (équipements, technologies.) Agiles, efficaces, polyvalentes et adaptables aux changements de l'environnement de l'organisation (Huang et al., 2001).
Compétences — ou les capacités humaines face au changement	La compétence est les capacités permettant d'atteindre les objectifs de l'organisation avec efficacité et efficience, il s'agit dans un côté des capacités et compétences des individus originale, rare, porteuse de valeur et des capacités de l'organisation à gérer ses compétences pour faire face aux changements de son environnement (Prahalad et al., 1990).

Le tableau 7 démontre les composantes de l'agilité organisationnelle, cependant, dans le contexte de l'industrie 4.0, l'agilité organisationnelle des PME est d'actualité et insuffisante. Elle requiert une agilité opérationnelle. Quant à l'agilité opérationnelle, Chelli (2003) l'a définie par la capacité de l'organisation à s'adapter aux nouvelles demandes des clients, fournisseurs... Le développement, la rentabilité et le fonctionnement de l'entreprise sont donc dépendant de l'agilité au niveau de ses opérations. Le but est de se démarquer de la concurrence tout en étant proactif, innovant et stratégique (Chelli, 2003).

L'avènement des nouvelles technologies (équipements et logiciels agiles) dans le secteur manufacturier a permis aux entreprises d'automatiser les opérations notamment les tâches répétitives et d'être de plus en plus efficaces, agiles et adaptées aux variations et aux changements de l'environnement (Gimélec, 2014b).

En somme, la mise en place des systèmes d'information pertinente, la prise de décisions efficaces et en temps réel, l'innovation continue, la flexibilité et la reconfiguration des technologies utilisées sont des éléments de l'agilité (Gamache, 2019). Celle-ci ne concrétise qu'en contrôlant les processus et en réduisant les sources de gaspillage. Il s'agit de ce qu'on appelle le lean manufacturing. Ainsi, l'utilisation efficace des nouvelles technologies accompagnée dudit lean manufacturing permet aux entreprises d'être flexibles, de bien utiliser ses ressources et d'atteindre l'agilité opérationnelle pour répondre au principe clé de l'industrie 4.0 qui est la personnalisation de masse (Kohler et Weisz, 2016).

Pour conclure, afin de répondre aux exigences de la personnalisation de masse, les entreprises ont besoin d'être efficaces et flexibles. L'agilité au niveau de l'organisation et des opérations sont désormais des bases pour pouvoir aux entreprises de prendre des décisions efficaces et en temps réel, disposer des équipements, machines et systèmes flexible et adaptable aux exigences des clients ainsi que d'évoluer dans un environnement d'industrie 4,0.

2.3.3 PME du Québec, qu'en est elles de la transformation numérique ?

En 2017, le CEFRIO a publié un rapport dans lequel il cite les outils de l'industrie 4.0 que les PME du Québec utilisent et maîtrisent. Ce rapport affirme que, sur un échantillon de 312 entreprises, les outils numériques les plus utilisés sont les suites bureautiques, notamment celle de Microsoft (Word, Excel, PowerPoint...), les logiciels de dessins, les progiciels de gestion (ERP), avec des pourcentages respectifs de 71 %, 46 %, et 34 %, tandis que les systèmes de production flexible, les systèmes de gestion d'entrepôt (WMS), les robots, les systèmes de gestion de la relation client (CRM), l'intelligence d'Affaires (BI) et les systèmes de gestion de cycle de vie des produits (PLM) sont utilisés dans moins de 18 %. Le CEFRIO stipule que le passage au numérique est ralenti par la connaissance limitée en numérique ainsi que l'accès limité à une meilleure vitesse en internet. Cependant, il a été mentionné que les activités quotidiennes de 54 % des entreprises, ayant intégré des outils numériques, ont été touchées par des effets positifs remarquables notamment au niveau de la conception des produits et de leur fabrication (CEFRIO, 2017).

D'un autre côté, Moeuf et al. (2017) ont révélé que la plupart des entreprises françaises emploient les technologies du 4.0 dont le prix est faible comme l'internet des objets et l'infonuagique. Alors

que des systèmes tels que le Big Data, les cobots ou robots collaboratifs, la communication inter machines (M2M) et la réalité virtuelle sont des outils qui nécessitent des changements internes et de lourds investissements (Moeuf et al., 2017).

D'après la littérature, le numérique représente une opportunité importante pour le développement des PME. Néanmoins elles font face à de nombreux défis en ce qui concerne les connaissances et les ressources. On peut dire que les PME manufacturières du Québec sont aussi concernées par ces défis. Aussi, il a été démontré que la transformation numérique des PME québécoises ne fait que commencer, car celles-ci ne sont pas engagées dans des activités agiles, lean et n'exploitent pas efficacement les données.

2.4 La gestion de projet et l'industrie 4.0

2.4.1 Qu'est-ce qu'un projet 4.0?

De nos jours, le terme projet est souvent utilisé dans la vie quotidienne, cependant, il n'existe pas une définition universelle à celui-ci. Car le projet est généralement défini en fonction du domaine et de l'expérience de chaque personne.

Quant aux projets dans les organisations, il existe plusieurs définitions du terme projet. Pour cela, nous retenons celle donnée par le Project Management Institute (PMI) qui définit le projet comme :

« Une initiative temporaire entreprise dans le but de créer un produit, un service ou un résultat unique » (Institut, 2017, p. 49).

Selon le PMI, le projet possède plusieurs caractéristiques multidimensionnelles. Il le caractérise par sa nature **temporaire** qui implique une date de commencement et une date de fin fixe, un **livrable unique** que ce soit, un produit ou un service spécifique, et enfin, **un effort continu** qui peut impliquer une ou plusieurs parties prenantes.

De plus, en fonction des facteurs qui influencent l'organisation ou des perspectives managériales, les projets introduisent des changements dans le but de faire passer l'organisation de l'état actuel à un état futur pour atteindre des objectifs précis (Institut, 2017). C'est le cas des entreprises manufacturières qui pour faire face à la forte concurrence, sont amenées à adopter des projets stratégiques pour rendre leurs processus automatisés, plus intelligents et ainsi augmenter leur valeur commerciale (figure 11). L'interconnexion des systèmes de production avec les systèmes de gestion des entreprises (CRM, MES et WMS avec l'ERP) est par exemple un des projets de transformation numérique ou d'industrie 4.0 dont la finalité est de standardiser, rationaliser, fluidifier et automatiser les flux d'informations relatives aux méthodes de travail d'une entreprise et à ses produits depuis le développement dudit produit jusqu'à sa vente.

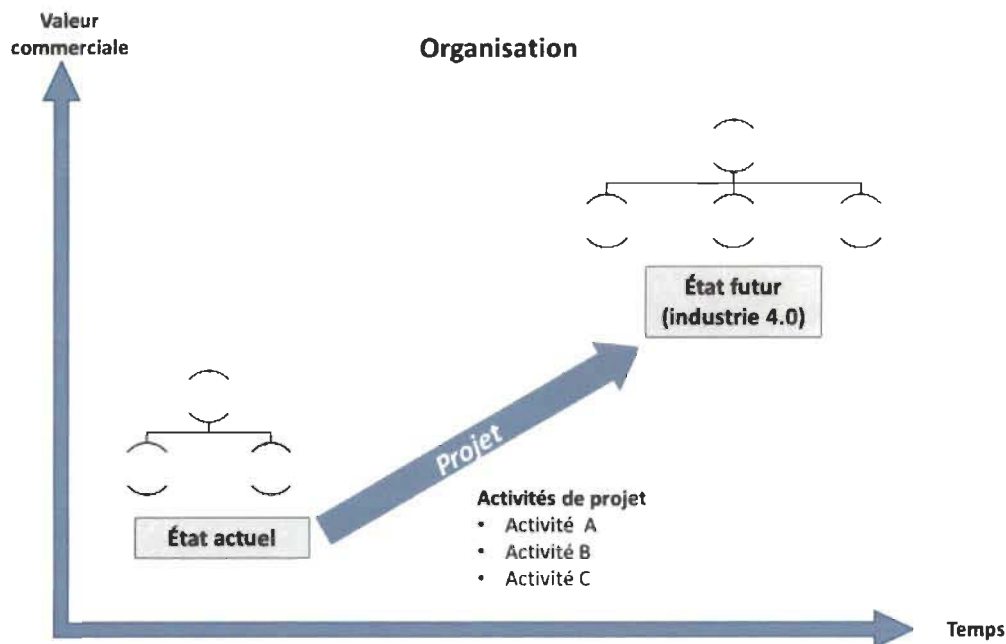


Figure 12: Transition des états organisationnels via un projet. Source, (PMBOK, 2017)

Somme tout projet est un effort temporaire et spécifique dans la finalité d'atteindre un objectif précis. Sa mise en œuvre implique la maîtrise des activités précises est parfois complexes et nécessite une gestion spécifique qui s'appelle, gestion de projets.

2.4.2 Quelles sont les phases d'un projet ?

Selon le PMI, « Une phase de projet est un ensemble d'activités du projet liées logiquement qui aboutit à l'achèvement d'un ou de plusieurs livrables. Les phases d'un cycle de vie peuvent être décrites par divers attributs. Les attributs sont mesurables et propres à une phase en particulier » (Institut, 2017, p. 50). Un projet est généralement constitué de quatre phases principales qui « indiquent le type de travail effectué lors de cette phase » (Institut, 2017, p. 50)..

Phase de démarrage : cette phase permet de définir un nouveau projet en identifiant le besoin et les différentes parties prenantes, clarifiant la demande et les objectifs tout en s'assurant que sa mise en œuvre est alignée à la stratégie de l'entreprise.

Phase de planification : d'après le PMI, « *Cette phase permet de définir le périmètre du projet, d'affiner les objectifs et de décider des actions nécessaires à l'atteinte des objectifs pour lesquels le projet a été entrepris* » (Institut, 2017, p. 51).

Phase d'exécution : Selon le PMI, cette phase, permet « *d'accomplir le travail défini dans le plan de management du projet afin de satisfaire aux exigences du projet* » (Institut, 2017, p. 51).

Phase de clôture : Le PMI stipule que cette phase permet « *de réaliser ou de clore formellement un projet* » (Institut, 2017, p. 51), en s'assurant que le livrable du projet réponds aux attentes du client.

2.4.3 Gestion de projets à l'ère de la quatrième révolution industrielle

Aujourd'hui, la gestion de projet évolue constamment permettant l'émergence de nouveaux modèles qui visent à répondre à la variété des projets à gérer. Cette évolution de la gestion de projet va de pair avec celle de l'environnement des entreprises et s'explique par les avantages que la gestion de projet offre aux organisations dans un environnement marqué par une concurrence féroce, par des clients exigeants et qui change rapidement et perpétuellement (Pochette, 2015). Dans la même veine, Pinto (2002) stipule que l'utilisation des outils et des pratiques de la gestion de projet performante permet aux entreprises de rester concurrentielles dans un environnement complexe, incertain et évolutif.

Ainsi, le concept d'Industrie 4.0 ouvre de nouvelles opportunités et questions. Sa mise en œuvre au sein de l'entreprise manufacturière est un processus très vaste et complexe qui comprend de nombreuses activités. Ces activités doivent être planifiées et gérées comme un projet. L'objectif principal de la gestion de projet est effectivement d'atteindre l'objectif souhaité qui est toujours valable dans le cas du projet d'Industrie 4.0. Ce projet est très complexe et dans la plupart des cas, doit être divisé en plusieurs phases. D'après Hirman (2019), les phases du projet sont très similaires pour chaque entreprise manufacturière dans le cas du processus de support et de gestion, et les principales différences résident dans leurs processus de production (Hirman et al., 2019).

Selon Hirman (2019), le processus de mise en œuvre des projets 4.0 est très similaire à bien des égards avec les projets d'entreprise standard. Il s'ensuit que le processus de mise en œuvre de l'industrie 4.0 pour l'entreprise peut être géré comme un projet standard auquel il faut trouver une équipe du projet. Sa mise en œuvre peut être réalisée en une seule étape si l'entreprise est petite. Dans les cas où l'entreprise est assez grande, l'option la plus appropriée pour ces projets est un changement progressif en plusieurs phases. Il s'agit de :

- Définition de la vision et de la stratégie de l'entreprise pour la mise en œuvre de l'Industrie 4.0 ;
- Identification et description des processus de l'entreprise ;
- Mise en place d'un système d'information à part entière (par exemple ERP/0 II) et collecte de données de fabrication ;
- Numérisation des données collectées, création d'un jumeau numérique et modification ou achat de machines (sur la base des informations du jumeau numérique) ;
- Mise en œuvre de l'intégration horizontale (c'est-à-dire définition de règles contrôlant les processus de production et la collecte automatique des données) ;
- Analyse des données et intégration verticales (agrégation de données pour la haute direction et optimisation des processus en fonction des données) ;
- Production et logistique autogérées (CPS = Cyber Physical System) (Hirman et al., 2019)

La littérature suggère que la mise en place d'un système de gestion de projet mature présente de nombreux avantages. À cet effet, le Project Management Institute (PMI) a mené une étude approfondie couvrant quatre ans et regroupant 65 organisations d'études de cas de 14 pays afin de déterminer les avantages que la gestion de projets apporte aux organisations. L'étude a confirmé l'utilité de la gestion de projet et a conclu que la gestion de projet crée des avantages tangibles et intangibles (Mir et al., 2014). De plus, Cooke-Davies et Munns et Bjeirmi stipulent qu'il existe également des preuves que la valeur recherchée dans un système de gestion de projet très performant est associée au succès des projets.

2.4.4 Les facteurs clés du succès des projets

Avant de citer les principaux facteurs de succès d'un projet abordé dans la littérature, il est essentiel de définir, brièvement, la notion du succès de projet. Le but est de déterminer les critères sur lesquels on se base pour juger si un projet est en succès ou non.

2.4.4.1 Succès du projet

Les projets diffèrent par leur taille, leur caractère unique et leur complexité, les critères de mesure du succès varient donc d'un projet à l'autre (Müller et al., 2007), ce qui rend peu probable qu'un ensemble universel de critères de réussite du projet soit convenu. Les individus et les parties prenantes interpréteront souvent la réussite du projet de différentes manières (Cleland et Ireland, 2006 ; Lim et Mohamed, 1999). L'étude de Muller et Jugdev (2012), qui se concentre sur l'évolution de la littérature sur le succès du projet au cours de la dernière décennie, résume bien ce problème en affirmant qu'il s'agit d'une construction multidimensionnelle et en réseau. Ils affirment que les perceptions du succès et l'importance relative des dimensions du succès diffèrent « selon la personnalité individuelle, la nationalité, le type de projet et le type de contrat ». Les auteurs stipulent que les projets diffèrent par leur taille, leur unicité et leur complexité. Les critères de mesure du succès varient donc d'un projet à l'autre, de sorte qu'il est peu probable qu'un ensemble universel de critères de réussite du projet soit adopté. Le tableau 8 regroupe les recommandations de différents auteurs pour mesurer le succès d'un projet.

Tableau 8 : Critères du succès du projet

Auteurs	Définition du critère de succès du projet
<i>Lim et Mohamed (1999)</i>	Groupent la réussite du projet en utilisant des micros et macros-critères
Lipovetsky et al. (1997)	Proposent de mesurer le succès d'un projet à travers quatre dimensions : atteindre les objectifs de conception et de planification ; avantages clients ; bénéficier à l'organisation en développement ; et bénéficier à la défense et aux infrastructures nationales.
<i>Pinto et Mantel (1990)</i>	Recommandent de mesurer : le succès du processus de mise en œuvre ; la valeur perçue du projet ; et la satisfaction des clients à l'égard du résultat
<i>Atkinson (1999)</i>	Divise le succès du projet en trois catégories : bien faire le processus ; obtenir le bon système et obtenir les bons avantages.
, Shenhar et al. (2001)	Lie la réussite du projet à un avantage concurrentiel et comprend : l'efficacité (respect du calendrier et des objectifs budgétaires) ; impact sur les clients (avantage des produits finaux et la satisfaction des besoins des clients) ; réussite commerciale (avantages du projet en valeur commerciale et part de marché) ; et préparer l'avenir (création de nouvelles infrastructures technologiques et opérationnelles et opportunités de marché).

Bien qu'il n'y ait pas une définition consensuelle du succès d'un projet, les auteurs sont d'accord pour dire qu'un projet réussi peut être obtenu grâce aux bonnes pratiques du chef de projet (Mir et Pinnington, 2014)

2.4.4.2 Les facteurs clés du succès des projets

En plus des réflexions données dans la partie précédente, il est intéressant de mettre en lumière les parties de gestion de projet qui contribuent le plus, à la fois au succès de la gestion de projet et, par conséquent, au succès global du projet. Ces parties sont nommées facteurs clés de succès de la gestion de projet — catalyseurs ou influenceurs de la réussite de projet.

En outre, pour assurer une performance dans les projets complexes tels que l'industrie 4.0, les PME doivent comprendre les éléments décisifs à maîtriser dans son champ d'application pour demeurer performants et compétitifs. Cette compréhension des facteurs clés de succès est indispensable pour la mise en place des ressources et l'identification des compétences clés. Cette notion des facteurs clés de succès a été étudiée pour la première fois avec les auteurs Pinto et Slevein (1988). Ces auteurs ont énuméré un ensemble de facteurs clés contrôlable et d'autres,

incontrôlables, dont les gestionnaires doivent mobiliser pour assurer la réussite de leurs projets (tableau 9).

Tableau 9 : Facteurs clés de succès de projet selon Pinto et Slevin (1986)

Facteurs contrôlables	Facteurs incontrôlables
1. La mission du projet : des objectifs clairs et bien définis	1- Les compétences du chef de projet : capacité à gérer l'équipe, habilités interpersonnelles, techniques et administratives.
2. Soutien de la haute direction : appui concret de la direction générale, et la mise à disposition des ressources nécessaires pour la réalisation du projet.	
3. La planification et la programmation du projet : spécification détaillée des étapes et des actions à accomplir.	2- Pouvoir et politiques : la perception du projet, et le jeu du pouvoir au sein de l'organisation.
4. Consultation du client : écoute active et communication continue de toutes les différentes parties impliquées.	
5. Le personnel : sélection et formation adéquate de l'équipe de projet.	3- Environnement : Les événements extérieurs pouvant affecter le projet positivement ou négativement.
6. Tâches techniques : disponibilité des expertises et technologies requises pour la réussite du projet.	
7. Acceptation du client : la vente du projet aux futurs usagers.	4- Urgence : l'importance du projet et de sa réalisation le plus vite possible
8. Contrôle et rétroaction : qualité de l'information et du contrôle de chaque étape du projet.	
9. Communication : l'échange d'information entre les différents intervenants dans le projet de qualité.	
10. La gestion des problèmes : capacité à identifier et à gérer les crises et problèmes tout au long du projet.	

Les travaux de Slevin et Pinto (1986 ; 1987) étaient dans la bonne direction, cependant les complexités de l'implémentation des processus des projets s'amplifient encore plus par la dynamique, et la nature changeante des projets. Ainsi, Pinto et Prescott (1988) précisent que la confusion relative à l'évaluation des facteurs clés de succès est due à la nature temporelle de ces facteurs. En d'autres termes, il est possible, voire préférable que l'impact présenté par différents facteurs clés sur le succès du projet peut changer dans différentes phases du projet. C'est ainsi

que leur analyse du cycle de vie du projet a été développée et a confirmé l'importance des dix facteurs clés (variables indépendantes) pour le succès (variable dépendante) du projet dans les différentes phases du cycle de vie du projet (conception, planification, exécution, clôture) (Pinto et al., 1988).

Le tableau suivant de Slevin et Pinto (1989) montre que certains facteurs, comme la mission du projet, sont importants pour le succès de projets tout au long du cycle de vie du projet tandis que d'autres facteurs tels que les tâches techniques et le support de la haute direction sont plus importants dans la phase d'exécution (tableau 10).

Tableau 10 : Les facteurs de succès dans les phases de projet, selon Slevin et Pinto (1989, p.32)

Phase 1 : Conceptuel	<ul style="list-style-type: none"> • Mission du projet • Consultation du client • Personnel • Urgence
Phase 2 : Planification	<ul style="list-style-type: none"> • Mission du projet • Effets environnementaux • Planification • Surveillance et rétroaction • Acceptation de client
Phase 3 : Exécution	<ul style="list-style-type: none"> • Mission du projet • Tâches techniques • Soutien de la haute direction
Phase 4 : Clôture	<ul style="list-style-type: none"> • Mission du projet • Planification • Acceptation de client • Tâches techniques • Personnel

À la lumière de ce qui a été présenté dans la littérature précisément la partie traitant de

l'industrie 4.0, et en se fondant sur le modèle de Slevin et Pinto, on suppose que la maturité numérique de l'entreprise pourra également être un facteur clé de succès, surtout que durant le cycle de vie du projet, le support de la haute direction, le personnel ainsi que la communication avec le client (dimension de la maturité numérique) font partie des facteurs clés de succès important.

Donc pour gérer efficacement un projet de type 4.0, garantir son succès le gestionnaire de projet est tenu respecter les objectifs du projet, notamment en termes du coût, délai et qualité et veiller à adopter de bonnes pratiques en gestion de projet notamment les facteurs clés de succès.

En nous basant sur ce qui précède, nous pouvons conclure que le succès des projets 4.0 peut être expliqué, partiellement si ce n'est en grande partie, par l'atteinte des objectifs coût, délai et qualité et aussi par l'application des bonnes pratiques en gestion de projet notamment les facteurs clés de succès.

L'objectif de notre recherche sera d'infirmer ou confirmer ce point de vue, en étudiant la relation entre le succès des projets d'industrie 4.0, les facteurs clés de succès de projet. Le chapitre suivant présente le cadre conceptuel, ainsi que la méthodologie de recherche utilisée.

Phase 2 : Objectifs Analyser- Comprendre

2.5 Hypothèses et cadre conceptuel

Ce chapitre a pour objectif de présenter les hypothèses dont l'élaboration a été basée sur les quatre éléments du cadre conceptuel (les facteurs clés de succès des projets, le succès des projets 4.0, le cycle de vie du projet et la maturité numérique).

2.5.1 Les hypothèses

2.5.1.1 Hypothèse 1 : la maturité numérique et les FCS

Hypothèse 1a : La maturité numérique a une influence positive sur les facteurs clés de succès des projets.

Hypothèse 1b : la relation entre les FCS et la maturité numérique est modérée par le cycle de vie du projet.

2.5.1.2 Hypothèse 2 : les FCS et le succès du projet

Hypothèse 2a : Les FCS ont une influence positive sur le succès des projets 4.0.

Hypothèse 2b : La relation entre les FCS et le succès des projets 4.0 est modérée par le cycle de vie du projet.

2.5.2 Cadre conceptuel

À travers les hypothèses formulées et les variables déjà présentées, le cadre conceptuel du travail sera comme suit :

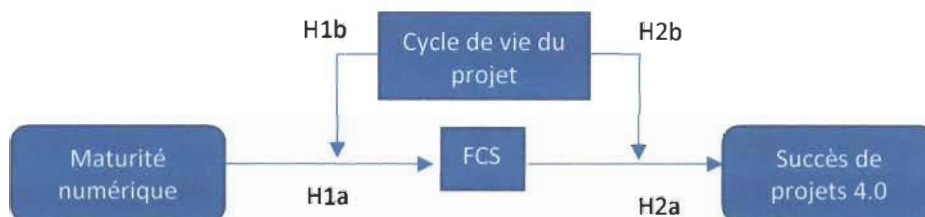


Figure 13: Cadre conceptuel

Ce cadre conceptuel présente une réponse théorique fondée sur une synthèse des éléments phares de la revue de la littérature, il permet d'éclaircir la problématique en présentant les relations entre les différentes variables, à savoir : les variables indépendantes (Facteurs clés de succès du projet et la maturité numérique), variable dépendante (le succès des projets 4.0) et la variable modératrice qui est le cycle de vie du projet.

3 Méthodologie

La présente partie a pour objectif d'expliquer la méthodologie utilisée tout au long de notre recherche. Le contexte du sujet, ses caractéristiques et ses contraintes nous ont dirigés vers un devis méthodologique qualitatif avec une approche abductive par recherche-action. Notre stratégie de recherche est l'étude de cas. Notons que, par le présent projet de recherche, nous étudions l'ensemble des facteurs clés en gestion de projet qui peuvent modérer le succès des projets 4.0 des PME.

Dans un premier lieu, nous présentons les raisons de notre choix méthodologique. Dans un deuxième lieu, nous exposons la méthode collecte de données, notamment la technique d'échantillonnage, et l'instrument de collecte de données. Ensuite, la technique d'analyse employée sera présentée, et enfin les limites et biais inhérents à la méthodologie utilisée seront cités.

3.1 Mise en contexte.

La méthodologie maintenue pour réaliser ce mémoire est la qualitative. Cette méthodologie nous semble appropriée pour explorer des sujets émergents et peu documentés. L'objectif de cette recherche est d'observer, explorer, les FCS et voir son impact sur le succès du projet de transition vers l'industrie 4.0. Cet objectif réalisable par la hiérarchisation des FCS les plus pertinents dans le contexte des projets de transition des PME vers l'industrie 4.0. Comme celle-ci est un phénomène émergent, voire inconnu pour plusieurs PME manufacturières, les travaux effectués dans ce mémoire se développent davantage dans un contexte de recherche exploratoire. Cette structure nous a incités à chercher un échantillon d'entreprise en fonction de deux critères. Il s'agit en premier, du secteur de l'entreprise à savoir le manufacturier, et aussi d'avoir prendre le chemin pour la transition vers l'industrie 4.0, c'est-à-dire avoir une expérience en projets d'industrie 4.0.

3.2 Structure de la méthodologie :

À partir du cadre conceptuel, la prochaine étape de ladite recherche consiste à faire une enquête et exploration du terrain pour identifier les facteurs clés de succès puis élaborer un questionnaire

et le distribuer dans l'entreprise étudiée. Les résultats récoltés du terrain ont ensuite été analysés. La dernière étape de la méthodologie consiste finalement à classer par rang d'importance les FCS pertinents pour les projets de transition vers l'industrie 4.0. Le schéma suivant présente la structure de la méthodologie.



Figure 14: Structure de la méthodologie

3.2.1 Identification des FCS :

Après une étude de la littérature, nous avons identifié les écrits de Slévin et Pinto (1986) qui traitent des facteurs clés de succès des projets pour expliquer les différentes variables à étudier. Ceux-ci proposent dix facteurs clés de succès (voir tableau 9).

3.2.2 L'étude de cas

En gestion de projet, les études de cas représentent l'une des approches méthodologiques les plus répondues. Selon Yin (2009), elle permet de mettre la lumière non seulement sur le comment, le pourquoi et la compréhension d'un phénomène social dans son contexte, mais aussi d'étudier la complexité de la réalité sociale. L'étude de cas est définie comme :

« Une stratégie de recherche empirique qui permet d'étudier des phénomènes contemporains dans la réalité où les limites entre le phénomène et son contexte ne sont pas toujours clairement évidentes et où il faut habituellement utiliser des sources multiples d'information » (Yin, 1981, p . 99)

En somme, la présente étude rassemble les témoignages et expériences des membres du cas étudié ayant participé dans la mise en œuvre des projets de sa transition vers l'ère numérique dans les dernières années.

Le tableau 11 présente les caractéristiques générales de l'entreprise, ainsi que des informations qui concernent le contexte dans lequel ont été entrepris les projets à objectif 4.0. Il est à noter que pour entreprendre le virage vers l'industrialisation 4.0, l'entreprise en question a débuté l'implantation de projets 4.0 par des projets d'optimisation de son processus s'agissant de l'automatisation d'une de ses usines de production, celui du silicone, de la programmation d'automates et la mise en place d'un système de recette et de transfert des matières premières automatique. Cependant nous allons se focaliser sur les projets sur lesquels nous avons eu l'occasion de participer soit pendant la phase de planification ou de la phase d'exécution de ces projets.

Tableau 11: Les caractéristiques générales de l'entreprise étudiée

Entreprise étudiée				
Secteurs d'activité	Manufacturier, Produits chimiques			
Nombre des employés	90-100			
Projets adoptés	Optimisation du CRM	Optimisation du MES	WMS	Interconnexion du CRM, MES et WMS avec l'ERP
Phase du projet	Exécution	Exécution	Planification	Planification
Portée du projet	Fidéliser et conquérir un plus grand nombre de clients potentiels, mieux outiller les agents au service à la clientèle, maximiser les ressources de vente.	Exécuter, gérer et suivre les productions en cours. Superviser les machines et opérateurs grâce à la collecte, en temps réel, des informations	Gestion des entrepôts logistiques. Automatiser la gestion des stocks, et des inventaires.	Faire coïncider le site web et les outils marketing, avec le CRM, l'ERP, MES et le WMS. Le but est d'enrichir ces derniers avec des données recueillies sur les

		et données relatives à la production,		produits, les prospects et les clients de l'entreprise.
Caractéristiques du projet	Outil collaboratif, opérationnel, et analytique qui : Automatise les tâches manuelles des agents et des représentants d'ADFAST, Suit les interactions des clients et des prospects des filiales	Outil collaboratif, opérationnel, et analytique qui permet : Une traçabilité précise. Gestion optimale des recettes et des gammes de fabrication. Gestion en temps réel des lots de fabrication...	Outil collaboratif, opérationnel, et analytique qui permet : La gestion des entrées, La Localisation des unités de charge, Le Contrôle des stocks. Contrôle des sorties.	Opération visant à standardiser, rationaliser, fluidifier et automatiser les flux d'informations relatifs aux méthodes de travail de l'entreprise, et aux produits depuis le développement jusqu'à la vente desdits produits.
Processus concerné par le projet	Services marketing, commerciaux et service à la clientèle	Service de production, et département R&D	Service de la logistique	Tous les services précités

3.2.3 Développement du questionnaire

Le développement d'un questionnaire aide à mutualiser les expériences des répondants afin de statuer sur les corrélations entre les variables, à savoir : la variable indépendante (Facteurs clés de succès du projet industrie 4.0), variables dépendantes (la performance et le succès des projets) et la variable modératrice qui est le degré de maturité numérique de l'entreprise. (Voir annexe 1)

Ainsi, les questions concernant ces variables ont été développées à partir de la littérature et orientées par les objectifs de notre recherche. Le questionnaire se compose donc de quatre sections.

Le questionnaire est composé de quatre sections :

Section 1 : Informations sur le répondant

Section 2 : données relatives à l'entreprise

Section 3 : la maturité numérique et les facteurs clés de succès du projet

Section 4 : Les facteurs clés de succès du projet et le succès du 4.0. (Cette section a été adopté du P.I.P (Project Implementation Profile) : un instrument de gestion de projet, élaboré par Slevin et Pinto (1986) et qui utilise un questionnaire destiné aux chefs de projet).

Dans la troisième et la quatrième section, les questions relatives aux variables indépendantes et les variables dépendantes sont mesurées en se basant sur les 5 niveaux de l'échelle de Likert. Celle-ci permet au répondant d'exprimer son degré d'accord ou de désaccord à l'égard de l'énoncé.

Degré d'accord					
Énoncé	Fortement en désaccord 1	En désaccord 2	Ni en accord ni en désaccord 3	En accord 4	Fortement en accord 5

3.2.4 Collecte de données

Les données ont été recueillies suite à la distribution d'un questionnaire et une série d'entrevues semi-directives au sein de la compagnie étudiée. Dans ce cas, nous avons échangé avec des personnes ayant participé activement à l'implantation des projets de transition vers l'industrie 4.0. Les répondants (total de 16) occupaient différentes fonctions telles que la direction des services clients, la présidence de l'Entreprise, la responsable ressource humaine, l'équipe IT/OT et la gestionnaire de projet. La durée des entrevues variait entre 15 et 30 minutes. Les données qualitatives récoltées ont été appuyées par l'observation directe des fonctionnalités et des outils utilisés pour faciliter le bon déroulement des projets en cours.

4 Résultats et discussions

4.1 Analyse descriptive de l'échantillon

Notre échantillon est composé de 16 gestionnaires de projet qui se sont basés, sur leur expérience en la gestion des projets de transition des PME vers l'industrie 4.0 pour répondre au

questionnaire. Leurs réponses nous ont permis de collecter, non seulement des informations relatives aux répondants (nombre d'années d'expérience, niveau d'études...), mais aussi des informations sur l'organisation et ses projets (nombre d'employés, secteur d'activité, phase du projet.).

En ce qui concerne les informations sur les répondants, les données recueillies nous indiquent que 52% des répondants sont âgés entre 35 et 44 ans (figure15).

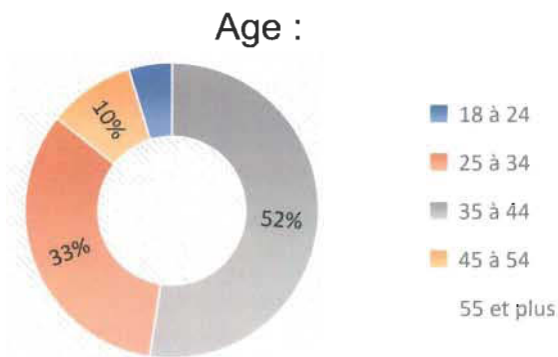


Figure 15: L'âge

Les personnes interrogées occupent le poste de gestionnaire de projets nécessitant le plus souvent des études poussées. Et en conséquence, un pourcentage de 58% des répondants ont un niveau de scolarité important avec des diplômes universitaires de 2^{ème} cycle ou 3^{ème} cycle. (figure 16).

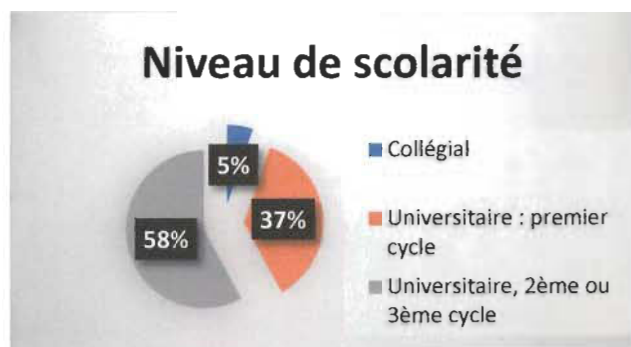


Figure 16: Niveau de scolarité

Pour ce qui est de l'expérience professionnelle acquise dans le domaine, 10 % des répondants ont moins de 2 ans, 14 % ont entre 2 à 5 ans d'expérience ; 19 % varient entre 6 ans et 10ans, tandis que 57% des répondants ont plus de 10 ans d'expérience. (Figure 17).

Nombre d'années d'expériences

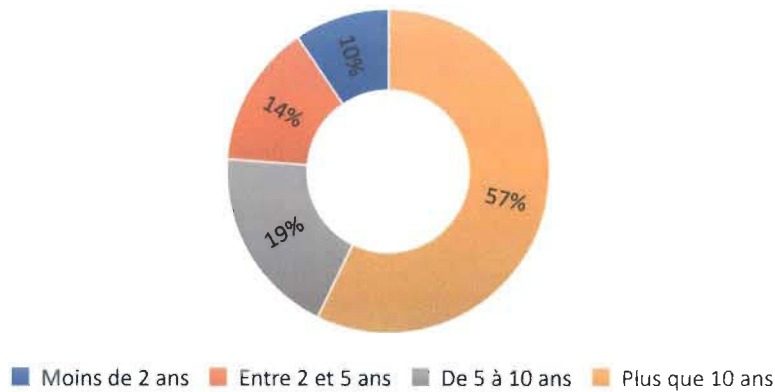


Figure 17: Nombre d'années d'expérience

Cette entreprise a évidemment une expérience dans l'industrie 4.0, et tel qu'il est illustré dans la figure 5, la plupart des répondants 42 % stipulent que l'entreprise a débuté la transition vers l'industrie 4.0 il y a un an (Figure 18).

Début de transition vers le 4.0

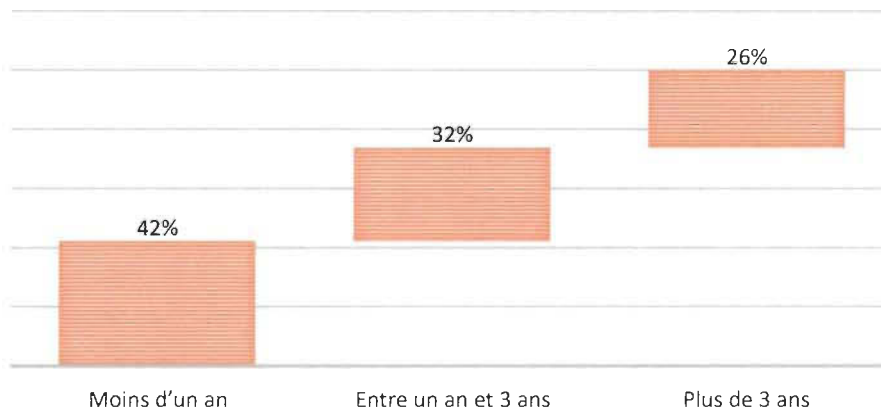


Figure 18: Début de transition vers l'industrie 4.0.

Comme les projets de transition vers l'industrie 4.0 passent par différentes phases dépendamment du processus de réalisation, le pourcentage de 47.37% représente les projets en

phase de démarrage, suivi en deuxième position de 31.58% des projets en phase de planification. (Figure 19)

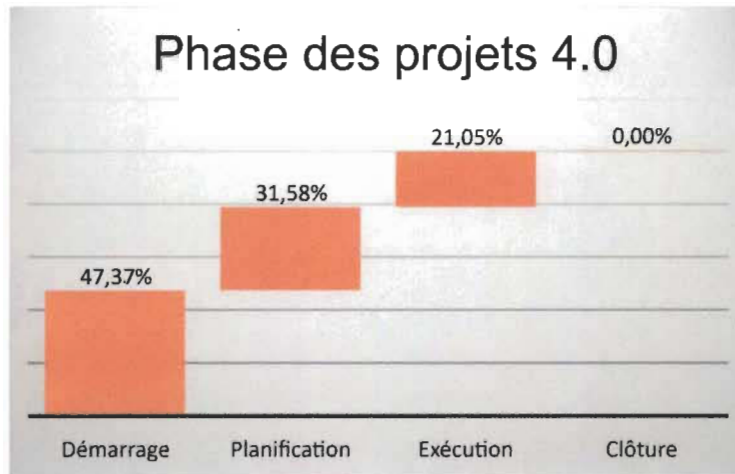


Figure 19: Phase des projets de transition vers le 4.0.

L'industrie 4.0 nécessite de lourds investissements allant de 50 000\$ jusqu'à 1 000000, à cet effet, un grand nombre d'entreprises ont injecté plus de 1000000\$ CAD dans des projets d'industrie 4.0 soit un pourcentage de 41%. (Figure 20)

Budget moyen des projets



Figure 20: Budget moyen des projets.

4.2 Présentation et interprétation des résultats :

4.2.1 La maturité numérique et les facteurs clés de succès

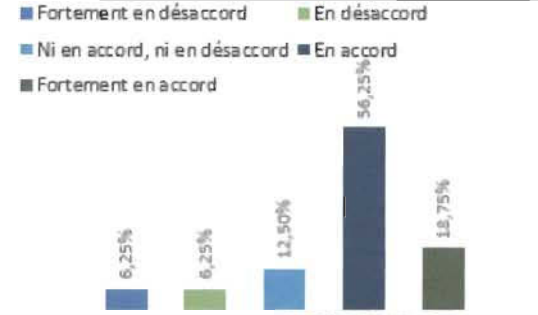
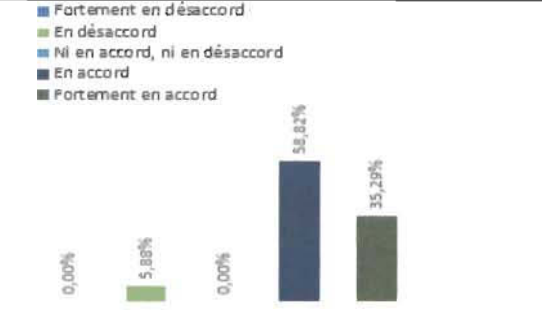
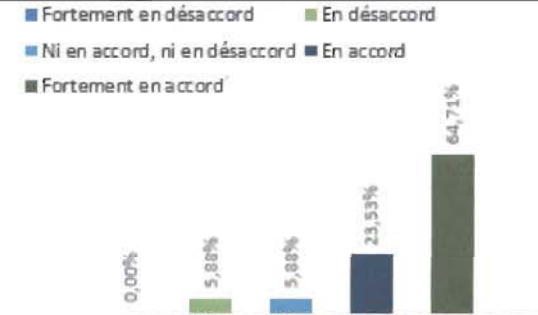
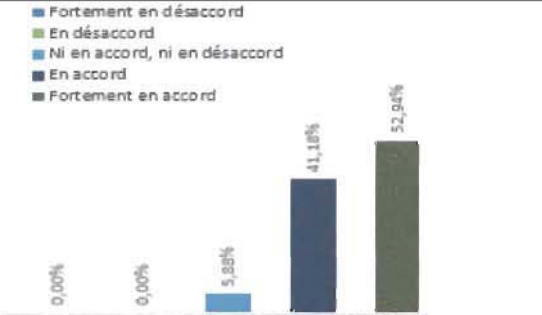
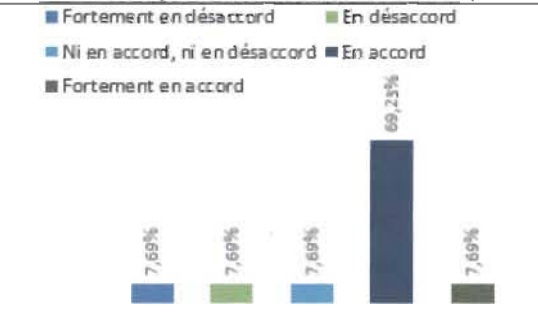
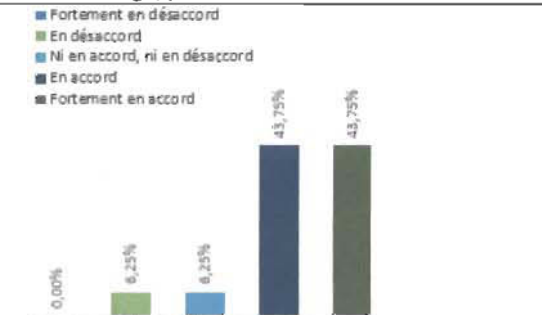
Dans cette partie, les résultats de la section 3 de notre questionnaire : la maturité numérique et les facteurs clés de succès seront présentés sous forme d'un tableau (12). Le but est de faire une comparaison des facteurs clés de succès pendant les phases de cycle de vie d'un projet, pour ensuite vérifier l'hypothèse 1 : Relation entre les FCS et la maturité numérique.

Tableau 12: La maturité numérique et les facteurs clés de succès

Phases	Démarrage/Planification	Exécution/Clôture
Facteurs Clés de succès ■ Fortement en désaccord ■ En désaccord ■ Ni en accord, ni en désaccord ■ En accord ■ Fortement en accord	<p>Detailed description: A bar chart with five bars representing response categories. The y-axis shows percentages. The bars are: 0.00% (blue), 0.00% (green), 0.00% (light blue), 62.50% (dark blue), and 37.50% (dark green).</p>	<p>Detailed description: A bar chart with five bars representing response categories. The y-axis shows percentages. The bars are: 0.00% (blue), 5.88% (green), 0.00% (light blue), 52.94% (dark blue), and 41.18% (dark green).</p>
Objectif du projet	<p>Commentaire : D'après les données recueillies, nous percevons que les avis positifs des répondants sont importants durant les phases de démarrage/planification et d'exécution/clôture. Respectivement, 100% et 94% des répondants sont d'accord ou fortement en accord par l'influence de la maturité numérique sur l'objectif du projet.</p> <p>Interprétation : De la comparaison des deux graphiques, et de l'unanimité des réponses (en accord et fortement en accord) lors de la phase de démarrage/Planification, nous pouvons dire qu'une grande importance est accordée à l'influence de la maturité numérique sur l'objectif du projet. Cependant, l'avis de désaccord exprimé, lors de la phase d'exécution/clôture, est interprété comme étant le facteur clé de succès "objectif du projet" et plus important pendant les phases de démarrage/planification que dans les phases exécution/clôture.</p>	
Support de la haute direction	<p>Detailed description: A bar chart with five bars representing response categories. The y-axis shows percentages. The bars are: 0.00% (blue), 6.25% (green), 0.00% (light blue), 12.50% (dark blue), and 81.25% (dark green).</p>	<p>Detailed description: A bar chart with five bars representing response categories. The y-axis shows percentages. The bars are: 0.00% (blue), 5.88% (green), 0.00% (light blue), 23.53% (dark blue), and 70.59% (dark green).</p>

	<p>Commentaire : Comme nous remarquons dans le graphique, 93.55% des répondants ont exprimé des avis positifs, notamment en accord et fortement en accord, et 6.25% ne sont pas d'accord avec l'influence de la maturité numérique sur le support de la haute direction.</p>	<p>Durant la phase d'exécution/clôture, le nombre des répondants, ayant des avis positifs pour l'influence de la maturité numérique sur le support de la haute direction, a sensiblement augmenté au 94.12%. Cependant, seulement 5.88% des répondants ne sont en désaccord pour ladite influence.</p>																								
	<p>Interprétation : des deux graphiques, on constate que pendant la phase d'exécution/clôture le « Support de la haute direction » est légèrement important, en comparaison à la phase d'exécution/clôture. Ce qui nous confirme la présence de l'influence de la maturité numérique sur le facteur clé « le support de la haute direction » durant toutes les phases du projet.</p>																									
<p>Planification du projet</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fortement en désaccord</td> <td>6,25%</td> </tr> <tr> <td>En désaccord</td> <td>6,25%</td> </tr> <tr> <td>Ni en accord, ni en désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>En accord</td> <td>31,25%</td> </tr> <tr> <td>Fortement en accord</td> <td>56,25%</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Valeur	Fortement en désaccord	6,25%	En désaccord	6,25%	Ni en accord, ni en désaccord	0,00%	En accord	31,25%	Fortement en accord	56,25%	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fortement en désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>En désaccord</td> <td>11,76%</td> </tr> <tr> <td>Ni en accord, ni en désaccord</td> <td>5,88%</td> </tr> <tr> <td>En accord</td> <td>41,18%</td> </tr> <tr> <td>Fortement en accord</td> <td>41,18%</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Valeur	Fortement en désaccord	0,00%	En désaccord	11,76%	Ni en accord, ni en désaccord	5,88%	En accord	41,18%	Fortement en accord	41,18%
Catégorie	Valeur																									
Fortement en désaccord	6,25%																									
En désaccord	6,25%																									
Ni en accord, ni en désaccord	0,00%																									
En accord	31,25%																									
Fortement en accord	56,25%																									
Catégorie	Valeur																									
Fortement en désaccord	0,00%																									
En désaccord	11,76%																									
Ni en accord, ni en désaccord	5,88%																									
En accord	41,18%																									
Fortement en accord	41,18%																									
	<p>Commentaire : pendant la phase d'exécution/clôture, 87,50% des répondants sont d'accord ou fortement en accord pour le facteur de planification du projet, alors que 12.50% des répondants ont exprimé le désaccord pour l'influence de ladite planification du projet par la maturité numérique</p>	<p>le taux des avis favorables (en accord et fortement en accord) et celui des avis défavorables (en désaccord) ont légèrement baissé respectivement aux valeurs de 82.39% et 11.76%.</p>																								
	<p>Interprétation : au long du cycle de vie du projet, nous remarquons une sensible différence entre le taux des avis positifs pour les phases de démarrage/planification et celui des phases exécution/clôture. Nous pouvons dire que la planification du projet est plus influencée par la maturité numérique durant la phase de démarrage/planification.</p>																									
<p>Personnel</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fortement en désaccord</td> <td>6,25%</td> </tr> <tr> <td>En désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>Ni en accord, ni en désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>En accord</td> <td>75,00%</td> </tr> <tr> <td>Fortement en accord</td> <td>18,75%</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Valeur	Fortement en désaccord	6,25%	En désaccord	0,00%	Ni en accord, ni en désaccord	0,00%	En accord	75,00%	Fortement en accord	18,75%	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fortement en désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>En désaccord</td> <td>6,67%</td> </tr> <tr> <td>Ni en accord, ni en désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>En accord</td> <td>73,33%</td> </tr> <tr> <td>Fortement en accord</td> <td>20,00%</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Valeur	Fortement en désaccord	0,00%	En désaccord	6,67%	Ni en accord, ni en désaccord	0,00%	En accord	73,33%	Fortement en accord	20,00%
Catégorie	Valeur																									
Fortement en désaccord	6,25%																									
En désaccord	0,00%																									
Ni en accord, ni en désaccord	0,00%																									
En accord	75,00%																									
Fortement en accord	18,75%																									
Catégorie	Valeur																									
Fortement en désaccord	0,00%																									
En désaccord	6,67%																									
Ni en accord, ni en désaccord	0,00%																									
En accord	73,33%																									
Fortement en accord	20,00%																									
	<p>Commentaire : dans les phases de démarrage/planification », 93.75% des répondants ont exprimé un avis positif et seulement 6.25% des répondants ont des avis défavorables pour le facteur clé « personnel »</p>	<p>Nous remarquons une constance au niveau du taux des avis positifs ainsi que celui des avis négatifs, en faveur du facteur « personnel » : il s'agit respectivement de 93.33% et 6.67%</p>																								
	<p>Interprétation : l'analyse des résultats nous permet de constater que la maturité numérique exerce partiellement une influence du même niveau sur le personnel. Et ce tout au long du cycle de vie du projet .</p>																									

<p>Tâches techniques</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fortement en désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>En désaccord</td> <td>6,67%</td> </tr> <tr> <td>Ni en accord, ni en désaccord</td> <td>20,00%</td> </tr> <tr> <td>En accord</td> <td>33,33%</td> </tr> <tr> <td>Fortement en accord</td> <td>40,00%</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Pourcentage	Fortement en désaccord	0,00%	En désaccord	6,67%	Ni en accord, ni en désaccord	20,00%	En accord	33,33%	Fortement en accord	40,00%	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fortement en désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>En désaccord</td> <td>5,88%</td> </tr> <tr> <td>Ni en accord, ni en désaccord</td> <td>11,76%</td> </tr> <tr> <td>En accord</td> <td>56,82%</td> </tr> <tr> <td>Fortement en accord</td> <td>23,53%</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Pourcentage	Fortement en désaccord	0,00%	En désaccord	5,88%	Ni en accord, ni en désaccord	11,76%	En accord	56,82%	Fortement en accord	23,53%
Catégorie	Pourcentage																									
Fortement en désaccord	0,00%																									
En désaccord	6,67%																									
Ni en accord, ni en désaccord	20,00%																									
En accord	33,33%																									
Fortement en accord	40,00%																									
Catégorie	Pourcentage																									
Fortement en désaccord	0,00%																									
En désaccord	5,88%																									
Ni en accord, ni en désaccord	11,76%																									
En accord	56,82%																									
Fortement en accord	23,53%																									
	<p>Commentaire : les répondants qui ont exprimé des avis d'accord représentent un pourcentage de 73.33%, 20% des répondants sont neutre et 6.67% ne sont pas d'accord avec l'influence de la maturité numérique sur les tâches techniques durant le démarrage/planification.</p>	<p>Durant les phases d'exécution/clôture, une légère augmentation a été remarquée au niveau du pourcentage des répondants (82.35%) ayant des avis favorables pour l'influence de la maturité numérique sur les tâches techniques. Nous remarquons aussi une légère baisse au niveau des avis neutres (11.76%) et des avis de désaccord (5.88%).</p>																								
	<p>Interprétation : Allant des résultats obtenus, nous constatons que les tâches techniques sont plus importantes durant la phase d'exécution/clôture et moins importantes durant les phases de démarrage/planification. Ce qui explique que lesdites tâches techniques font l'objet d'une influence de la part de la maturité numérique durant les phases d'exécution/clôture.</p>																									
<p>Besoins des clients</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fortement en désaccord</td> <td>6,67%</td> </tr> <tr> <td>En désaccord</td> <td>6,67%</td> </tr> <tr> <td>Ni en accord, ni en désaccord</td> <td>26,67%</td> </tr> <tr> <td>En accord</td> <td>33,33%</td> </tr> <tr> <td>Fortement en accord</td> <td>26,67%</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Pourcentage	Fortement en désaccord	6,67%	En désaccord	6,67%	Ni en accord, ni en désaccord	26,67%	En accord	33,33%	Fortement en accord	26,67%	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fortement en désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>En désaccord</td> <td>12,50%</td> </tr> <tr> <td>Ni en accord, ni en désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>En accord</td> <td>37,50%</td> </tr> <tr> <td>Fortement en accord</td> <td>50,00%</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Pourcentage	Fortement en désaccord	0,00%	En désaccord	12,50%	Ni en accord, ni en désaccord	0,00%	En accord	37,50%	Fortement en accord	50,00%
Catégorie	Pourcentage																									
Fortement en désaccord	6,67%																									
En désaccord	6,67%																									
Ni en accord, ni en désaccord	26,67%																									
En accord	33,33%																									
Fortement en accord	26,67%																									
Catégorie	Pourcentage																									
Fortement en désaccord	0,00%																									
En désaccord	12,50%																									
Ni en accord, ni en désaccord	0,00%																									
En accord	37,50%																									
Fortement en accord	50,00%																									
	<p>Commentaire : Tel qu'il est montré dans le graphique, un total de 60% des répondants sont en accord et fortement en accord avec l'influence de la maturité numérique sur les besoins des clients, 26.33% sont neutre et 13.34% des répondants ont des avis négatifs pour l'énoncé.</p>	<p>Pendant ces phases de projet, une augmentation au niveau du taux des avis favorables a été remarquée. Il s'agit précisément de 87.50% des répondants sont en accord et en désaccord avec l'importance des besoins des clients.</p>																								
	<p>Interprétation : Les résultats nous permettent de constater que durant les cycles de vie exécution/clôture, les besoins du client sont plus influencés par la maturité numérique que lors du démarrage/planification.</p>																									



<p>Contrôle et rétroaction</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fortement en désaccord</td> <td>6,25%</td> </tr> <tr> <td>En désaccord</td> <td>6,25%</td> </tr> <tr> <td>Ni en accord, ni en désaccord</td> <td>12,50%</td> </tr> <tr> <td>En accord</td> <td>56,25%</td> </tr> <tr> <td>Fortement en accord</td> <td>18,75%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Commentaire : Nous observons que 75% des réponses représentent les avis positifs, 12.50% des répondants sont neutre et 12.50% des répondants sont en désaccord avec l'influence le contrôle et rétroaction.</p> <p>Interprétation : d'après les résultats ci-dessus, nous constatons que le contrôle et rétroaction sont plus importants durant l'exécution/clôture que dans les premières phases du projet démarrage/planification. Ce qui veut dire que les phases où le contrôle et rétroaction sera influencé par la maturité numérique sont l'exécution clôture.</p>	Catégorie	Pourcentage	Fortement en désaccord	6,25%	En désaccord	6,25%	Ni en accord, ni en désaccord	12,50%	En accord	56,25%	Fortement en accord	18,75%	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fortement en désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>En désaccord</td> <td>5,88%</td> </tr> <tr> <td>Ni en accord, ni en désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>En accord</td> <td>58,82%</td> </tr> <tr> <td>Fortement en accord</td> <td>35,29%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Le pourcentage des répondants ayant des avis favorables à fait l'objet d'une augmentation de 19.11% (94.11%), les avis de désaccord ont diminués de 6.32%.</p>	Catégorie	Pourcentage	Fortement en désaccord	0,00%	En désaccord	5,88%	Ni en accord, ni en désaccord	0,00%	En accord	58,82%	Fortement en accord	35,29%
Catégorie	Pourcentage																									
Fortement en désaccord	6,25%																									
En désaccord	6,25%																									
Ni en accord, ni en désaccord	12,50%																									
En accord	56,25%																									
Fortement en accord	18,75%																									
Catégorie	Pourcentage																									
Fortement en désaccord	0,00%																									
En désaccord	5,88%																									
Ni en accord, ni en désaccord	0,00%																									
En accord	58,82%																									
Fortement en accord	35,29%																									
<p>Communication</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fortement en désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>En désaccord</td> <td>5,88%</td> </tr> <tr> <td>Ni en accord, ni en désaccord</td> <td>5,88%</td> </tr> <tr> <td>En accord</td> <td>23,53%</td> </tr> <tr> <td>Fortement en accord</td> <td>64,71%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Commentaire : 88.24% des répondants ont exprimé des avis positifs pour l'importance de la communication durant le démarrage/planification, pendant que 5.88% sont en désaccord avec cet énoncé.</p> <p>Interprétation : les résultats nous montrent que la communication est importante tout au long du cycle de vie de projet. Ainsi la maturité numérique exerce une influence sur ladite communication aussi lors des phases d'exécution/clôture que dans le démarrage/planification.</p>	Catégorie	Pourcentage	Fortement en désaccord	0,00%	En désaccord	5,88%	Ni en accord, ni en désaccord	5,88%	En accord	23,53%	Fortement en accord	64,71%	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fortement en désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>En désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>Ni en accord, ni en désaccord</td> <td>5,88%</td> </tr> <tr> <td>En accord</td> <td>41,18%</td> </tr> <tr> <td>Fortement en accord</td> <td>52,94%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pour la communication désormais importante durant le cycle de vie de projet et notamment les phases d'exécution/clôture, puisque 94.12% des réponses ont des avis favorables à ce propos.</p>	Catégorie	Pourcentage	Fortement en désaccord	0,00%	En désaccord	0,00%	Ni en accord, ni en désaccord	5,88%	En accord	41,18%	Fortement en accord	52,94%
Catégorie	Pourcentage																									
Fortement en désaccord	0,00%																									
En désaccord	5,88%																									
Ni en accord, ni en désaccord	5,88%																									
En accord	23,53%																									
Fortement en accord	64,71%																									
Catégorie	Pourcentage																									
Fortement en désaccord	0,00%																									
En désaccord	0,00%																									
Ni en accord, ni en désaccord	5,88%																									
En accord	41,18%																									
Fortement en accord	52,94%																									
<p>Acceptation du client</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fortement en désaccord</td> <td>7,69%</td> </tr> <tr> <td>En désaccord</td> <td>7,69%</td> </tr> <tr> <td>Ni en accord, ni en désaccord</td> <td>7,69%</td> </tr> <tr> <td>En accord</td> <td>69,23%</td> </tr> <tr> <td>Fortement en accord</td> <td>7,69%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Commentaire : l'acceptation du client est un facteur clé important pendant les phases de démarrage/plannification. 76.96 % des répondants ont affirmé que la maturité numérique influence l'acceptation du client durant ces phases.</p>	Catégorie	Pourcentage	Fortement en désaccord	7,69%	En désaccord	7,69%	Ni en accord, ni en désaccord	7,69%	En accord	69,23%	Fortement en accord	7,69%	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fortement en désaccord</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>En désaccord</td> <td>6,25%</td> </tr> <tr> <td>Ni en accord, ni en désaccord</td> <td>6,25%</td> </tr> <tr> <td>En accord</td> <td>43,75%</td> </tr> <tr> <td>Fortement en accord</td> <td>43,75%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Une hausse des avis affirmant l'importance de l'acceptation du client lors de l'exécution/clôture est observée. Traduisant ainsi l'influence de la maturité numérique sur le présent facteur clé de succès.</p>	Catégorie	Pourcentage	Fortement en désaccord	0,00%	En désaccord	6,25%	Ni en accord, ni en désaccord	6,25%	En accord	43,75%	Fortement en accord	43,75%
Catégorie	Pourcentage																									
Fortement en désaccord	7,69%																									
En désaccord	7,69%																									
Ni en accord, ni en désaccord	7,69%																									
En accord	69,23%																									
Fortement en accord	7,69%																									
Catégorie	Pourcentage																									
Fortement en désaccord	0,00%																									
En désaccord	6,25%																									
Ni en accord, ni en désaccord	6,25%																									
En accord	43,75%																									
Fortement en accord	43,75%																									

	<p>Interprétation : les graphes montrent clairement que, tout au long du cycle de vie du projet, la maturité numérique est très influente pour l'acceptation du client. Cependant, son impact est plus remarquable pendant l'exécution/clôture que durant le démarrage/planification.</p>	
<p>Gestion des problèmes</p>		
	<p>Commentaire : Dans ces phases, nous constatons que 88.24% des répondants ont exprimé des avis positifs pour l'existence d'une influence de la part de la maturité.</p>	<p>Visiblement, nous remarquons que le taux des avis positifs affirmant que la maturité numérique est plus influente pour la gestion des problèmes pendant les deux dernières phases du projet.</p>
	<p>Interprétation : La gestion des problèmes est un facteur de succès considérable tout au long du projet. La maturité numérique influe considérablement ce facteur.</p>	

4.2.2 Les facteurs clés de succès et le succès du projet

Le tableau 13 présente les résultats de cette section en comparant les deux phases du cycle de vie, ainsi que le rang d'importance de chaque facteur clé. Cette section sert à vérifier l'hypothèse 2 (H2).

Tableau 13: Les facteurs clés de succès et le succès des projets 4.0

	La phase de démarrage/planification											La phase d'exécution/clôture												
	Fortement en désaccord		En désaccord		Ni en accord, ni en désaccord		En accord		Fortement en accord		Weighted Average	Rang	Fortement en désaccord		En désaccord		Ni en accord, ni en désaccord		En accord		Fortement en accord		Weighted Average	Rang
Objectif du projet	0,00 %	0	0,00 %	0	0,00 %	0	62,50 %	10	37,50 %	6	4,38	5	0,00 %	0	5,88 %	1	0,00 %	0	52,94 %	9	41,18 %	7	4,29	4
Support de la haute direction	0,00 %	0	6,25 %	1	0,00 %	0	12,50 %	2	81,25 %	13	4,69	1	0,00 %	0	5,88 %	1	0,00 %	0	23,53 %	4	70,59 %	12	4,59	1
Planification du projet	6,25 %	1	6,25 %	1	0,00 %	0	31,25 %	5	56,25 %	9	4,25	3	0,00 %	0	11,76 %	2	5,88 %	1	41,18 %	7	41,18 %	7	4,12	6
Personnel	6,25 %	1	0,00 %	0	0,00 %	0	75,00 %	12	18,75 %	3	4	8	0,00 %	0	6,67 %	1	0,00 %	0	73,33 %	11	20,00 %	3	4,07	10
Taches techniques	0,00 %	0	6,67 %	1	20,00 %	3	33,33 %	5	40,00 %	6	4,07	6	0,00 %	0	5,88 %	1	11,29 %	2	58,82 %	10	23,53 %	4	4	9
Besoins des clients	6,67 %	1	6,67 %	1	26,67 %	4	33,33 %	5	26,67 %	4	3,67	7	0,00 %	0	12,50 %	2	0,00 %	0	37,50 %	6	50,00 %	8	4,25	3
Contrôle et rétroaction	6,25 %	1	6,25 %	1	12,50 %	2	56,25 %	9	18,75 %	3	3,75	9	0,00 %	0	5,88 %	1	0,00 %	0	58,82 %	10	35,29 %	6	4,24	8
Communication	0,00 %	0	5,88 %	1	5,88 %	1	23,53 %	4	64,71 %	11	4,47	2	0,00 %	0	0,00 %	0	5,88 %	1	41,18 %	7	52,94 %	9	4,47	2
Acceptation du client	7,69 %	1	7,69 %	1	7,69 %	1	69,23 %	9	7,69 %	1	3,62	10	0,00 %	0	6,25 %	1	6,25 %	1	43,75 %	7	43,75 %	7	4,25	5
Gestion des problèmes.	0,00 %	0	0,00 %	0	11,76 %	2	47,06 %	8	41,18 %	7	4,29	4	0,00 %	0	0,00 %	0	5,88 %	1	58,82 %	10	35,29 %	6	4,29	7
																								
Commentaire	<p>Pour les phases démarrage/planification, les 5 facteurs clés qui peuvent potentiellement influencer le succès des projets 4.0 sont le support de la haute direction, la communication, la planification du projet, la gestion des problèmes et l'objectif du projet</p>											<p>Pour les phases exécution /clôture, les 5 facteurs clés qui peuvent potentiellement influencer le succès des projets 4.0 sont le support de la haute direction, la communication, les besoins du client, l'objectif du projet et l'acceptation du client</p>												

4.3 Discussion et vérification des hypothèses

4.3.1 Vérification de l'hypothèse 1 : la maturité numérique et les FCS.

4.3.1.1 Hypothèse 1a : la maturité numérique influence les FCS.

Cette hypothèse 1a, nous renvoie à la section 3 de notre questionnaire, dans laquelle nous avons supposé que la maturité numérique pourrait présenter une influence sur les facteurs clés de succès. Nous avons également considéré que la maturité numérique est importante tout au long des projets 4.0. Cependant, pour ce qui est du cycle de vie du projet, les deux premières phases de démarrage et de planification ont été fusionnées en une seule et les deux dernières phases d'exécution et de clôture en une autre.

Les réponses recueillies auprès des chefs des projets - par rapport à la question relative à l'expression de l'accord ou le désaccord sur l'influence de la maturité numérique sur les facteurs clés de succès- montrent qu'ils sont majoritairement (plus que 12 sur 16) en accord ou fortement en accord avec la présence d'une importante influence de la maturité numérique.

Ainsi, le test de l'hypothèse 1a présenté dans la sous-section 5.1.1, conclut que la première proposition portant sur l'existence d'une influence importante de la maturité numérique sur les facteurs clés de succès tout au long du cycle de vie des projets 4.0 a été largement confirmée. En effet, pendant toutes les étapes de la recherche, nous avons remarqué qu'un bon niveau de maturité numérique favorise au chef de projet, l'adoption des bonnes pratiques et les facteurs clés de succès dans la gestion des projets 4.0. Les chefs de projets ont affirmé que le support de la haute direction, la bonne planification, la communication transversale, la mise en place des objectifs clairs pour le projet, l'interaction avec le client et sa satisfaction peuvent être influencés par la maturité numérique. Ceci s'aligne avec les résultats de recherches de (Gamache, 2019) qui attestent que la culture organisationnelle axée sur la communication interne, l'acquisition et le développement des compétences et la gestion du changement permettent à l'entreprise de mettre en place des principes et des pratiques visant à favoriser la collaboration interentreprises, développer et conserver son personnel et surtout définir un cadre d'action pour résoudre les problèmes pouvant ralentir la réalisation de sa stratégie numérique. Également Schumacher (2016) montre que l'expérience client est une dimension de la maturité numérique qui exige à

l'entreprise mettre en place les efforts nécessaires pour impliquer et communiquer avec le client tout au long du processus de développement du livrable. Le but est d'offrir une approche personnalisée pour répondre à ses besoins spécifiques (Schumacher et al., 2016a)

Aux vues de cette analyse, on peut dire que la maturité numérique de l'entreprise a une influence importante sur les facteurs clés de succès et donc l'hypothèse 1a est validée.

4.3.1.2 Hypothèse 1b : Le cycle de vie du projet modère l'influence de la maturité numérique sur les FCS

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la maturité numérique de l'entreprise présente une influence importante sur les facteurs clés de succès tout au long du cycle de vie du projet (démarrage/planification et d'exécution/clôture). Cependant, il est à noter que cette influence varie en fonction des phases du projet et d'un facteur à un autre.

Les résultats de notre étude ont montré que pendant les phases de démarrage / planification, les facteurs clés de succès les plus influencés par la maturité numérique sont :

- Le support de la haute direction,
- La communication,
- La planification du projet,
- La gestion des problèmes,
- Les objectifs du projet.

Ceci peut être expliqué par l'importance de l'appui de la haute direction et de la disponibilité des outils de communication, pendant les phases de démarrage et planification, pour bien planifier les étapes du projet, définir ses objectifs et gérer les problèmes et les conflits qui peuvent parvenir pendant ces phases. Tandis que durant ces phases les facteurs les moins influencés par la maturité numérique sont les tâches techniques, les besoins du client, le personnel, le contrôle et rétroaction et l'acceptation du client.

En ce qui concerne les phases d'exécution/clôture, d'après les répondants, les facteurs les plus importants sont :

- Support de la haute direction,

- Communication,
- Besoins du client,
- Objectif du projet,
- Acceptation du client.

Nous avons observé que les facteurs : support de la haute direction et la communication occupent la même importance que pendant les phases de démarrage et de planification. Ceci dit, le leadership, l'appui concret de la haute direction, la mise à disposition des ressources nécessaires, l'échange d'informations entre les différents intervenants sont importants pour répondre aux besoins du client et vendre le projet a des futurs usagers.

D'après ce qui précède, on peut déduire que l'influence de la maturité numérique sur les facteurs clés de succès est modérée par les phases du cycle de vie du projet, ce qui valide l'hypothèse 1b.

4.3.2 Vérification de l'hypothèse 2 : les FCS et le succès du projet

4.3.2.1 Hypothèse 2a : Relation entre les FCS et le succès des projets 4.0 (H2a)

La réponse à l'hypothèse H2a relative à l'impact des facteurs clés de succès sur le succès des projets 4.0, nous renvoie à la section 4 de notre questionnaire. Ainsi l'analyse descriptive des réponses récoltées (tableau 13) nous laisse croire qu'aux yeux des chefs des projets du cas étudié, le succès des projets 4.0 est fortement influencé par les facteurs clés de succès. Les chefs de projets ont affirmé à l'unanimité que le support de la haute direction, la bonne planification, la communication transversale, la mise en place des objectifs clairs pour le projet, l'interaction avec le client et sa satisfaction sont des facteurs importants pour le succès des projets 4.0.

C'est ainsi que nous pouvons déduire que notre troisième hypothèse H2a est validée.

4.3.2.2 Hypothèse 2b : La relation entre les FCS et le succès des projets 4.0 est modérée par le cycle de vie du projet (H2b)

À la lumière de la section précédente, qui nous a confirmé l'importance des facteurs clés de succès pour le succès des projets 4.0 tout au long du cycle de vie du projet, nous voulons valider

la véracité de l'hypothèse H2b portant sur le fait que cette importance est modérée par les phases du cycle de vie du projet.

Les résultats montrent que les facteurs les plus importants pour le succès des projets 4.0 pendant les phases de démarrage/planification sont :

- Le support de la haute direction,
- La communication,
- La planification du projet,
- Les objectifs du projet,
- Le personnel.

Durant les premières phases des projets 4.0, il est au devoir de la haute direction d'être attentive aux demandes du chef de projet et de collaborer avec lui pour bien communiquer à l'équipe du projet des objectifs clairs et réalisables, mettre en place un plan détaillé du projet (échancier, lots de travail, ressources nécessaires, etc.), et former le personnel pour répondre aux exigences des projets de type 4.0.

D'après les répondants, lors des phases d'exécution/clôture, les facteurs les plus importants pour le succès des projets 4.0 sont :

- Support de la haute direction,
- Communication,
- Acceptation du client,
- Tâches techniques,
- Besoins du client.

Les facteurs « Support de la haute direction » et « Communication » demeurent importants pour le succès des projets 4.0 même pendant les phases d'exécution /clôture. Car le caractère des projets de transition vers l'industrie 4.0 exige que la direction soit engagée par non seulement par son leadership, mais surtout par la mise en disponibilité des ressources financières pour que les projets répondent au mieux aux besoins des clients. Notons aussi que les projets techniques comme ceux de transitions vers le numérique s'appuient principalement sur les nouvelles

technologies, à cet effet, il est primordial que le personnel technique du projet soit compétent, comprennent et exécutent bien les tâches techniques des projets pour pouvoir répondre aux besoins et exigences personnalisés des clients.

En conclusion, l'influence des facteurs clés de succès sur le succès des projets 4.0 varie en fonction des phases du cycle de vie du projet et d'un facteur à un autre. Par exemple «la planification du projet » est classée troisième par ordre d'importance dans les phases de démarrage/planification, tandis que dans les phases d'exécution/clôture ce facteur est moins important vu qu'il se trouve en dixième position.

Le tableau 14 compare les facteurs clés pendant les phases de démarrage/planification et d'exécution/clôture, en les hiérarchisant par rang d'importance.

Tableau 14: Les FCS important en fonction des phases du cycle de vie de projet (H2b)

Démarrage/planification		Exécution/clôture	
1- Support de la haute direction	14	1. Support de la haute direction	13
2- Communication	11	2. Communication	9
3- Planification du projet	9	3. Acceptation du client	8
4- Objectif du projet	8	4. Tâches techniques	7
5- Personnel	7	5. Besoins du client	7
6- Tâches techniques	6	6. Contrôle et rétroaction	7
7- Besoins du client	4	7. Gestion des problèmes	6
8- Gestion des problèmes	3	8. Personnel	5
9- Contrôle et rétroaction	3	9. Objectif du projet	4
10- Acceptation du client	1	10. Planification du projet	3

De cela, on confirme notre hypothèse H2b portant sur le fait que : la relation entre les FCS et le succès des projets 4.0 est modérée par le cycle de vie du projet.

5 Conclusion

Ce chapitre concerne les conclusions de notre étude. En premier lieu, nous présentons une synthèse des résultats visant répondre à notre question de recherche, suivi de l'apport de notre étude, pour finir avec les limites rencontrées.

5.1 Synthèse des résultats

Cette recherche concerne la maturité numérique, les facteurs clés de succès de projet et leurs impacts sur transition des PME vers l'industrie 4.0. L'objectif était de comprendre le rôle de la maturité numérique de l'entreprise pour la transformation numérique et analyser son influence sur les facteurs clés de succès de projet d'une part, et d'autre part, la relation entre les facteurs clés de succès et le succès de projet 4.0 tout au long du cycle de vie du projet. Les résultats obtenus lors de la collecte de données, effectuée au sein de l'entreprise étudiée ont démontré que la maturité numérique d'une entreprise, qui sert de base pour prendre des décisions stratégiques et définir des projets et programmes orientés industrie 4.0, exerce une influence sur les 10 facteurs clés de succès de projets. De surcroit, les réponses reçues ont révélé qu'effectivement cette influence varie en fonction des phases de cycle de vie du projet.

Nous avons pu valider également que les facteurs clés de succès de projet garantissent le succès des projets de type 4.0, et que certains facteurs de succès sont plus importants dans les premières phases démarrage/planification (la planification du projet, les objectifs du projet, le personnel), alors que d'autres facteurs sont plus sollicités dans les phases exécution/clôture (Acceptation du client, tâches techniques). Néanmoins, « l'appui de la haute direction », « la communication » restent des facteurs de succès importants tout au long du cycle de vie du projet.

Objectif phase 2 : Analyser\ Comprendre		
Objectif 4. Analyser, dans le champ d'application la possible influence de la maturité numérique sur les facteurs clés de succès	QR4.1. Existe-t-il un lien entre la maturité numérique et les FCS ? QR4.2. Le niveau de maturité numérique de l'organisation peut-il, durant les différentes1/ phases de	Hypothèse 1 : la maturité numérique et les FCS Hypothèse 1a : La maturité numérique a une influence positive sur les facteurs clés de succès des projets.

	projets, influencer les dix facteurs clés de succès ?	Hypothèse 1b : la relation entre les FCS et la maturité numérique est modérée par le cycle de vie du projet
Objectif 5. Comprendre la possible influence des facteurs clés de succès et le succès des projets 4.0.	<p>QR5.1. Existe-t-il un lien entre les FCS et le succès des projets 4.0?</p> <p>QR5.2. Durant les phases du projet, lesquels de ces facteurs sont les plus importantes, à maîtriser, pour favoriser la réussite de la transition vers l'ère numérique ?</p>	<p>Hypothèse 2 : les FCS et le succès du projet</p> <p>Hypothèse 2a : Les FCS ont une influence positive sur le succès des projets 4.0. Hypothèse 2b : La relation entre les FCS et le succès des projets 4.0 est modérée par le cycle de vie du projet ..</p>

5.2 Apport de la recherche

Ce travail nous a permis de mieux explorer les projets de transition vers le 4.0. L'analyse et la discussion des résultats obtenus du cas étudié, nous ont permis de répondre aux différentes questions de recherches. En effet nous avons prouvé qu'il existe un lien entre la maturité numérique et les FCS, nous avons également prouvé que le niveau de maturité numérique de l'organisation influence les dix facteurs clés de succès durant les différentes phases du projet. De plus nous avons démontré que les FCS conditionnent le succès des projets 4.0, et que leurs importances varient d'une phase à une autre. C'est ainsi que nous atteints les objectifs de notre recherche en répondant d'un côté à la problématique générale qui concerne l'importance de la gestion de projet dans la réussite de la transformation numérique des pme dans le contexte québécois, et à la problématique spécifique qui vise à analyser l'ensemble des facteurs qui peuvent modérer le succès des projets 4.0 d'un autre côté.

Nous estimons que l'identification des facteurs clés de succès propres aux projets de transformation des PME vers l'industrie 4.0 permettra aux gestionnaires de mieux cerner les enjeux et la réelle valeur des projets d'industrie 4.0, de mieux encadrer le processus d'exécution des projets de transformation numérique, et de favoriser le succès de ces projets.

5.3 Limites et perspectives future

Comme tout travail de recherche, notre étude a fait face à des limites. En premier lieu, nous avons constaté une rareté des articles traitant de la gestion de projets 4.0. En deuxième lieu, la taille de l'échantillonnage est non représentative pour valider nos hypothèses surtout que, même avec notre participation sur le terrain et après plusieurs sollicitations, nous n'avons pu avoir que 16 répondants à notre questionnaire.

Pour faire suite à cette expérience, nous souhaitons poursuivre la même démarche pour approfondir notre recherche sur les Facteurs clés de succès (FCS) des projets d'industrie 4.0. Nous envisageons approcher d'autres entreprises entreprenant le virage vers l'ère numérique dans le but de tester et approuver la liste des FCS (internes) issues du présent projet, et de permettre aux différentes entreprises industrielles de **mettre en place un système de gestion de projet mature** afin de tirer le plein profit des opportunités et des avantages offerts par l'industrie 4.0.

6 Références

- Atzori, L., Iera, A., et Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2787-2805. <http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Azevedo, A., et Almeida, A. (2011). Factory templates for digital factories framework. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 27(4), 755-771. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcim.2011.02.004>
- Berger, R. (2016). Industrie 4.0 : la transition quantifiée. Comment la quatrième révolution industrielle crée une nouvelle donne économique, sociale et industrielle. Repéré le 1er mai, 2018, à <https://www.rolandberger.com/fr/Publications/Industrie-4.0-la-transition-quantifi%C3%A9e.html>
- Bidet-Mayer, T. (2016). Tour d'horizon des politiques d'« Industrie du futur ». *Annales des Mines - Réalités industrielles*, novembre 2016(4), 47-50. <http://dx.doi.org/10.3917/rindu1.164.0047>
- Blanchet, M. (2016). Industrie 4.0 : nouvelle donne industrielle, nouveau modèle économique. *Géoéconomie*, 82(5), 37-53. <http://dx.doi.org/10.3917/geoec.082.0037>
- Bloem, J., van Doorn, M., Duivesteyn, S., van Manen, T., van Ommeren, E., et Sachdeva, S. (2013). *No more secrets with big data analytics*. Groningen, Pays-Bas: Sogeti.
- Caggiano, A., et Teti, R. (2013). Modelling, analysis and improvement of mass and small batch production through advanced simulation tools. *Procedia CIRP*, 12, 426-431. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2013.09.073>
- Carvalho, F. D. (2004). *Defence related SME's: analysis and description of current conditions*. Burke, VA: IOS Press.
- Cayrat, C. (2018). *Le processus de transformation 4.0 et le rôle des gestionnaires en ressources humaines : cinq études de cas au sein du secteur manufacturier au Québec*. (Mémoire de maîtrise). Disponible chez ProQuest Dissertations & Theses Full Text.
- CEFRIO. (2016). Prendre part à la révolution manufacturière? Du rattrapage technologique à l'industrie 4.0 chez les PME. Repéré le 22 Février, 2018, à http://www.pmenumerique.ca/media/1349/cefrio_industrie_4-0_pme_version_web.pdf
- CEFRIO. (2017). Rapport annuel 2016-2017. Repéré le 28 janvier, 2018, à https://cefrio.qc.ca/media/1609/cefrio_rapport_annuel_2016-2017.pdf
- Chelli, H. (2003). Urbaniser l'entreprise et son système d'information. *Guide des entreprises agiles*, Vuibert.

- Danjou, C., Rivest, L., et Pellerin, R. (2017). Industrie 4.0: Des pistes pour aborder l'ère du numérique et de la connectivité: CEFRIO.
- De Carolis, A., Macchi, M., Kulvatunyou, B., Brundage, M. P., et Terzi, S. (2017, 2017//). *Maturity Models and Tools for Enabling Smart Manufacturing Systems: Comparison and Reflections for Future Developments*. Communication présentée Product Lifecycle Management and the Industry of the Future, Cham.
- Drath, R., et Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or Hype? [Industry Forum]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56-58. <http://dx.doi.org/10.1109/MIE.2014.2312079>
- Ducrey, V., et Vivier, E. (2017). *Le guide de la transformation digitale*. Paris: Eyrolles, Hub Management, pp. 328.
- Eisenhardt, K. (1989). Making Fast Strategic Decisions In High-Velocity Environmen. *Academy of Management Journal*, 32(3), 543. <http://dx.doi.org/10.2307/256434>
- Faller, C., et Feldmüller, D. (2015). Industry 4.0 learning factory for regional SMEs. *Procedia CIRP*, 32, 88-91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.117>
- Faure, P. (2016). La transformation numérique des filières industrielles, un facteur-clef de leur compétitivité et de leur survie. La nécessité de disposer de standards d'échange et de plateformes collaboratives numériques. *Annales des Mines - Réalités industrielles, novembre 2016*(4), 65-71. <http://dx.doi.org/10.3917/rindu1.164.0065>
- Gamache, S. (2019). *Stratégies de mise en oeuvre de l'industrie 4.0 dans les petites et moyennes entreprises manufacturières québécoises*. (Thèse de doctorat). Disponible chez ProQuest Dissertations & Theses Full Text.
- Germany Trade et Invest. (2014). Industrie 4.0. Repéré le, Mars 2019, à <https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Industries/Industrie-4-0/Industrie-4-0/industrie-4-0-what-is-it.html?view=renderPdf>
- Gimélec. (2014b). *Industrie 4.0 - Les leviers de la transformation*. Repéré à <https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/techniques/4956/4956-industrie4.0-les-leviers-de-la-transformation.pdf>
- Giusto, D., Iera, A., Morabito, G., et Atzori, L. (2010). *The internet of things: 20th Tyrrhenian workshop on digital communications*. New York, NY: Springer Science & Business Media.
- Gökalp, E., Sener, U., et Eren, P. (2017). Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM. 128-142. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-67383-7_10
- Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., et Zühlke, D. (2014b). Human-machine-interaction in the industry 4.0 era 12th *IEEE international conference on industrial informatics (INDIN)*, Porto Alegre, Brésil, 2014 (pp. 289-294): IEEE.
- Gregor, S. (2002b). A theory of theories in information systems. Dans S. Gregor & D. Hart (Éds.), *Information Systems Foundations: building the theoretical base* (pp. 1-20). Canberra, ACT, Australie: Australian National University.

- Hermann, M., Pentek, T., et Otto, B. (2016). *Design principles for industrie 4.0 scenarios*. Communication présentée 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS).
- Hirman, M., Benesova, A., Steiner, F., et Tupa, J. (2019). Project Management during the Industry 4.0 Implementation with Risk Factor Analysis. *Procedia Manufacturing*, 38, 1181-1188. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.208>
- Huang, H. J., et Cullen, J. B. (2001). Labour Flexibility and Related HRM Practices: A Study of Large Taiwanese Manufacturers. *Canadian Journal of Administrative Sciences / Revue Canadienne des Sciences de l'Administration*, 18(1), 33-39. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1936-4490.2001.tb00242.x>
- Institut, P. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)–Sixth Edition (FRENCH)* (Vol. Sixième édition). Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Jaschke, S. (2014). Mobile learning applications for technical vocational and engineering education: The use of competence snippets in laboratory courses and industry 4.0 2014 *International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL), Dubai, UAR* (pp. 605-608): IEEE.
- Kagermann, H. (2014). Chancen von Industrie 4.0 nutzen,[in:] Bauernhansl T., ten Hompel M., Vogel-Heuser B.: *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*: Springer Fachmedien, Wiesbaden.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., et Wahlster, W. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Essen, Allemagne: Forschungsunion.
- Karre, H., Hammer, M., Kleindienst, M., et Ramsauer, C. (2017). Transition towards an Industry 4.0 state of the LeanLab at Graz University of Technology. *Procedia Manufacturing*, 9, 206-213. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.006>
- Kiesler, S., et Hinds, P. (2004). Introduction to this special issue on human-robot interaction. *Human–Computer Interaction*, 19(1-2), 1-8. <http://dx.doi.org/10.1080/07370024.2004.9667337>
- Kohlegger, M., Maier, R., et Thalmann, S. (2009). *Understanding maturity models. Results of a structured content analysis*: na.
- Kohler, D., et Weisz, J.-D. (2016). Industrie 4.0 : comment caractériser cette quatrième révolution industrielle et ses enjeux ?/Industry 4.0: How to characterize this fourth industrial revolution and its stakes? *Réalités Industrielles*, 51-56,91,96,100,105,107.
- Kopacek, P. (2015). Automation and TECIS. *IFAC-PapersOnLine*, 48(24), 21-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.12.050>

- Lee, E. A. (2008). Cyber physical systems: Design challenges *11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), Orlando, FL, 2008* (pp. 363-369): IEEE.
- Lee, J., Han, S., et Yang, J. (2011). Construction of a computer-simulated mixed reality environment for virtual factory layout planning. *Computers in Industry*, 62(1), 86-98. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2010.07.001>
- Malec, J., Nilsson, K., et Bruyninckx, H. (2013). *Describing assembly tasks in declarative way*. Communication présentée ICRA 2013 WS on semantics, identification and control of robot-human-environment interaction, Karlsruhe, Allemagne, 6-10 mai 2013. <https://pdfs.semanticscholar.org/a259/b1cfd06be49fde16c9f458da672c00f6dafb.pdf>
- Malone, T. W. (1999). Is 'empowerment' just a fad? Control, decision-making, and information technology. *BT technology journal*, 17(4), 141-144.
- Man, T. W. Y., Lau, T., et Chan, K. F. (2002). The competitiveness of small and medium enterprises: A conceptualization with focus on entrepreneurial competencies. *Journal of Business Venturing*, 17(2), 123-142. [http://dx.doi.org/10.1016/S0883-9026\(00\)00058-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0883-9026(00)00058-6)
- Mckinsey & Company. (2015). Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector. Repéré le 2 mars, 2018, à https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/getting%20the%20most%20out%20of%20industry%204%200/mckinsey_industry_40_2016.ashx
- Mckinsey & Company. (2017). Automation, robotics, and the factory of the future. Repéré le 7 janvier, 2019, à <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/automation-robotics-and-the-factory-of-the-future>
- Mell, P., et Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing. Special publication 800-145. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. Repéré le 2 mars, 2020, à <http://faculty.winthrop.edu/domanm/csci411/Handouts/NIST.pdf>
- Mettler, T. (2011). Maturity Assessment Models: A Design Science Research Approach. *International Journal of Society Systems Science*, 1/2, 81-98. <http://dx.doi.org/10.1504/IJSSS.2011.038934>
- Michniewicz, J., et Reinhart, G. (2014). Cyber-physical robotics—automated analysis, programming and configuration of robot cells based on Cyber-Physical-Systems. *Procedia Technology*, 15, 566-575. <http://dx.doi.org/10.1016/j.protcy.2014.09.017>
- Ministère de l'Économie (MESI). (2016). Feuille de route Industrie 4.0. Repéré le 21 février, 2018, à <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/outils/gestion-dune-entreprise/industrie-40/feuille-de-route-industrie-40/>
- Mir, F. A., et Pinnington, A. H. (2014). Exploring the value of project management: Linking Project Management Performance and Project Success. *International Journal of Project Management*, 32(2), 202-217. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.05.012>

- Miranda, J., Mäkitalo, N., Garcia-Alonso, J., Berrocal, J., Mikkonen, T., Canal, C., et Murillo, J. M. (2015). From the Internet of Things to the Internet of People. *IEEE Internet Computing*, 19(2), 40-47. <http://dx.doi.org/10.1109/MIC.2015.24>
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., et Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194-214. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
- Moeuf, A. (2018). *Identification des risques, opportunités et facteurs critiques de succès de l'industrie 4.0 pour la performance industrielle des PME*. (Thèse de doctorat). Disponible chez ProQuest Dissertations & Theses Full Text.
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., et Barbaray, R. (2017). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118-1136. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
- Müller, R., et Turner, R. (2007). The Influence of Project Managers on Project Success Criteria and Project Success by Type of Project. *European Management Journal*, 25(4), 298-309. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.emj.2007.06.003>
- Nagel, R. (1991). 21ST Century Manufacturing Enterprise Strategy Report. 53.
- Nonaka, I. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. *Organization science*, 5(1), 14-37.
- Ochoa, O. (2016). MODELOS DE MADUREZ DIGITAL: ¿EN QUÉ CONSISTEN Y QUÉ PODEMOS APRENDER DE ELLOS?/DIGITAL MATURITY MODELS: WHAT ARE THEY AND WHAT CAN WE LEARN FROM THEM? *Boletín de Estudios Económicos*, 71(219), 573-590.
- Oztemel, E., et Gursev, S. (2018a). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31, 127-182. <http://dx.doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>
- Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B., et Weber, C. V. (1993). Capability maturity model, version 1.1 *IEEE software* (Vol. 10, pp. 18-27).
- Pilloni, V. (2018). How data will transform industrial processes: Crowdsensing, crowdsourcing and big data as pillars of Industry 4.0. *Future Internet*, 10(3), 24. <http://dx.doi.org/10.3390/fi10030024>
- Pinto, J. K., et Prescott, J. E. (1988). Variations in Critical Success Factors Over the Stages in the Project Life Cycle. *Journal of Management*, 14(1), 5-18. <http://dx.doi.org/10.1177/014920638801400102>
- Pochette, F. (2015). *Facteurs critiques des projets d'aide au développement en Haïti*. (Mémoire de maîtrise). Disponible chez ProQuest Dissertations & Theses Full Text.
- Prahalad, C., et Hamel, G. (1990). The Core Competence of the Corporation. *Harvard Business Review*, 68(3), 79.

- Preuveneers, D., et Ilie-Zudor, E. (2017). The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry 4.0. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9(3), 287-298. <http://dx.doi.org/10.3233/AIS-170432>
- Qin, J., Liu, Y., et Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Procedia CIRP*, 52, 173-178.
- Québec (Province), Ministère de l'Économie (MESI). (2016). Plan d'action en économie numérique : Feuille de route industrie 4.0. Repéré le 21 février, 2018, à <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/outils/gestion-dune-entreprise/industrie-40/feuille-de-route-industrie-40/>
- Rose, K., Eldridge, S., et Chapin, L. (2015). The internet of things: An overview understanding the issues and challenges of a more connected world. Repéré le, 2020, à <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/08/ISOC-IoT-Overview-20151221-en.pdf>
- Ruessmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., et Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.
- Salminen, K., Nylund, H., et Andersson, P. H. (2009). Role based self-adaptation of a robot DiMS based on system intelligence approach *Proceedings of the 19th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM 2009, Teesside University, Middlesbrough, UK, July 6-8, 2009* (pp. 964-970).
- Santos, K., Loures, E., Piechnicki, F., et Canciglieri, O. (2017). Opportunities assessment of product development process in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 1358-1365. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.265>
- Schumacher, A., Erol, S., et Sihn, W. (2016a). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161-166. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Schwab, K. (2016b, Janvier 2016). *The fourth industrial revolution*. Communication présentée World Economic Forum.
- Simpson, J. A., Weiner, E. S., et Proffitt, M. (1997). *Oxford English dictionary additions series* (Vol. 3): Oxford University Press.
- Song, T., Liu, H., Wei, C., et Zhang, C. (2014). Common engines of cloud manufacturing service platform for SMEs. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 73(1-4), 557-569. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-014-5863-y>
- Stankovic, M., Gupta, R., et Figueroa, J. (2017). Industry 4.0-Opportunities behind the challenge. *United Nations Industrial Development Organization*. Repéré le, à
- Statistique Canada. (2015). Registre des entreprises.

- Stock, T., et Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536-541. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>
- Wang, S., Wan, J., Li, D., et Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1). <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3159805>
- World Economic Forum. (2016). Mastering the Fourth Industrial Revolution. Davos-Klosters Annual Meeting 20-23 January 2016. Genève, Suisse: World Economic Forum.
- Xu, X. (2012). From cloud computing to cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 28(1), 75-86. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcim.2011.07.002>
- Yin, R. K. (1981). The case study as a serious research strategy. *Knowledge*, 3(1), 97-114.
- Yue, X., Cai, H., Yan, H., Zou, C., et Zhou, K. (2015). Cloud-assisted industrial cyber-physical systems: An insight. *Microprocessors and Microsystems*, 39(8), 1262-1270. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micpro.2015.08.013>
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., et Newman, S. T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. *Engineering*, 3(5), 616-630. <http://dx.doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>
- Zuehlke, D. (2010). SmartFactory—Towards a factory-of-things. *Annual Reviews in Control*, 34(1), 129-138. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arcontrol.2010.02.008>

7 Annexe 1: Questionnaire

Identifier les facteurs critiques de succès (FCS) en gestion de projet Industrie 4.0 qui ont une influence sur le succès des projets 4.0

L'industrie 4.0 fait référence à la quatrième révolution industrielle. Celle-ci, consiste en la connexion et l'intégration des nouvelles technologies d'information et de communication dans la chaîne de valeur afin de créer une production auto-organisée. Pour arriver cette ultime finalité de la transition vers l'ère numérique, il existe certainement des facteurs clés qui favorisent le succès des projets de l'industrie 4.0.

Dans le cadre de notre recherche traitant l'influence des facteurs clés de succès sur les projets de transition numérique des PME vers la quatrième révolution industrielle, nous effectuons une étude pour identifier et mieux comprendre l'influence que présentent les facteurs clés de succès et particulièrement la maturité numérique sur le succès des projets 4.0. Le but est de classer les Fcs les plus pertinentes pour la réussite des projets 4.0.

Pour mener à bien cette recherche, nous sollicitons votre collaboration à titre du chef de projet en se basant sur votre opinion et votre expérience pour répondre à notre questionnaire, cela vous prendra environ 20 min.

Le présent questionnaire est composé de quatre sections :

- Section 1 : Informations sur le répondant
- Section 2 : données relatives à l'entreprise
- Section 3 : la maturité numérique et les facteurs clés de succès du projet
- Section 4 : Les facteurs clés de succès du projet et le succès du 4.0

Section 1 : Informations sur le répondant

- a. Âge :
- 18 à 24
 - 25 à 34
 - 35 à 44
 - 45 à 54
 - 55 et plus
- b. Niveau de scolarité:
- Collégial
 - Universitaire : premier cycle
 - Universitaire, 2ème ou 3ème cycle
 - Autre
- c. Nombre d'années d'expérience:
- Moins de 2 ans
 - Entre 2 et 5 ans
 - De 5 à 10 ans
 - Plus que 10 ans

Section 2 : Données relatives à l'Entreprise

- a. Début de transition vers le 4.0 :
 - Moins d'un an
 - Entre un an et 3 ans
 - Plus de 3 ans
- b. Phase des projets 4.0
 - Démarrage
 - Planification
 - Exécution
 - Clôture
- c. Budget moyen des projets
 - Moins de 50 k\$
 - Entre 50 k\$ et 199 k\$
 - Entre 200 k\$ et 499 k\$
 - Entre 500k\$ et 999k\$
 - Plus de 1 000 000\$
- e. Nombre d'employés dans l'entreprise
 - 50 à 99 employés
 - 100 à 299 employés
 - 300 à 499 employés
 - 500 employés et plus

Section 3 : La maturité numérique de l'entreprise et les facteurs clés de succès du projet

La maturité numérique organisationnelle : est la capacité des processus de l'entreprise d'entreprendre le virage vers l'industrie 4.0.

Les facteurs clés de succès : ce sont l'ensemble des facteurs pouvant influencer directement ou indirectement la réussite du projet.

On parle des dix facteurs clés de succès du projet, notamment :

1. Objectif du projet
2. Support de la haute direction
3. Planification du projet
4. Personnel
5. Taches techniques
6. Besoins des clients
7. Contrôle et rétroaction
8. Communication
9. Acceptation du client
10. Gestion des problèmes.

Dans cette section, nous envisageons comprendre l'impact du niveau de maturité numérique organisationnelle sur les facteurs clés de succès du projet dans les différentes étapes du projet (le démarrage, la planification, l'exécution et la clôture). Le but est de comprendre son influence sur le succès de projets.

Pendant la phase de démarrage/planification

Le niveau de maturité numérique de l'organisation peut influencer, durant la phase de démarrage/planification, les dix facteurs clés de succès listés ci-dessous.

À titre d'exemple, est-ce que, durant la phase de démarrage/planification, le niveau de maturité numérique influence l'objectif du projet ?

	Fortement en désaccord	En désaccord	Ni en accord ni en désaccord	En accord	Fortement en accord
Objectif du projet					
Support de la haute direction					
Planification du projet					
Personnel					
Taches techniques					
Besoins des clients					
Contrôle et rétroaction					
Communication					
Acceptation du client					
Gestion des problèmes					

a. Pendant la phase d'exécution/clôture

Le niveau de maturité numérique de l'organisation peut influencer, les facteurs clés de succès suivant, durant la phase de démarrage/planification :

	Fortement en désaccord	En désaccord	Ni en accord ni en désaccord	En accord	Fortement en accord
Objectifs du projet					
Appui de la haute direction					
Planification du projet					
Personnel					
Taches techniques					
Besoins des clients					
Contrôle et rétroaction					
Communication					
Acceptation du client					
Gestion des problèmes.					

Section 4 : les facteurs clés de succès du projet et le succès des projets 4.0

Comme il est mentionné dans la section 3, les facteurs clés de succès du projet sont l'ensemble des dix facteurs pouvant influencer directement le succès d'un projet.

Quant au succès du projet, d'après Slevin et Pinto, le projet est en succès lorsqu'il permet d'atteindre :

- Les trois objectifs : coût, délai et qualité,
- Les exigences techniques,
- La capacité de l'entreprise,
- L'efficacité organisationnelle.

Dans cette section, nous envisageons mesurer l'influence des 10 facteurs clés de succès du projet sur le succès des projets 4.0.

Nous vous demandons d'exprimer votre degré d'accord ou de désaccords en se basant sur votre expérience dans la gestion des projets de transition vers l'ère numérique.

a. Pendant la phase du démarrage/planification

- Mission du projet

	Fortement en désaccord 1	En désaccord 2	Ni en accord, ni en désaccord 3	En accord 4	Fortement en accord 5
--	-----------------------------	-------------------	------------------------------------	----------------	--------------------------

La mission du projet	Degré d'accord/désaccord				
	1	2	3	4	5
Les objectifs du projet correspondent à la vision de l'organisation.					
Les objectifs du projet sont clairs et communiqués aux membres de l'équipe.					
La réalisation des objectifs de ce projet sera bénéfique à l'organisation.					
Je suis confiant que le projet sera réussi.					
Le gestionnaire de projet connaît les conséquences positives du succès de projet sur l'organisation.					
Les objectifs du projet semblent tous réalisables					

- L'appui de la haute direction

Appui de la haute direction	Degré d'accord/désaccord				
	1	2	3	4	5
La haute direction est attentive quant aux demandes de ressources supplémentaires en cas de besoin.					
La responsabilité de réussir le projet est partagée avec l'équipe comme avec la haute direction					
Le chef de projet était en accord avec la haute direction sur son niveau d'autorité et de responsabilité dans le projet.					
La haute direction supporte le chef du projet en cas de crises.					
La haute direction a confié au chef de projet l'autorité nécessaire et soutient les décisions prises pour le projet.					

- Planification du projet

Planification du projet	Degré d'accord/désaccord				
	1	2	3	4	5
Il existe un plan détaillé du projet (échancier, lots de travail, ressources nécessaires, etc.) .					
Les membres de l'équipe connaissent les activités ayant des marges pouvant être utilisées dans d'autres lots de travail en cas d'urgence.					
Un budget détaillé du projet a été déterminé.					
Le besoin en personnel et compétence nécessaire a été déterminé dans la planification du projet.					
L'équipe dispose des plans d'urgence en cas de non-respect du budget ou de l'échéancier					

- Besoins de clients

Besoins des clients	Degré d'accord/désaccord				
	1	2	3	4	5
Les besoins du client ont été bien définis.					
Le client était informé sur la progression du projet					
L'apport et la pertinence du projet ont été discutés avec le client.					
Les limites du projet ont été discutées avec le client.					
Les attentes du client ont été prises en considération dans la planification du projet.					