



HAL
open science

Construction d'un Framework de pilotage des collaborations interentreprises : application au développement des Systèmes Produit-Service

Mourad ; Harrat

► To cite this version:

Mourad ; Harrat. Construction d'un Framework de pilotage des collaborations interentreprises : application au développement des Systèmes Produit-Service. Sciences de l'ingénieur [physics]. Ecole Centrale de Nantes, 2022. Français. NNT : . tel-03986214

HAL Id: tel-03986214

<https://hal.science/tel-03986214v1>

Submitted on 13 Feb 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

THESE DE DOCTORAT DE

L'ÉCOLE CENTRALE DE NANTES
DOCTORAT BRETAGNE LOIRE

ECOLE DOCTORALE N° 602
Sciences pour l'Ingénieur
Spécialité : Génie industriel

Par

Mourad HARRAT

« Construction d'un Framework de pilotage des collaborations inter-entreprises : application au développement des Systèmes Produit-Service »

Thèse présentée et soutenue à « Ecole Centrale de Nantes », le 4 février 2022

Unité de recherche : Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N), UMR CNRS 6004

Rapporteurs avant soutenance :

Laurent Geneste Professeur des Universités, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes
Julie le Cardinal Professeur des Universités, CentraleSupélec

Composition du Jury :

Président : Didier Gourc Professeur des Universités, IMT Mines Albi

Examineurs : Khaled Medini Maître de Conférences HDR, Mines Saint-Etienne
 Marie-Anne le Dain Maître de Conférences HDR, Grenoble INP
 Guy Caverot Président, Inter'Nov

Dir. de thèse : Alain Bernard Professeur Emérite, Ecole Centrale de Nantes
Co-dir. de thèse : Farouk Belkadi Maître de Conférences, Ecole Centrale de Nantes

REMERCIEMENTS

C'est avec un sentiment de relâchement intellectuel que je m'appête à écrire ces lignes, heureux et soulagé de voir enfin le bout du tunnel. Certes, ces années de recherche n'ont pas été toujours faciles, particulièrement due à la pandémie actuelle. Bien que le travail de thèse soit connu comme un travail majoritairement individuel, et une réelle expérience de solitude, la réalité est que tout seul, nous n'arrivons pas à grand-chose. Je tiens donc à remercier ici toutes les personnes m'ayant soutenu, chacun à sa manière.

D'abord, je tiens à remercier mes encadrants de thèse, Farouk Belkadi pour toutes ses contributions pour faire évoluer ce travail de thèse en idées et remarques, et évidemment Alain Bernard aussi pour toutes ses remarques et orientations de très grande pertinence.

Je tiens ensuite à remercier les membres du jury de thèse. Je remercie M. Didier Gourc d'avoir accepté de présider ce jury. J'adresse aussi mes sincères remerciements à Mme Julie Le Cardinal et M. Laurent Geneste pour le temps consacré en tant que rapporteurs à lire et à évaluer ce travail. Je remercie également M. Khaled Medini, Mme Marie-Anne Le Dain, M. Guy Caverot et M. Didier Gourc de m'avoir fait l'honneur d'examiner mon travail.

Je remercie par ailleurs les industriels de nous avoir accordé de leurs temps à établir nos études de cas, ainsi que pour les informations précieuses qu'ils nous ont partagées. De ce fait je remercie M. Guy Caverot, M. Joslain Brisseau, M. Ludovic Marquet, M. Patrick Plainchault et M. Patrice Robert.

Je n'oublie pas de remercier les réseaux d'alumni de l'Ecole Nationale Polytechnique, de Grenoble INP et de Centrale Nantes pour leur contribution dans l'enquête.

Je remercie aussi mes amis de Nantes sans lesquels ces trois ans de thèse auraient certainement été plus difficiles. De ce fait je remercie Qussay Jarrar, Oussema Meski, Khaoula Boukir, Yassir Dahmane et Omar Ezzat pour l'ambiance conviviale que nous avons créée ensemble au laboratoire, mais aussi Mahmoud Ferhat notamment pour ses conseils intellectuels par rapport à mes travaux de recherche.

Je remercie également Wafaa pour tout son soutien au quotidien, ainsi que mes amis d'ailleurs, qui sont loin des yeux mais près du cœur.

Enfin, je remercie mes parents qui ont œuvré pour ma réussite par leur soutien, leurs sacrifices et leur éducation, ainsi que ma famille à qui je dédie ce travail.

Mourad HARRAT

Février 2022

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
CHAPITRE I. CONTEXTE DES SYSTÈMES PRODUITS-SERVICES	4
<i>I.1. Introduction</i>	<i>6</i>
<i>I.2. Définitions des PSS.....</i>	<i>6</i>
<i>I.3. Types de PSS</i>	<i>8</i>
<i>I.4. Enjeux et avantages des PSS</i>	<i>10</i>
<i>I.5. Cycle de vie du PSS.....</i>	<i>11</i>
<i>I.6. Une vision « Ingénierie systèmes » des PSS.....</i>	<i>13</i>
<i>I.7. Le réseau d'acteurs du cycle de vie du PSS</i>	<i>15</i>
<i>I.8. Caractéristiques organisationnelles des PSS</i>	<i>17</i>
<i>I.8.1. Nature des relations entre les principaux partenaires</i>	<i>18</i>
<i>I.8.2. Gestion des contrats.....</i>	<i>18</i>
<i>I.8.3. Considération totale du cycle de vie</i>	<i>19</i>
<i>I.8.4. Diversité des domaines et compétences.....</i>	<i>20</i>
<i>I.9. Problématique de recherche et conclusion.....</i>	<i>21</i>
CHAPITRE II. PROBLÉMATIQUE DU PILOTAGE DES COLLABORATIONS	22
<i>II.1. Introduction</i>	<i>23</i>
<i>II.2. Les Réseaux Collaboratifs</i>	<i>23</i>
<i>II.3. Intégration des partenaires en amont de la conception</i>	<i>24</i>
<i>II.3.1. Types de collaborations dans les projets de développement</i>	<i>25</i>
<i>II.3.2. Moment d'intégration des partenaires</i>	<i>27</i>
<i>II.4. Théorie du Capital Social</i>	<i>29</i>
<i>II.5. Cycle de vie et évaluation de la collaboration</i>	<i>30</i>
<i>II.5.1. Cycle de vie de la collaboration</i>	<i>30</i>
<i>II.5.2. Une approche de réutilisation des connaissances.....</i>	<i>32</i>
<i>II.5.3. Evaluation de la collaboration.....</i>	<i>34</i>
<i>II.6. Question de recherche affinée et conclusion.....</i>	<i>35</i>
CHAPITRE III. CADRE CONCEPTUEL DU FRAMEWORK.....	36
<i>III.1. Introduction</i>	<i>38</i>
<i>III.2. Méthodologie de recherche.....</i>	<i>38</i>
<i>III.2.1. Design Research Methodology.....</i>	<i>38</i>
<i>III.2.2. Etapes de la recherche.....</i>	<i>39</i>
<i>III.2.2.1. Phase d'exploration</i>	<i>39</i>
<i>III.2.2.2. Phase de conceptualisation</i>	<i>39</i>
<i>III.2.2.3. Phase de validation</i>	<i>40</i>
<i>III.3. Introduction au Framework conceptuel proposé</i>	<i>41</i>
<i>III.3.1. Identification des facteurs intermédiaires : revue de littérature.....</i>	<i>41</i>

III.3.2. Présentation des études de cas industriels.....	48
III.3.3. Etude qualitative : analyse des entretiens.....	50
III.3.3.1. Cas A.....	50
III.3.3.2. Cas B.....	53
III.3.3.3. Cas C.....	55
III.3.4. Analyse croisée et discussion de l'analyse qualitative.....	58
III.3.5. Définition des KPIs.....	61
III.3.5.1. Indicateurs liés à la confiance.....	61
III.3.5.2. Indicateurs liés à l'engagement.....	63
III.3.5.3. Indicateurs liés à la qualité de la communication.....	65
III.3.5.4. Indicateurs liés à la coordination.....	67
III.4. Synthèse du Framework conceptuel.....	69
CHAPITRE IV. DÉVELOPPEMENT ET VALIDATION DU FRAMEWORK D'AIDE À LA DÉCISION .	71
IV.1. Introduction.....	73
IV.2. Méthodes et travaux d'évaluation de la performance de la collaboration.....	73
IV.2.2. Les modèles de maturité.....	73
IV.2.2.1. Le modèle CMMI.....	73
IV.2.2.2. Les modèles de grilles de maturité.....	74
IV.2.3. La méthode AHP (Analyse Hiérarchique des Procédés).....	76
IV.2.4. Techniques de la Logique Floue.....	78
IV.3. Comparaison et choix de la logique floue comme méthode d'évaluation.....	80
IV.4. Application de la méthode : construction des fonctions d'appartenance.....	82
IV.5. Définition des règles d'inférence.....	83
IV.5.1. Règles d'inférence à partir des données d'une enquête.....	84
IV.5.1.1. Utilisation de la fouille de données (data mining).....	84
IV.5.1.2. Collecte et analyse des données de l'enquête.....	86
IV.5.1.3. Extraction des règles à partir des arbres de décision.....	89
IV.6. Défuzzification.....	92
IV.7. Simulation du modèle d'évaluation.....	93
IV.8. Analyse des résultats et synthèse.....	95
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	98
BIBLIOGRAPHIE.....	103
Références en autocitation.....	103
Références externes.....	103
ANNEXES.....	a
Annexe I : Parties prenantes des PSS (Da Costa Fernandes et al. 2019).....	b
Annexe II : Quelques variables impactées correspondantes aux facteurs cités.....	c
Annexe III : Guide des entretiens semi-structurés dans le cadre des études de cas industriels..	d
Annexe IV : Fiches validation des facteurs, KPIs et génération de règles d'inférences dans le cadre des études de cas.....	g
Annexe V : Profils des interviewés.....	i
Annexe VI : Notions de base sur la logique floue.....	j

Annexe VII : Fonctions d'appartenance..... 0
Annexe VIII: Questionnaire..... w
Annexe IX : Exemple d'arbre de décision avec le processus de sélection des règlesmm
Annexe X : Exemples de listes de règles d'inférence vv

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1. Structure de la thèse.....</i>	3
<i>Figure 2. Différents types de PSS selon Tukker (2004).....</i>	9
<i>Figure 3. Différents types de PSS selon Adrodegari et al. (2015).....</i>	9
<i>Figure 4. Enjeux et avantages des PSS.....</i>	11
<i>Figure 5. Processus de conception technique des services (Aurich et al. 2006).....</i>	12
<i>Figure 6. Cycle de vie du PSS tel que proposé par Beuren et al. (2017)</i>	12
<i>Figure 7. PSS selon une perspective d'ingénierie systèmes (Maleki 2018).....</i>	13
<i>Figure 8. Capacité organisationnelle comme composante du PSS (Maleki 2018)</i>	14
<i>Figure 9. Le réseau d'acteurs développant un PSS (Meier et al. 2010)</i>	15
<i>Figure 10. Réseau de création de valeur d'un PSS (Schweitzer and Aurich 2010)</i>	16
<i>Figure 11. Parties prenantes des PSS (extrait de Da Costa Fernandes et al. 2019)</i>	17
<i>Figure 12. La matrice d'implication des fournisseurs (Le Dain et al. 2010).....</i>	26
<i>Figure 13. Trois modes de collaboration (Belkadi et al. 2016)</i>	27
<i>Figure 14. Intégration en amont des fournisseurs en DPN (Talas 2020)</i>	28
<i>Figure 15. Modèle de cycle de vie de la collaboration (Bidault et al. 1998), traduit dans Yager (2016)</i>	31
<i>Figure 16. Cycle de vie d'une relation (Fraser et al. 2003) traduit dans (Cheriti 2011) 32</i>	32
<i>Figure 17. Approche de réutilisation de la connaissance dans le pilotage des collaborations</i>	32
<i>Figure 18. Design Research Methodology (Blessing and Chakrabarti 2009)</i>	39
<i>Figure 19 Méthodologie de recherche.....</i>	40
<i>Figure 20. Framework conceptuel.....</i>	41
<i>Figure 21. Cartographie des facteurs identifiés dans la revue de littérature (Harrat et al. 2020).....</i>	45
<i>Figure 22. Nombre d'occurrences pour les catégories de facteurs</i>	48
<i>Figure 23. Revue de littérature sur les facteurs de la collaboration.....</i>	48
<i>Figure 24. Configuration des parties prenantes dans le cas A - Phase I.....</i>	51
<i>Figure 25. Configuration des parties prenantes dans le cas A - Phase II.....</i>	53

Figure 26. Configuration des parties prenantes dans le cas B	54
Figure 27. Configuration des parties prenantes dans le cas C – Phase I.....	56
Figure 28. Configuration des parties prenantes dans le cas C – Phase II.....	56
Figure 29. Configuration des parties prenantes dans le cas C – Phase III	58
Figure 30. Diagramme de classes UML du modèle conceptuel	69
Figure 31. Diagramme d'objets UML du modèle conceptuel.....	70
Figure 32. Evaluation des domaines de processus selon une représentation étagée du CMMI (Lamnabhi 2008).....	74
Figure 33. Grille de maturité récapitulative (Fraser et al. 2003).....	75
Figure 34. Exemple d'évaluation dans une grille de maturité (Fraser et al. 2003)	76
Figure 35. Méthodologie d'évaluation de l'incertitude du réseau de partenaires pour la livraison de PSS (Wang and Durugbo 2013).....	77
Figure 36. Exemple de la logique floue (Zegai 2017)	78
Figure 37. Etapes de la logique floue (Belkadi 2006).....	79
Figure 38. Méthodologie d'évaluation de la confiance par la logique floue (Ayadi et al. 2013).....	80
Figure 39. Module de traitement flou appliqué au modèle conceptuel	82
Figure 40. Exemple de fonction d'appartenance d'entrée "Participation aux décisions".....	82
Figure 41. Exemple de fonction d'appartenance de sortie "Engagement"	83
Figure 42. Exemple d'arbre de décision construit par la fouille de données	85
Figure 43. Exemple d'une question avec propositions issue de l'enquête.....	85
Figure 44. Caractéristiques des répondants : type de développement.....	86
Figure 45. Caractéristiques des répondants : secteur d'activité	87
Figure 46. Caractéristiques des répondants : taille des entreprises.....	87
Figure 47. Caractéristiques des répondants : zone géographique.....	88
Figure 48. Caractéristiques des répondants : moment d'implication des partenaires....	88
Figure 49. Exemple d'introduction des données et génération des arbres de décision sur Orange	89
Figure 50. Exemple d'une règle extraite de l'arbre de décision du facteur "Confiance"	90
Figure 51. Interface de définition des règles d'inférences	91

<i>Figure 52. Mécanisme d'inférences : exemple 1</i>	91
<i>Figure 53. Mécanisme d'inférences : exemple 2</i>	92
<i>Figure 54. Exemple d'aggrégation des règles et défuzzification</i>	93
<i>Figure 55. Simulation du modèle par utilisation du module de traitement flou</i>	95
<i>Figure 56. Résultats de la simulation des deux études de cas</i>	95

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1. Définitions d'un PSS et des concepts liés</i>	<i>6</i>
<i>Tableau 2. Catégories de facteurs identifiés dans la revue de littérature</i>	<i>43</i>
<i>Tableau 3. Description des études de cas</i>	<i>49</i>
<i>Tableau 4. Résultats de l'analyse qualitative (analyse croisée)</i>	<i>58</i>
<i>Tableau 5. KPIs définis pour le facteur "Confiance"</i>	<i>63</i>
<i>Tableau 6. KPIs définis pour le facteur "engagement"</i>	<i>65</i>
<i>Tableau 7. KPIs définis pour le facteur "Qualité de la communication"</i>	<i>67</i>
<i>Tableau 8. KPIs définis pour le facteur "Coordination"</i>	<i>68</i>
<i>Tableau 9. Comparaison entre les quatre méthodes</i>	<i>81</i>
<i>Tableau 10. Valeurs des KPIs provenant de cas B et C</i>	<i>94</i>

Introduction générale

Titre :

Construction d'un Framework de pilotage des collaborations inter-entreprises : application au développement des Systèmes Produit-Service

De nos jours, les entreprises innovent sur différents aspects de leurs offres afin de se différencier et faire face à la concurrence. Ces innovations peuvent concerner des aspects techniques, organisationnels ou encore commerciaux. Une des innovations majeures sur l'aspect commercial est le passage de la vente de produits ou services purs, à la provision de solutions combinées, appelées Systèmes Produit-Service (Product-Service Systems, PSS). Ce changement de business model touche de plus en plus d'acteurs industriels, sachant les différents avantages qu'il procure, notamment en termes de profitabilité, de stabilité des revenus et réduction du risque d'imitation (Ayala et al. 2017; Resta et al. 2017).

Cependant, comparés aux produits purs, les PSS sont des systèmes plus complexes, et la gestion de leur cycle de vie implique des domaines et des compétences multidisciplinaires (Wallin et al. 2015), où il est difficile pour une seule entreprise de tout maîtriser. En d'autres termes, il est suggéré aux entreprises spécialisées dans le développement et la fabrication du composant « produit » du PSS d'externaliser la partie de développement liée au composant « service » (Wallin et al. 2015; Ayala et al. 2017). Cette pratique de collaboration inter-entreprises en amont de la conception, souvent abordée dans le contexte du Développement de Produits Nouveaux (DPN), est aussi largement recommandée pour le développement des PSS (ex. Wallin et al. 2015; Reim et al. 2015; Pezzotta et al. 2018; Medini and Boucher 2016).

Par ailleurs, le développement collaboratif des PSS présente certaines caractéristiques qui le différencient du contexte du DPN, et nécessitent donc de nombreux changements dans la configuration et la coordination entre les parties prenantes, et aussi dans la façon de collaborer (Reim et al. 2015; Saccani et al. 2014; Wallin et al. 2011). Ces particularités touchent plusieurs aspects, tels que la gestion des contrats qui sont généralement sur un plus long-terme, la gestion du cycle de vie qui doit être considéré dans sa totalité en amont de la conception, le niveau de collecte de données auprès des clients, etc. (Reim et al. 2015; Wallin et al. 2015; Bastl et al. 2012). En outre, d'un point de vue global, le cycle de vie des PSS nécessite des collaborations plus étroites entre les parties prenantes, impliquant le passage d'un partenariat transactionnel à un partenariat relationnel (Resta et al. 2017).

Les collaborations inter-entreprises deviennent donc un aspect central à gérer afin d'assurer le succès du développement et de la livraison des PSS (Da Costa Fernandes et al. 2019). Une mauvaise gouvernance de cette collaboration peut augmenter l'incertitude quant à la réussite du développement du PSS, et mène dans certains cas à l'échec du projet.

Des commentaires d'un chef de projet, interviewé dans le cadre d'une de nos études de cas illustrent quelques risques et défis majeurs de collaboration, liés à la diversité des domaines mais aussi à la nécessité d'une relation étroite avec les partenaires. Cette étude de cas, qui sera détaillée dans le Chapitre 3, concerne le développement d'une chaussure connectée permettant de détecter les chutes, où le donneur d'ordre est un fabricant des chaussures de sécurité, qui, pour intégrer la composante « service », devait interagir avec des fournisseurs en électronique et un autre de plateforme de gestion des données. L'interviewé a commenté :

« [...] C'est indéniable que ce genre de projets (PSS) sont des projets beaucoup plus risqués que les projets traditionnels qu'on a eus. Lorsqu'on travaille [avec des partenaires qui sont dans un secteur qu'on ne maîtrise pas], on se retrouve dans un processus très exploratoire où il y a beaucoup de développements qui amènent à une impasse, qui recule et reprend [...]. »

« [...] Certes, chaque partie prenante maîtrise son domaine, mais personne ne maîtrise les risques à l'interaction des domaines. Nous avons certaines zones d'interactions avec nos partenaires qui moi je n'imagine pas être un risque, parce que dans mon secteur c'en n'est pas un, mais potentiellement ça peut l'être pour le partenaire, et inversement [...] Ce n'est que lorsqu'on s'en rend compte qu'on fait des marches-arrières en développement, et cela amène une frustration et un sentiment de non-maîtrise, et aussi une confiance fébrile dans la possibilité de ce projet à aboutir. »

« Contrairement à un produit simple, dans ce type de projets (PSS) on ne maîtrise pas toute la chaîne, il y a forcément une partie qui est pilotée de l'extérieur par un partenaire, ce qui rend le co-développement difficile, et ça [nous aurait beaucoup aidé] d'avoir un interlocuteur ayant une vision globale sur le système. [...] Il fallait être très résilient en termes d'organisation et de confiance entre nous. »

En définitive, les entreprises qui co-développent des PSS ont besoin d'un support leur permettant d'évaluer la performance de leur collaboration en les aidant à prendre les décisions adéquates. De ce fait, l'objectif derrière cette thèse est de construire un Framework supportant l'évaluation et le pilotage des collaborations afin d'orienter les entreprises sur les choix de leurs partenaires et la façon de gouverner leurs collaborations tout au long du projet PSS.

Cette thèse, effectuée dans le cadre d'un contrat ministériel, est structurée comme suit (*Figure 1*). Dans le Chapitre I, nous commençons par explorer le contexte de notre recherche qui sont les PSS et leurs caractéristiques organisationnelles. Le Chapitre II aborde la problématique des collaborations inter-entreprises, autour de laquelle nous explorons quelques concepts et travaux sur l'évaluation de la collaboration. Le Chapitre III introduit notre méthodologie de recherche ainsi que les étapes menant à la définition de notre modèle conceptuel, à savoir l'identification des facteurs, les études de cas exploratoires et la définition des indicateurs de performance (Key Performance Indicators, KPIs). Enfin, dans le Chapitre IV, nous présentons la méthode choisie

pour l'évaluation de la performance de la collaboration, en justifiant notre choix, puis en détaillant les différentes étapes de conceptualisation et de validation du Framework. Nous terminons avec une conclusion en présentant les limites et perspectives de notre recherche.

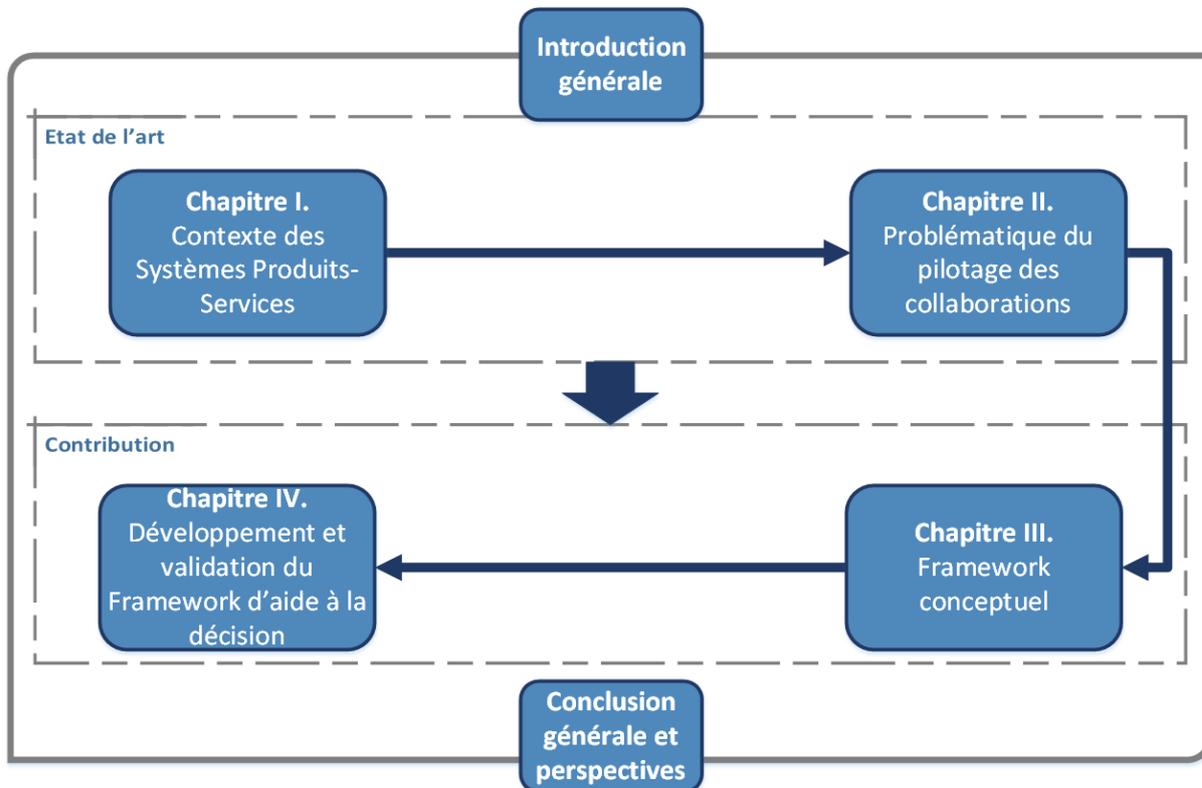


Figure 1. Structure de la thèse

Chapitre I. Contexte des Systèmes Produits-Services

CHAPITRE I. CONTEXTE DES SYSTÈMES PRODUITS-SERVICES.....	4
<i>I.1. Introduction.....</i>	<i>6</i>
<i>I.2. Définitions des PSS</i>	<i>6</i>
<i>I.3. Types de PSS.....</i>	<i>8</i>
<i>I.4. Enjeux et avantages des PSS</i>	<i>10</i>
<i>I.5. Cycle de vie du PSS</i>	<i>11</i>
<i>I.6. Une vision « Ingénierie systèmes » des PSS.....</i>	<i>13</i>
<i>I.7. Le réseau d'acteurs du cycle de vie du PSS.....</i>	<i>15</i>
<i>I.8. Caractéristiques organisationnelles des PSS</i>	<i>17</i>
<i>I.8.1. Nature des relations entre les principaux partenaires</i>	<i>18</i>
<i>I.8.2. Gestion des contrats.....</i>	<i>18</i>
<i>I.8.3. Considération totale du cycle de vie.....</i>	<i>19</i>
<i>I.8.4. Diversité des domaines et compétences</i>	<i>20</i>
<i>I.9. Problématique de recherche et conclusion</i>	<i>21</i>

I.1. Introduction

Les Systèmes Produit-Service (PSS) sont de plus en plus adoptés par les entreprises dans le but de faire face à la concurrence et stabiliser leurs revenus (Resta et al. 2017; Ayala et al. 2017). Ce changement opéré dans le business model, qui suscite tout autant l'intérêt des chercheurs (Baines et al. 2010), implique forcément des ajustements en termes de pratiques organisationnelles qui concernent toutes les parties prenantes du cycle de vie du PSS (Reim et al. 2015). Afin de mieux clarifier ce concept, nous présentons dans ce chapitre les différentes terminologies et définitions des PSS (section I.2), leurs typologies (section I.3), mais aussi leurs enjeux et avantages (section I.4). Nous étudierons par la suite leurs caractéristiques qui les différencient des produits classiques, et ce par rapport à la modélisation de leur cycle de vie (section I.5), leur modélisation sémantique (section I.6), le réseau d'acteurs qui participent au développement et à la livraison des PSS (section I.7) ainsi que les pratiques organisationnelles qui font leurs particularités (section I.8). Enfin, nous clôturons ce chapitre par la formulation de notre question de recherche et une conclusion.

I.2. Définitions des PSS

Plusieurs terminologies s'identifiant au concept des Systèmes Produit-Service furent proposées dans la littérature (*Tableau 1*). Nous citons par exemple le terme « Servitization » (Vandermerwe and Rada 1988), « Industrial Product-Service Systems (IPS2) » (Meier et al. 2010), Sustainable PSS (Vezzoli et al. 2017), Product-enabled services (Tanev et al. 2015), Service-dominant logic (Vargo and Lusch 2004), Hybrid offerings (Shankar et al. 2009)...etc.

Tableau 1. Définitions d'un PSS et des concepts liés

Auteur	Terminologie	Définition (traduites)
(Vandermerwe and Rada 1988)	Servitization	« Les entreprises modernes proposent des offres commerciales plus complètes ou des "paquets" de combinaisons de biens, de services, d'assistance, de libre-service et de connaissances axées sur le client. Mais les services commencent à dominer. »
(Goedkoop et al. 1999)	PSS	« Un Système Produit-Service (PSS) est un ensemble commercialisable de produits et de services capables de répondre conjointement aux besoins d'un utilisateur. »
(Mont 2002)	PSS	« Un PSS devrait être défini comme un système de produits, de services, de réseaux de soutien et d'infrastructure qui est conçu pour être compétitif, satisfaire les besoins des clients et avoir un impact environnemental plus faible que les modèles commerciaux traditionnels. »
(Vargo and Lusch 2004)	Service-dominant logic	« La logique de dominance du service (service-dominant logic) » signifie que le service est fourni en interaction avec les clients, mais aussi que les biens achetés et utilisés par les clients deviennent un mécanisme de livraison du service. »

(Brady et al. 2005)	Integrated solution	« Les solutions intégrées (integrated solutions) sont des combinaisons uniques de produits et de services qui répondent aux problèmes commerciaux spécifiques d'un client. »
(Tukker and Tischner 2006)	PSS	« Un système produit-service est constitué de produits tangibles et de services intangibles conçus et combinés de manière à ce qu'ils soient conjointement capables de répondre aux besoins spécifiques des clients. »
(Baines et al. 2007)	PSS	« Un PSS est une offre intégrée de produits et de services qui fournit une valeur d'usage. Un PSS offre la possibilité de dissocier le succès économique de la consommation de matériaux et donc de réduire l'impact environnemental de l'activité économique. »
(Sundin and Lindahl 2008)	Integrated Product-Service Offerings (IPSO)	« IPSO est un concept utilisé pour obtenir une plus grande part du marché et contrôler une plus grande part de la chaîne de valeur du produit. L'accent est mis sur la fourniture de la fonction et non du produit, ce qui signifie que le fournisseur peut se concentrer davantage sur l'optimisation du coût total du cycle de vie. »
(Pawar et al. 2009)	PSS	« Un PSS atteint des objectifs en combinant des produits et des services pour fournir la valeur dérivée des produits, tout en réduisant l'impact environnemental. »
(Shankar et al. 2009)	Hybrid offerings	« Les solutions hybrides sont des produits et des services combinés dans des offres innovantes. »
(Meier et al. 2010)	Industrial Product-Service Systems	« Les systèmes industriels de produits et services (IPS2) sont caractérisés par la combinaison de parts de produits tangibles et de services intangibles. »
(Tanev et al. 2015)	Product-enabled services	« Le terme "service basé sur les produits" sera utilisé pour désigner les différentes manières d'ajouter de la valeur en combinant des produits et des services dans un contexte commercial spécifique. »
(Vezzoli et al. 2017)	Sustainable PSS (S.PSS)	« Un modèle d'offre fournissant une combinaison intégrée de produits et de services qui, ensemble, sont capables de répondre à une demande particulière du client (pour fournir une "unité de satisfaction"), basée sur des interactions innovantes entre les parties prenantes du système de production de valeur (système de satisfaction), où l'intérêt économique et concurrentiel des fournisseurs recherche continuellement de nouvelles solutions bénéfiques sur le plan environnemental et socio-éthique. »

Les définitions ont aussi différé d'un auteur à un autre. Néanmoins, tous les auteurs mentionnés s'accordent sur un élément de base dans la définition d'un PSS, qui est de les considérer comme « une combinaison entre produits et services qui forme une offre commercialisable ». D'autres éléments sont introduits dans certaines définitions, comme par exemple celle de Mont (2002) qui considère les réseaux de support et les infrastructures faisant partie du système produit-service. D'autres éléments sont inclus dans d'autres définitions, à savoir la satisfaction du client (Tukker and Tischner 2006; Mont 2002; Vezzoli et al. 2017), ou encore la durabilité et l'impact environnemental (Baines et al. 2007; Pawar et al. 2009). Par ailleurs, le terme « servitisation », introduit pour la première fois par Vandermerwe and Rada

(1988), et très largement employé dans la littérature, renvoie à l'ajout de services au produit par l'entreprise de fabrication, ou de la livraison de ces produits sous forme de service, pour ainsi former un PSS (Ayala et al. 2017). Enfin, la terminologie « Systèmes Produit-Service » (Product-Service Systems, PSS) étant la plus utilisée, c'est celle que nous emploierons dans notre recherche.

I.3. Types de PSS

Plusieurs typologies de PSS ont été introduites dans la littérature. Cependant, les typologies les plus connues et adoptées par les auteurs sont celles de Tukker (2004) et de Adrodegari et al. (2015).

Tukker (2004) a classifié les PSS en trois grandes catégories : Orienté Produit, Orienté Usage et Orienté Résultat. Ces trois catégories forment ensemble 8 types de PSS (Figure 2).

PSS Orienté Produit : dans cette catégorie, le business model est toujours géré à travers la vente de produits, mais en y ajoutant des services (Tukker 2004). On y retrouve (1) *Les services liés aux produits*, lorsque la vente d'un produit est accompagnée de service, comme par exemple les contrats de maintenance. Mais aussi (2) *Des contrats de consultation* qui sont liés à des produits, par exemple l'accompagnement pour un usage efficace du produit.

PSS Orienté Usage : dans cette catégorie, le produit est utilisé comme support du service mais il n'est pas réellement une propriété du client final. On y retrouve (3) *le leasing du produit*, lorsque le client n'est pas propriétaire du produit mais paye pour son utilisation à moyen ou à long terme. Un autre type est (4) *la location ou le partage du produit*, où l'entité qui fournit le produit reste propriétaire de celui-ci et garde la responsabilité de sa maintenance, comme c'est le cas pour les systèmes de mobilité et de partage de vélos où le produit est utilisé sur une courte période relativement au leasing. Également (5) *Le product pooling* lorsque le produit est utilisé par plusieurs personnes en même temps, tout comme les systèmes du co-voiturage.

PSS Orienté Résultat : dans cette catégorie, ce n'est pas un produit prédéterminé qui est au cœur de l'offre, mais plutôt un ensemble de produits et de moyens mis en œuvre pour atteindre un résultat sur lequel se sont engagé les offreurs. On y cite (6) *La sous-traitance de l'activité*, lorsqu'une partie de l'activité d'une entreprise est gérée par une tierce partie, comme par exemple la sous-traitance de la restauration ou du nettoyage. (7) *le paiement par unité de service* où le client ne paye pas pour le produit mais pour les unités de service liées à celui-ci. On cite l'exemple d'un fabricant de pneumatique qui facture chaque kilomètre parcouru tout en assurant la maintenance et le changement des pneus en cas de besoin. Enfin, (8) *Le résultat fonctionnel* où une entité externe promet un résultat fonctionnel. Contrairement à la catégorie 6, cette entité externe est totalement libre quant à la manière d'obtenir ce résultat.

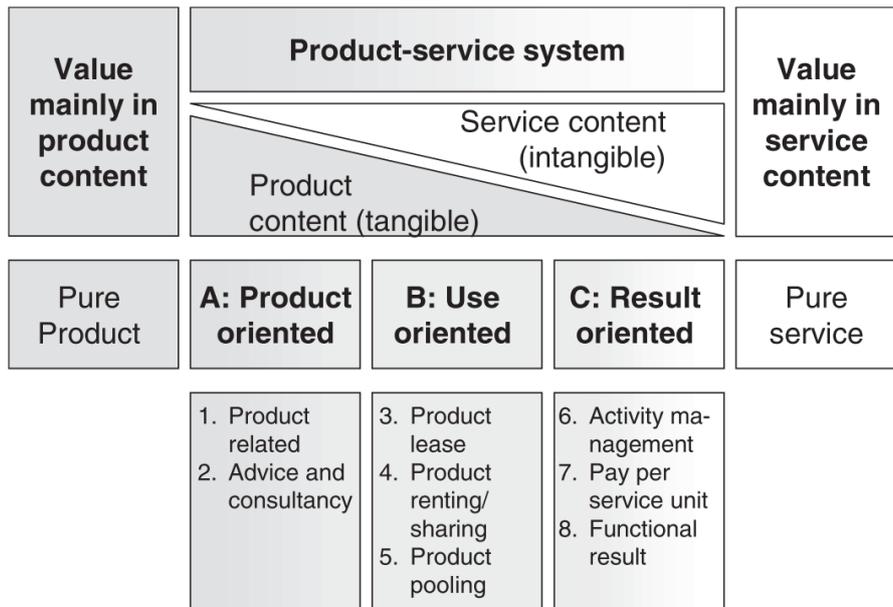


Figure 2. Différents types de PSS selon Tukker (2004)

Cependant, cette typologie n'est pas sans critiques. En effet, une récente étude de Taipale-Eräväla et al. (2021), après avoir conduit 10 études de cas finlandais dans différents secteurs d'activité, recommande l'ajout d'une 3^{ème} sous-catégorie pour les PSS Orientés-Produit, pour inclure les industries de fabrication de produits offrant des services d'assemblage.

Une autre typologie plus récente est proposée par Adrodegari et al. (2015), se basant sur des structures précédentes comme celle de Tukker (2004). Cinq principaux types sont classifiés en deux groupes distincts, selon le degré de propriété (Figure 3) :

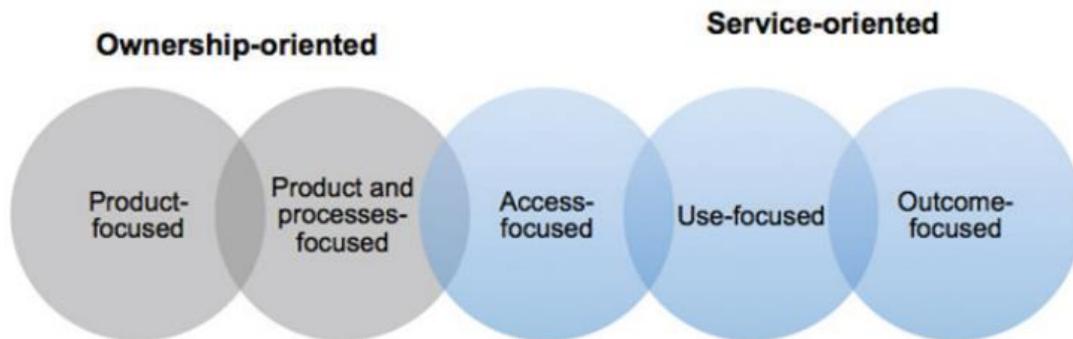


Figure 3. Différents types de PSS selon Adrodegari et al. (2015)

Groupe A - Orienté propriété : dans ce groupe la vente des produits est la source principale des revenus. On y retrouve le type « Product-focused PSS » où les services sont vendus séparément des produits (ex. maintenance, réparation). Le deuxième type est le « Product and processes focused PSS » qui est similaire au premier à la différence que les services sont proposés avant et après la vente des produits en vue d'optimiser les processus clients.

Groupe B – Orienté service : dans ce groupe les services sont étroitement liés à l'utilisation du produit et le client n'est plus propriétaire. Ainsi, dans le type « Access-focused PSS » le client

paye un abonnement régulier pour utiliser le produit. En outre, dans le type « Use-focused PSS », le client paye des frais variables qui dépendent de l'utilisation du produit (ex. temps d'utilisation...). Enfin, le type « Outcome-focused business PSS » concerne le paiement par le client de frais qui dépendent de l'obtention d'un résultat défini contractuellement en termes de performances du système ou du résultat de son utilisation.

Ces deux typologies de Tukker (2004) et Adrodegari et al. (2015) permettent de mieux caractériser les PSS et de comprendre leurs différences par rapport aux produits et aux services purs. Cette transformation du business model est de plus en plus convoitée par les industriels, en quête de leurs différents intérêts économiques, et potentiellement de durabilité. Nous présentons dans la section suivante plusieurs enjeux et avantages des PSS cités dans la littérature, et qui poussent les entreprises à adopter ce changement de modèle économique.

I.4. Enjeux et avantages des PSS

De nombreux avantages de l'adoption de business models PSS sont cités et observés dans la littérature (*Figure 4*).

Du point de vue des fabricants, les PSS peuvent générer des profits stables, avec des marges plus élevées et une moindre vulnérabilité par rapport aux flux de trésorerie, notamment à travers une moindre consommation de ressources, ce qui est une arme stratégique et un argument marketing puissant pour vendre plus (Medini and Boucher 2016; Resta et al. 2017; Ayala et al. 2017; Durugbo and Riedel 2013). Pour cela, il est nécessaire de mettre en place des processus de servitisation efficaces (Durugbo and Riedel 2013). Les fabricants adoptent de plus en plus des stratégies de servitisation en réponse à l'avantage concurrentiel sur les produits et leur processus facilement imitables (Bastl et al. 2012). En effet, les PSS donnent l'opportunité aux fabricants de réduire les risques d'imitation et la banalisation de leurs produits (Ayala et al. 2017), par exemple en y intégrant des services qui nécessitent une connaissance approfondie du produit ou du marché et qui ne peuvent être acquis par la ré-ingénierie d'un produit (Schenkl et al. 2013).

Du point de vue du client, les PSS sont connus pour être plus abordables que les produits purs, pouvant être décomposés en sous-systèmes pour favoriser la flexibilité et la personnalisation (Durugbo and Riedel 2013), mais aussi réduisent la responsabilité du client envers les composants physiques (Medini and Boucher 2016). Les PSS peuvent aussi conduire à une productivité plus élevée du client, en raison d'une meilleure utilisation de la performance du produit et de la possibilité d'un fonctionnement plus long (Meier et al. 2010; Medini and Boucher 2016). Les clients peuvent donc se concentrer sur leurs compétences de base et ont tendance à externaliser les tâches secondaires (Meier et al. 2010). Par conséquent, la servitisation génère plus d'opportunités pour accéder à de nouveaux clients (Ayala et al. 2018). En outre, les PSS sont construits sur des relations à long terme, ce qui pourrait améliorer la fidélité des clients (Medini et Boucher 2016 ; Reim et al. 2015 ; Bastl et al. 2012).

En outre, de nombreux auteurs ont analysé les avantages potentiels de durabilité des PSS concernant la possibilité de dématérialisation et de vente des résultats au lieu de permettre la propriété du produit (Medini and Boucher 2016; Durugbo and Riedel 2013). En particulier, les PSS Orientés-Usage peuvent mener à une utilisation du produit avec une moindre consommation de ressources, à condition d'opérer une analyse détaillée du cycle de vie, tandis que la mise en place des PSS Orientés-Résultat offre un plus grand potentiel et une incitation à réduire les coûts des matériaux (Tukker 2015).

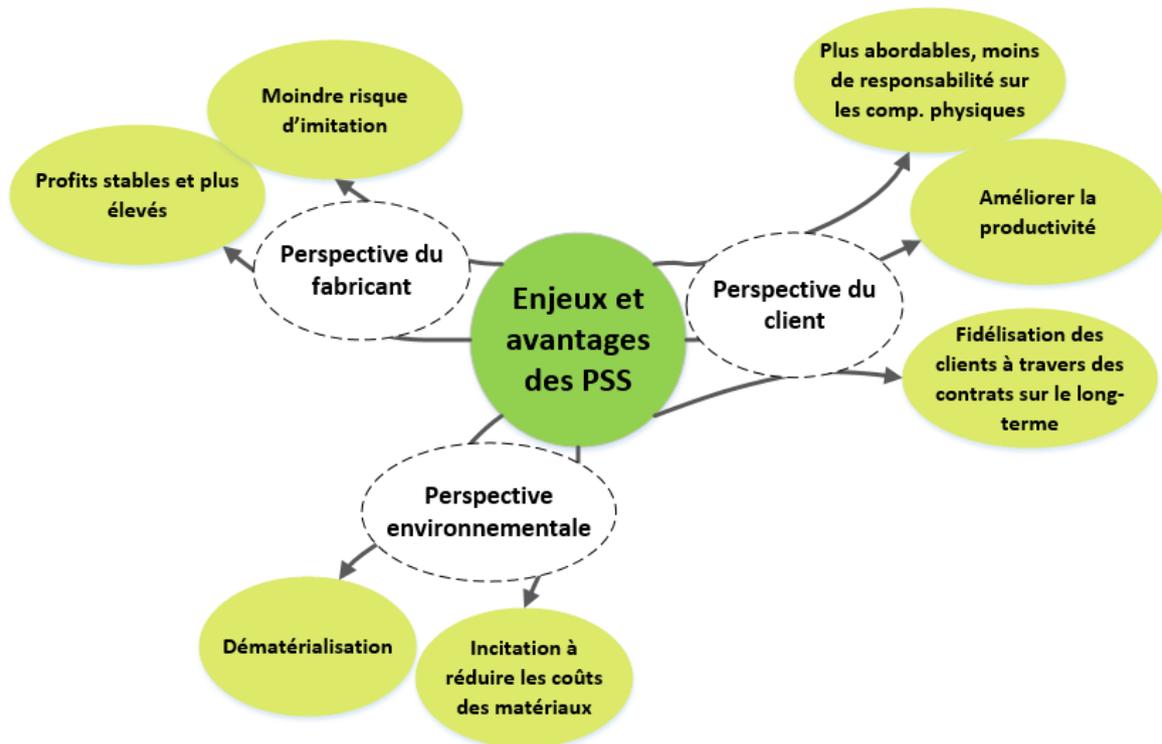


Figure 4. Enjeux et avantages des PSS

En définitive, les avantages cités représentent les principales motivations des entreprises pour adopter les PSS. Mais avant de se lancer dans le développement de tels systèmes, il est nécessaire de bien connaître les étapes qui caractérisent leur cycle de vie, ainsi que les différentes ressources et capacités organisationnelles qui leur sont associées. Ces éléments sont respectivement présentés dans les sections I.5 et I.6.

I.5. Cycle de vie du PSS

Le cycle de vie d'un PSS peut être aperçu comme une combinaison entre deux cycles de vie indépendants, celui du produit et celui du service (Tran and Park 2014). Par ailleurs, par comparaison avec le processus de DPN, le développement de PSS requiert une considération de tout le cycle de vie de l'offre, allant au-delà de la vente (Wallin et al. 2015). Cette particularité et bien d'autres seront abordées plus en détail dans la Section I.7. Dans cette

perspective, Aurich et al. (2006) ont proposé un modèle de conception de PSS orienté cycle de vie, qui prend en compte le développement parallèle de produit et service pour le PSS (Figure 5).

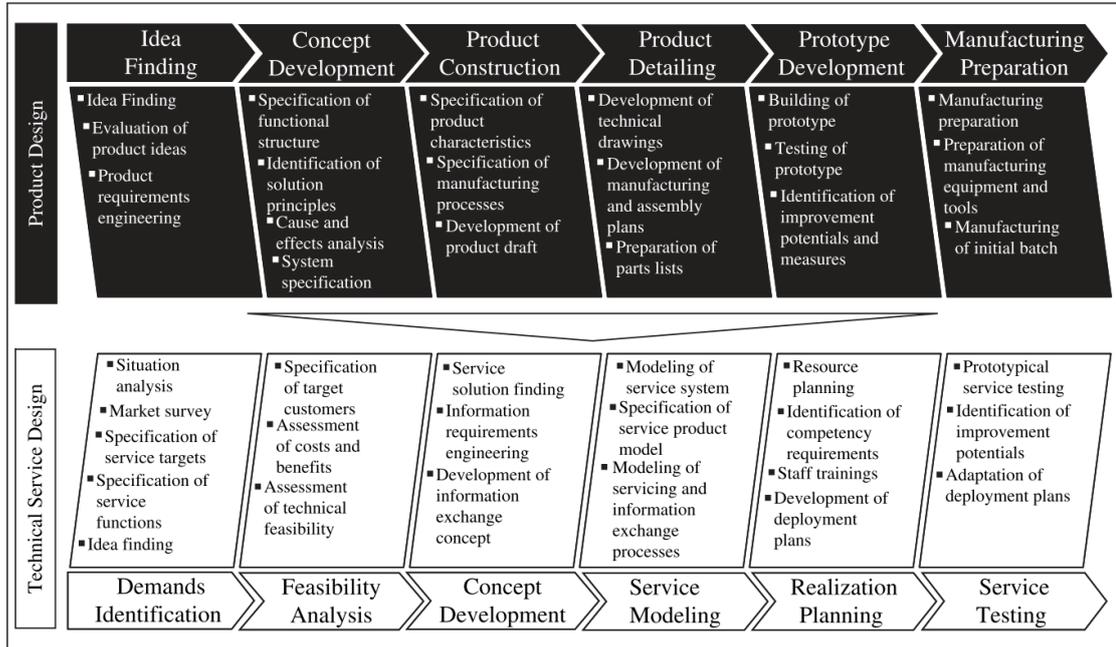


Figure 5. Processus de conception technique des services (Aurich et al. 2006)

En outre, un modèle conceptuel de cycle de vie PSS a été proposé par Beuren et al. (2017) (Figure 6) en identifiant cinq phases. Ce modèle prend en considération le cycle de vie du service selon la perspective du consommateur.

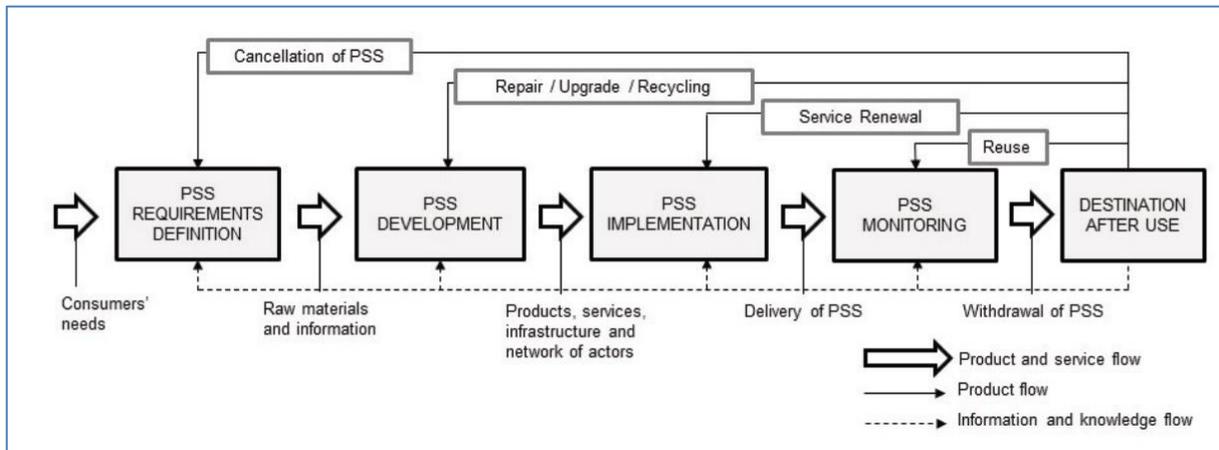


Figure 6. Cycle de vie du PSS tel que proposé par Beuren et al. (2017)

Les cinq phases identifiées sont : la définition des exigences des consommateurs du PSS (et non pas du produit ou du service de manière isolée), le développement, l'implémentation, le contrôle de la phase opérationnelle, et la destination après-usage. Par ailleurs, dans cette même recherche, Beuren et al. (2017) sont allés plus en détail en identifiant les actions à mener, appelés éléments conceptuels, caractérisant les PSS dans les différentes phases, et tenant compte des différents éléments du PSS : produits, services, parties prenantes et infrastructure.

Néanmoins, cette recherche se focalise sur les PSS Orientés-Produit et ne détaille pas les autres types.

I.6. Une vision « Ingénierie systèmes » des PSS

La thèse effectuée par Elaheh Maleki (Maleki 2018), qui fut dans la même équipe de recherche que la nôtre, avait pour objectif d'analyser et de représenter le concept PSS en adoptant une approche « ingénierie systèmes ». Selon elle, un PSS peut être considéré comme un système intégré, composé de deux principaux sous-systèmes : le système d'intérêt (system of interest) et les systèmes facilitateurs (Enabling systems) (Figure 7).

Le système d'intérêt est défini comme la solution offerte au client et pour laquelle il paye pour son utilisation (ou sa consommation). Ce système est composé :

- Du produit intégré qui, affecté par la servitisation, comprend des composants électroniques, mécaniques et cybernétiques.
- Du service, comprenant le service processing, le software et le système embarqué (embedded system), selon l'approche de Van Ostaeyen et al. (2013)

Les systèmes facilitateurs (Enabling systems) sont des systèmes supports à la livraison du PSS. Ils nécessitent à l'entreprise des capacités et compétences afin de prendre en charge le business model PSS. Ces systèmes sont composés :

- D'infrastructures physiques et digitales, nécessaires à réaliser les fonctions intégrées du PSS. Elles peuvent être achetées par l'entreprise propriétaire du PSS, un fournisseur partenaire ou tout simplement louées. Il s'agit par exemple des bâtiments, réseaux de distribution, stations et bornes, etc. Tandis que les infrastructures digitales regroupent les différents réseaux informatiques, serveurs et systèmes d'information, etc.
- Des capacités organisationnelles, définies comme les ressources nécessaires à créer une valeur ajoutée et leur organisation pour soutenir le PSS durant tout son cycle de vie. Ainsi, ils comprennent les ressources humaines et processus nécessaires à la création de valeur.

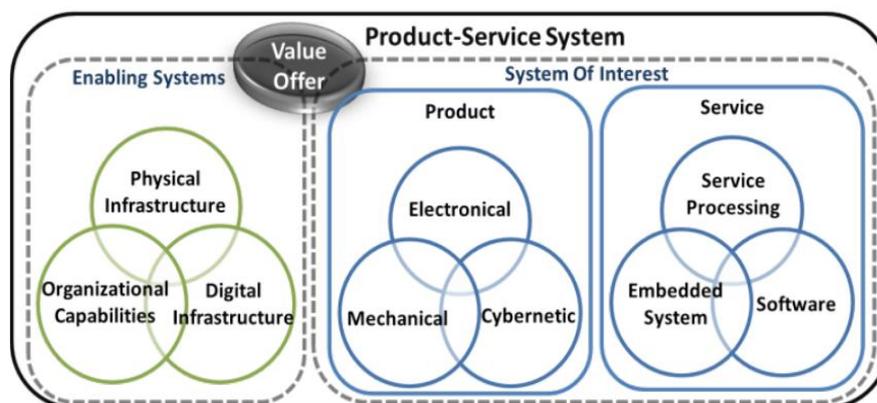


Figure 7. PSS selon une perspective d'ingénierie systèmes (Maleki 2018)

Le sujet de notre recherche est directement lié à cette dernière dimension du système qui est la capacité organisationnelle. Selon Gebauer et al. (2017), la création de capacités organisationnelles distinctives permet aux entreprises d'obtenir des avantages concurrentiels. Ils définissent une capacité organisationnelle distinctive par toute capacité difficile à imiter, qui est créatrice de valeur et qui utilise des ressources rares. Cette dimension est détaillée et représentée par Maleki (2018) dans le diagramme de classe UML suivant (Figure 8).

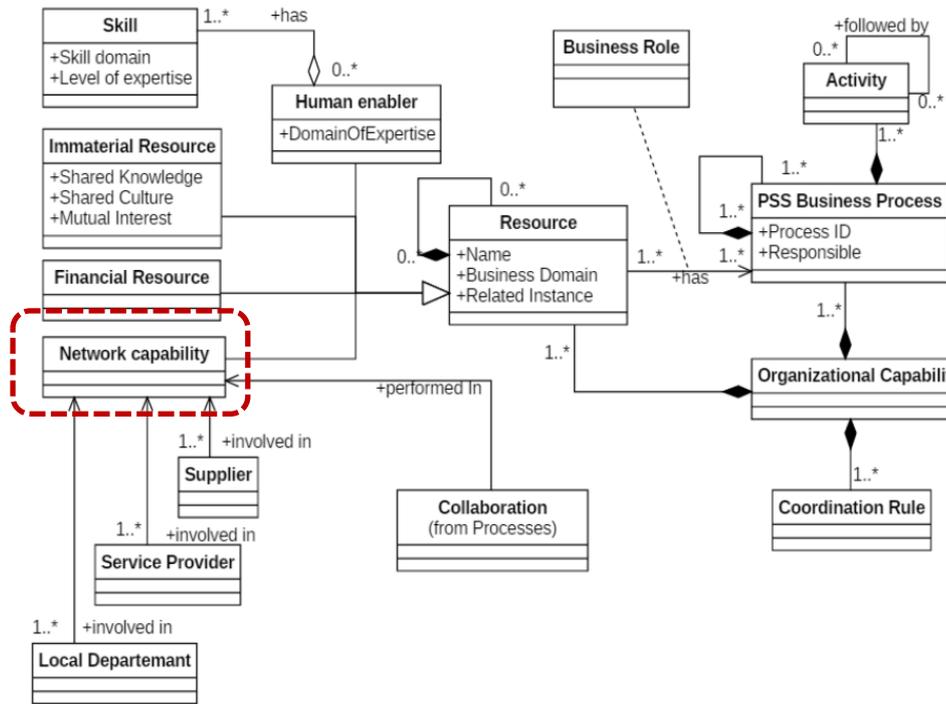


Figure 8. Capacité organisationnelle comme composante du PSS (Maleki 2018)

Ce diagramme de classes présente les éléments liés à la capacité organisationnelle dans le développement et la gestion d'un PSS. On y retrouve les règles de coordination, le business process du PSS ainsi que les ressources, ces dernières comprennent (par classe d'héritage) la ressource humaine (human enabler) à laquelle on associe des compétences, les ressources immatérielles, financières, mais aussi la capacité du réseau (network capability), sur laquelle nous allons un peu nous focaliser.

La capacité du réseau peut être définie comme toute capacité d'une partie prenante, lui permettant de développer des liens de réseau étroits et une structure efficace à long terme (ex. la capacité de gérer, d'intégrer et d'apprendre à partir des relations avec le client) (Kohtamäki et al. 2013). Dans cette classe, sont impliqués aussi bien les fournisseurs de pièces de rechanges ou d'autres pièces physiques, les fournisseurs de services, mais aussi le département local, représentant les partenaires internes dans une même entreprise (Harrat et al. 2019).

Enfin, une classe Collaboration est aussi incluse dans le modèle, vu qu'elle représente un processus nécessaire pour le développement d'un PSS. Notre travail de recherche vient compléter le travail de Maleki (2018), en rentrant plus en détail dans ces aspects organisationnels et de collaboration.

Dans la section suivante, nous identifions le réseau d'acteurs et parties prenantes impliqués dans le cycle de vie d'un PSS, en analysant les mécanismes de collaboration et interactions entre eux.

I.7. Le réseau d'acteurs du cycle de vie du PSS

Plusieurs auteurs ont modélisé le réseau d'acteurs impliqués dans le cycle de vie d'un PSS. Parmi eux, Meier et al. (2010), ayant schématisé l'organisation des acteurs du développement d'un PSS et les relations qui existent entre eux (*Figure 9*). On y retrouve le client qui est l'utilisateur final qui achète le PSS, livré par le porteur de l'offre, les deux acteurs étant en contact direct. Enfin, trois types de fournisseurs sont définis, dont le fournisseur du service qui possède une expertise pour la partie intangible du PSS, le fournisseur du produit pour la partie tangible et le fournisseur du module pour des composants spécifiques. Selon le schéma de la *Figure 9*, seuls les quatre derniers acteurs sont à l'intérieur du réseau (délimité par le cadre discontinu « network boundary »), car le client final ne participe pas au développement de l'offre.

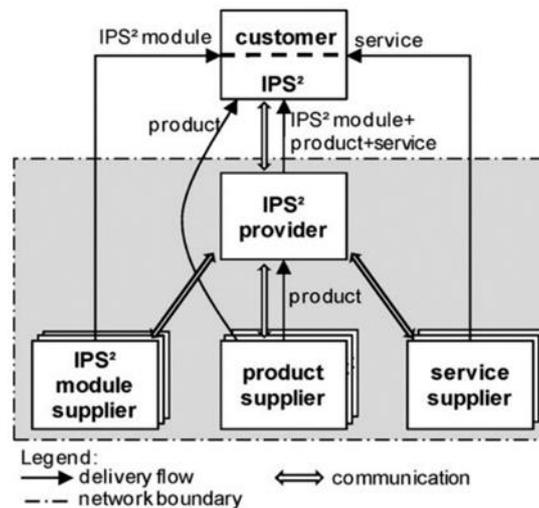


Figure 9. Le réseau d'acteurs développant un PSS (Meier et al. 2010)

On remarque que les fournisseurs de module et de service font une livraison directe au client final, représentée par des flèches simples, tandis que le fournisseur produit envoie deux différents flux de livraison, un passant par le porteur de l'offre et l'autre allant directement au client final. Quant aux relations de communication représentées par des flèches doubles, on remarque que le porteur de l'offre est celui qui communique avec tous les autres acteurs. De ce fait il a un rôle de coordinateur et sert d'intermédiaire entre les fournisseurs et le client final.

Une autre représentation du réseau d'acteurs est établie par Schweitzer and Aurich (2010) (Figure 10), où le réseau comprend des partenaires nécessaires pour les deux composants du PSS à savoir la production de la partie physique de base du PSS, ainsi que la livraison des services.

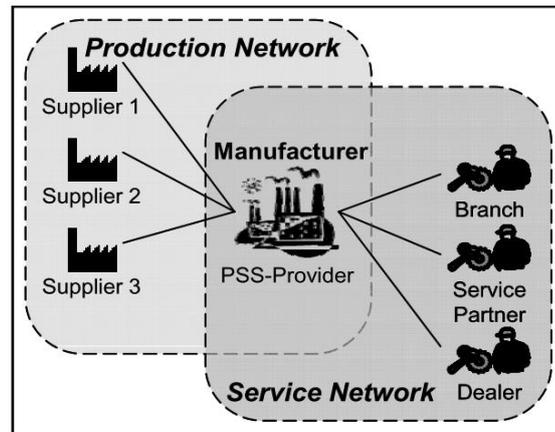


Figure 10. Réseau de création de valeur d'un PSS (Schweitzer and Aurich 2010)

Le réseau de production inclut le porteur de l'offre PSS, ainsi que les fournisseurs de pièces, de composants, de modules ou de systèmes physiques. Par ailleurs, le réseau de service comprend les partenaires de service, mais aussi les concessionnaires et succursales (dealers and branches) qui dépendent économiquement et juridiquement du porteur du PSS, mais installées dans différentes régions. Enfin, le client est cité par les auteurs comme impliqué dans la prestation des services en tant que partie prenante externe, même s'il n'est pas membre du réseau de création de valeur.

Finalement, nous remarquons que les deux modèles de réseau d'acteurs présentés portent plusieurs similarités. En effet, on retrouve le concept du porteur de l'offre dans les deux schémas (IPS² ou PSS provider), avec leur rôle identique de coordinateur entre les différents acteurs. Dans notre recherche, nous utiliserons pour cet acteur l'appellation « Original Equipment Manufacturer (OEM) » qui est largement utilisée dans la littérature PSS (ex. Schnürmacher et al. 2015; Wallin et al. 2015; Resta et al. 2017; Maleki et al. 2018). La deuxième observation tirée de ces deux schémas est la séparation systématique entre deux types de fournisseurs, ceux des produits, modules et autres composants tangibles de ceux des services. Cela laisse à penser que ces deux composantes du PSS nécessitent des compétences distinctes et hétérogènes. Enfin, la troisième observation concerne le client final, qui dans les deux cas n'est pas représenté dans le réseau de chaîne de valeur, même si mentionné, vu qu'il s'agit d'une partie prenante importante impactant tout le cycle de vie du PSS.

Plus récemment, une étude de Da Costa Fernandes et al. (2019) a porté sur l'identification des parties prenantes dans un projet de développement d'un PSS. De ce fait, une revue de littérature systématique a été effectuée sur 20 études de cas de projets de développement de PSS, dont 14 qui sont des PSS orientés résultat, et 6 qui sont orientés usage. L'une des conclusions tirées de cette revue de littérature est le nombre plus élevé de parties prenantes par rapport aux produits purs, d'autant plus lorsqu'il s'agit de PSS orientés résultat. Cette revue a identifié une liste de 28 parties prenantes. Parmi elles, les plus citées sont : les clients, les fabricants, les partenaires d'installation et de services, les fournisseurs, les utilisateurs, les partenaires financiers, le gouvernement et le prestataire local (Figure 11).

Stakeholders	References																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Customer / Consumer	
Manufacturer
Installation and service partner
Supplier	
User								
Financial partner		
Government	
Industry interest group/authority/standard /domain experts													.					.		.
Insurer	.							.						.						
Society			
Provider for checkout and terminals					
Local provider								

Figure 11. Parties prenantes des PSS (extrait de Da Costa Fernandes et al. 2019)

D'autres parties prenantes moins citées sont mentionnées dans cette étude, mais ne doivent cependant pas être négligées, telles que les universités, les assurances, les partenaires juridiques...etc. Le tableau complet est donné en Annexe I.

Après avoir identifié les parties prenantes et exploré des modèles du réseau d'acteurs du cycle de vie du PSS d'après les précédentes recherches, nous nous intéressons plus en détails aux interactions entre ces acteurs-là. Plus particulièrement, plusieurs auteurs soulignent que le contexte organisationnel et collaboratif dans le contexte PSS diffère considérablement du contexte DPN classique (ex. Bastl et al. 2012; Reim et al. 2015; Resta et al. 2017). C'est pourquoi, nous identifions dans la section suivante quelles sont, de manière générale, les caractéristiques organisationnelles des projets de développement PSS qui les différencient des projets DPN.

I.8. Caractéristiques organisationnelles des PSS

Comme mentionné précédemment, l'implémentation des PSS implique de nombreux changements dans la configuration et la coordination entre les parties prenantes. Dans cette section, nous explorons les particularités organisationnelles, mentionnées dans la littérature

PSS, et ce sur différents volets, à savoir : la nature des relations entre les principaux partenaires, la gestion des contrats, la considération totale du cycle de vie, et la diversité des domaines et compétences.

I.8.1. Nature des relations entre les principaux partenaires

Les PSS sont caractérisés par des relations à long terme avec les fournisseurs, les clients ou les deux (Bastl et al. 2012; Zhang et al. 2017). En effet, comparé aux produits purs, un partenariat dans le cadre d'un PSS est généralement prolongé au-delà de la phase de développement. Cela est lié avec la livraison à long terme des services et d'assistance (Bastl et al. 2012). Les relations à long terme sont plus adaptées aux PSS car ils nécessitent des réponses rapides de la part des fournisseurs par rapport à leurs requêtes et besoins personnalisés (Zhang et al. 2017; Reim et al. 2015). Par ailleurs, les auteurs soulignent que les PSS exigent de fortes relations et un degré d'interactions plus élevé avec les fournisseurs et différents partenaires (Baines and Shi 2015; Zhang et al. 2017; Wallin et al. 2015), notamment un partage d'information plus ouvert, des liens opérationnels plus forts, des niveaux d'adaptation plus élevés des fournisseurs par rapport aux processus et fonctionnement de l'OEM (Bastl et al. 2012), ainsi qu'une nécessité de développer les processus pour un partage d'informations en temps réel avec les fournisseurs (Zhang et al. 2017).

Vis-à-vis des clients finaux, les fabricants passent d'une relation de type transactionnelle et temporaire, à des relations continues (Vendrell-Herrero et al. 2021; Resta et al. 2017; Kowalkowski et al. 2012), dans lesquelles leurs clients paient pour des services et des solutions fournis sur un plus long-terme. De ce fait, les PSS sont caractérisés par une orientation client plus élevée, ce qui nécessite des interactions plus étroites et une collecte plus importante de données sur les clients (Bastl et al. 2012; Wallin et al. 2015). A titre d'exemple, pour un PSS Orienté-Produit, les services livrés avec le produit permettent la collecte d'informations sur le client, donnant la possibilité aux fabricants d'améliorer leur performance et de développer de nouveaux produits (Ayala et al. 2018). De ce fait, l'OEM doit entretenir des relations très étroites avec les partenaires de service afin de mieux comprendre les besoins des clients et les demandes futures, ce qui peut conduire à de futures innovations du PSS (Reim et al. 2015; Tukker 2004).

I.8.2. Gestion des contrats

En ce qui concerne les mécanismes contractuels, Bastl et al. (2012) soulignent qu'il est important que les contrats soient plus détaillés dans le cadre des PSS afin de capturer la complexité et le risque plus élevés dans les environnements servitisés, ou à défaut de compléter les contrats par des mécanismes relationnels basés sur la confiance, comme par exemple en promouvant une mentalité gagnant/gagnant. D'autre part, Reim et al. (2015) présentent sur la base d'une revue de littérature les pratiques contractuelles liées aux PSS, au regard des aspects clés des contrats qui sont : les responsabilités et termes d'accords, la

formalisation et la complexité, et le niveau du risque, et ce, selon chaque type de PSS (Orienté-Produit, Orienté-Usage ou Orienté-Résultat). Les responsabilités et termes d'accords changent de forme selon le type de PSS. A titre d'exemple, ils augmentent pour les PSS Orientés-Résultat car le fournisseur a l'entière responsabilité de fournir le résultat convenu. Quant à la formalisation, elle est plus grande pour les PSS Orientés-Produit par rapport aux autres types, vu que ce business model permet aux entreprises d'offrir des solutions PSS assez standardisées. La formalisation est par ailleurs plus faible pour les PSS Orientés-Résultat comparés aux autres types de PSS, car les offres doivent être adaptées à chaque client spécifique (Meier et al. 2010). Par ailleurs, les contrats sont beaucoup plus complexes dans le cas PSS que dans celui d'un produit pur, mais différent d'un type de PSS à un autre (Richter and Steven 2009). En effet, la complexité et le niveau du risque sont plus bas pour les PSS Orientés-Produit, moyens pour les PSS Orientés-Usage et plus élevés pour les PSS Orientés-Résultat. Cette complexité accrue par rapport au cas du produit pur se justifie par le fait qu'il est nécessaire de considérer les aspects liés, et à la fiabilité du produit, et à la garantie du service tout le long du cycle de vie, mais aussi à la sécurité des données et aux normes et directives comportementales au sein du réseau (Schuh et al. 2011). Enfin, des preuves statistiques apportées par Zou et al. (2019) affirment que dans le cas des PSS, la complexité des services pousse les deux parties à mieux s'aligner pour obtenir de meilleures performances à travers une définition adéquate du partage des risques dans les contrats.

I.8.3. Considération totale du cycle de vie

Lors du développement des PSS, il est important de prendre en compte tout le cycle de vie de l'offre. En effet, en comparaison avec le DPN, le processus de développement et de livraison d'un PSS va au-delà de la vente du produit, ce qui requiert aux acteurs du développement de prévoir toutes les opérations des différentes phases du cycle de vie du PSS dès les premières phases de développement (Wallin et al. 2015; Baines and Shi 2015). Par conséquent les parties prenantes qui opèrent dans les phases opérationnelles et à la fin de vie du PSS doivent être impliqués dans ses phases de développement (Da Costa Fernandes et al. 2019; Resta et al. 2017). Resta et al. (2017) expliquent sur la base de leurs études de cas que dans le cas des PSS, l'implication du département engineering dans la phase développement est requise, mais aussi celle des services de ventes et après-ventes.

Cependant, Lockett et al. (2010) soulignent qu'il est dans certains cas difficile d'adopter cette perspective due au fait que les coûts de rechange des pièces peuvent être moins élevés que ceux de leur réparation et maintenance. Malgré cela, ces difficultés peuvent être contrées en réalisant un processus de conception adapté au cycle de vie du PSS (Aurich et al. 2006), ainsi que l'adoption de la conception pour la maintenance ou la conception pour les services (design for maintenance, design for services) pendant le développement du PSS (Apitz et al. 2013). Un exemple dans l'industrie maritime a été observé par Apitz et al. (2013), où la réduction du coût de production d'un composant a entraîné une augmentation du temps d'installation et de

réparation, en raison d'un changement dans sa conception qui a nui à son installation et à son entretien. L'entreprise avait établi une exigence de base pour la durée de ses travaux de réparation et a ainsi pu identifier cet effet indésirable suffisamment tôt pour pouvoir modifier la conception en conséquence.

I.8.4. Diversité des domaines et compétences

Les PSS sont conçus par des entreprises dont les activités et domaines sont très différents (Benedetti et al. 2016). Cela signifie que les employés ayant des compétences diverses doivent collaborer et communiquer entre eux, afin de s'assurer que les différentes perspectives sont prises en compte (Wallin et al. 2015). Ceci peut représenter un défi, car des personnes ayant des compétences différentes suivent souvent des processus et des modes de communication différents (Wallin et al. 2015; Bastl et al. 2012). De ce fait, Wallin et al. (2015) suggèrent l'utilisation des démonstrateurs et prototypes afin de renforcer la collaboration entre les différents secteurs en stimulant la créativité et en visualisant la valeur de l'ensemble du PSS. Une autre suggestion de Wallin et al. (2015) est de promouvoir la pluridisciplinarité individuelle, et ce en encourageant la rotation des postes, ce qui permet d'avoir une combinaison de compétences nécessaire pour le développement des PSS.

D'autres auteurs ont mis l'accent sur des compétences qui sont essentielles pour le développement des PSS, et que le réseau collaboratif doit acquérir ou développer. Tout d'abord, Vargo and Akaka (2009) soulignent l'importance de définir la stratégie d'acquisition ou développement (make-or-buy) des nouvelles compétences liées au PSS. Bastl et al. (2012) mentionnent les compétences en partenariat comme étant essentielles pour promouvoir les normes coopératives entre les différentes parties. En outre, au regard des différents types de PSS, les PSS Orientés-Produit nécessitent essentiellement des compétences techniques liées à la composante produit (Resta et al. 2017), tandis qu'un PSS plus orienté vers les services (orienté usage ou orienté résultat) requiert un besoin croissant de capacités spécifiques liées aux services fournis, ainsi que dans la prévision des demandes d'interventions (Resta et al. 2017; Gebauer et al. 2013). D'autre part, certains services ont des caractéristiques qui exigent que la conception du produit soit repensée, ce qui exige des capacités techniques liées à cette liaison produit-service (Resta et al. 2017). Enfin, les compétences en consulting et assistance, largement cités dans la littérature PSS, sont également requises (Resta et al. 2017; Gebauer et al. 2013; Avlonitis et al. 2013; Wallin et al. 2015), et concernent plus particulièrement les agents technico-commerciaux, car ces derniers ont besoin de comprendre les activités des clients, ainsi que les processus liés à l'utilisation du PSS (Resta et al. 2017; Gebauer et al. 2013).

En définitive, ces caractéristiques organisationnelles font que le processus de développement de PSS présente d'une manière générale plus de complexité et de défis dans le processus de collaboration. Ceci nous permet dans la section suivante d'élaborer une première formulation de notre question de recherche.

I.9. Problématique de recherche et conclusion

En comparaison avec le processus de DPN classique, nous retenons que les PSS présentent plus de complexité, tant sur le point de vue technique, commercial et organisationnel. Cette complexité impacte sur la manière de configurer le réseau de partenaires et de les coordonner, ce qui augmente l'incertitude des entreprises à gérer leurs collaborations dans le but de réussir leurs projets de développement de PSS. Par conséquent, notre question de recherche initiale est la suivante :

Comment aider les entreprises à choisir la meilleure stratégie de collaboration pour un projet PSS donné ?

Cette question de recherche implique la nécessité de développer un Framework permettant de piloter les collaborations inter-entreprises dans le contexte de développement des PSS. De ce fait, nous explorons dans le Chapitre 2 la problématique du pilotage des collaborations, ce qui nous permettra d'affiner notre question de recherche.

Chapitre II. Problématique du pilotage des collaborations

CHAPITRE II. PROBLÉMATIQUE DU PILOTAGE DES COLLABORATIONS	22
<i>II.1. Introduction</i>	<i>23</i>
<i>II.2. Les Réseaux Collaboratifs</i>	<i>23</i>
<i>II.3. Intégration des partenaires en amont de la conception</i>	<i>24</i>
<i>II.3.1. Types de collaborations dans les projets de développement</i>	<i>25</i>
<i>II.3.2. Moment d'intégration des partenaires</i>	<i>27</i>
<i>II.4. Théorie du Capital Social</i>	<i>29</i>
<i>II.5. Cycle de vie et évaluation de la collaboration</i>	<i>30</i>
<i>II.5.1. Cycle de vie de la collaboration</i>	<i>30</i>
<i>II.5.2. Une approche de réutilisation des connaissances</i>	<i>32</i>
<i>II.5.3. Evaluation de la collaboration</i>	<i>34</i>
<i>II.6. Question de recherche affinée et conclusion</i>	<i>35</i>

II.1. Introduction

Comme le souligne notre question de recherche initiale, le but de ce travail est d'aider les entreprises à piloter leurs collaborations externes lors des projets de développement des PSS. Pour mieux affiner notre objectif, il est nécessaire d'analyser différents travaux qui traitent la problématique de la collaboration. Nous commençons par introduire le concept de réseaux collaboratifs (CM 2005) afin de mieux cadrer le type de collaboration que nous traitons dans notre recherche (section II.2). Suite à cela, nous abordons la pratique de l'intégration des partenaires en amont de la conception (section II.3), où nous traitons les types et moment d'intégration. Puis, nous présentons la théorie du Capital Social, qui nous sert de base pour étudier les facteurs impactant sur la collaboration (section II.4). Enfin, nous étudions le cycle de vie de la collaboration et son évaluation (section II.5), où nous proposons une approche de réutilisation de la connaissance lors du pilotage des collaborations, et explorons les travaux sur l'évaluation de la collaboration, et particulièrement dans le contexte PSS. Ceci nous permet d'identifier une piste de travail peu explorée, et d'affiner notre question de recherche.

II.2. Les Réseaux Collaboratifs

L'approche consistant à considérer les organisations comme des Réseaux Collaboratifs est largement utilisée dans la littérature, étant utile pour promouvoir la flexibilité et l'adaptabilité organisationnelles, notamment en ce qui concerne la qualité et le partage des informations (Durugbo et al. 2011). Les Réseaux Collaboratifs en tant que concept sont pour la première fois apparus avec le développement des Technologies de l'Information et de la Communication. Un Réseau Collaboratif est défini comme un réseau « constitué d'une variété d'entités (par exemple, des organisations et des personnes) qui sont largement autonomes, géographiquement distribuées et hétérogènes en termes d'environnement opérationnel, de culture, de capital social et d'objectifs, et ces entités collaborent pour mieux atteindre des objectifs communs ou compatibles, et leurs interactions sont soutenues par un réseau informatique. » (Camarinha-Matos and Afsarmanesh 2005).

Plusieurs chercheurs se sont focalisés sur ce concept, en proposant des modèles d'évaluation de certains aspects de la collaboration, tels que la disposition des partenaires à rejoindre, quitter ou rester dans des organisations (Chituc and Nof 2007), la préparation ou l'aptitude des partenaires à collaborer (Rosas and Camarinha-Matos 2009, 2008; Durugbo and Riedel 2013), mais aussi l'interopérabilité (Alonso et al. 2010).

Le concept de Réseau Collaboratif a favorisé l'apparition de différentes formes de collaborations citées par Camarinha-Matos and Afsarmanesh (2005). Parmi elles, nous citons les alliances sur le long terme, ayant pour but de préparer des opportunités de collaboration ou de les soutenir, comme c'est le cas des organisations Virtuelles Breeding Environment (VBE). D'autres formes de réseaux sont caractérisées par une collaboration en temps réel, orientées

production en continu telles que les chaînes d'approvisionnement, ou tirées par des opportunités de projets. Ici, nous définissons deux formes de réseaux collaboratifs ; l'Organisation Virtuelle et l'Entreprise Étendue (Camarinha-Matos and Afsarmanesh 2005).

L'Organisation Virtuelle : définie par une alliance temporaire d'organisations opérant ensemble à un partage de compétences et ressources supporté par les TIC, et caractérisée par un niveau d'intégration élevé des partenaires, répondant le plus souvent à une opportunité d'affaires tels que les projets de développement ou d'innovation produit/service.

L'Entreprise Étendue : c'est une organisation dans laquelle une entreprise dominante "étend" ses frontières à tous ou à certains de ses fournisseurs, et caractérisée par des objectifs et contrats collaboratifs à long-terme.

Ce sont finalement ces deux dernières formes de réseaux collaboratifs qui rentrent dans le contexte de notre recherche, particulièrement dans le contexte du développement de PSS où il y a besoin à la fois d'un niveau d'intégration élevé des partenaires, ainsi que d'une relation à long-terme. Afin de mieux caractériser ce contexte, nous abordons dans la section suivante la pratique d'intégration des partenaires en amont de la conception.

II.3. Intégration des partenaires en amont de la conception

L'un des sujets les plus abordés dans la littérature qui traite la collaboration inter-entreprises dans la phase de développement, est l'intégration des fournisseurs en amont (Early Supplier Involvement) dans le processus de DPN, et ce depuis les années 80 (Johnsen 2009). Cette pratique suggère que le rôle du fournisseur n'est pas seulement de procurer des composants liés au produit ou au service, mais il est plutôt acteur dans la conception, faisant part aux décisions liées au design final du produit. Cette décision d'ordre stratégique est motivée par plusieurs avantages, découlant du fait que les fournisseurs sont une source d'innovation externe, possédant des connaissances techniques complémentaires, et spécifiquement liées à certains composants du produit (Yeniyurt et al. 2014). En effet, l'intégration des fournisseurs est une nécessité pour les entreprises qui ont des difficultés de développer ces connaissances en interne, et leur permet donc de se focaliser sur leur cœur de métier (Al-Hakim and Lu 2017). L'histoire de cette pratique est entamée par les entreprises Japonaises étant les premières à tirer les bénéfices de cette pratique (Clark 1989; Takeuchi and Nonaka 1986), puis plus tard adoptée aux USA et en Europe (Johnsen 2009).

Parmi les bénéfices énoncés dans la littérature, l'intégration des fournisseurs permet d'accélérer le temps du processus DPN et de réduire les risques (van Weele 2018), mais aussi d'optimiser les coûts de développement et de production (Bidault et al. 1998; Petersen et al. 2005; Zhao et al. 2014). Elle permet aussi d'améliorer la qualité du produit et son temps de cycle (van Weele 2018; Bidault et al. 1998). De plus, elle offre la possibilité aux entreprises d'accéder à plus d'innovation et d'idées de solutions proposées par le fournisseur (Luzzini et al. 2015). Enfin,

elle contribue à réduire les risques de problèmes dans la fabrication, à mieux choisir la technologie et à mieux gérer le prototypage (Ragatz et al. 2002; Najafi Tavani et al. 2013).

Néanmoins, l'intégration des fournisseurs ne garantit pas le succès du DPN. Si cette pratique est mal gérée, elle peut donner des résultats contraires à ce qui a été annoncé, particulièrement en termes de coûts, de délais et de qualité (van Weele 2018), mais aussi vis-à-vis des risques liés à la diffusion de connaissances entre les deux parties (Wagner and Hoegl 2006).

Certains auteurs ont présenté des résultats qui contredisent les bienfaits cités auparavant (Ex. Wagner and Hoegl 2006; Littler et al. 1998). Van Weele (2018) a expliqué que ces résultats contradictoires sont liés au manque de certains processus de gestion stratégique, de gestion opérationnelle et de gestion de la collaboration. Parmi les suggestions émises par cet auteur, il mentionne qu'il faut un bon mélange de mécanismes de gouvernance formelle et informelle. De ce fait, il faut accorder de l'importance à un encadrement contractuel, et décider du degré de formalité à adopter en fonction du partage des gains et de l'engagement du fournisseur. Mais aussi insister sur la gouvernance relationnelle, en améliorant constamment la qualité de la relation avec les fournisseurs et mettre en place un climat favorable à la collaboration. Toujours selon Van Weele (2018), le partage de connaissance et l'innovation sont des processus principalement basés sur l'interaction humaine. Le manque de partage de connaissances et d'idées revient le plus souvent à un conflit d'intérêt qui n'est pas facile à résoudre, et pour cela il est important d'infuser un climat de confiance et d'empathie.

Autre que ces éléments clés pour une bonne gouvernance, cette dernière passe aussi par des choix stratégiques, tels que le type de collaboration par rapport au degré d'intégration, mais aussi le choix du moment d'implication de chaque partenaire. Ces deux éléments sont détaillés dans les sous-sections suivantes.

II.3.1. Types de collaborations dans les projets de développement

Dans cette sous-section, nous abordons différentes typologies de la collaboration, en indiquant quels types rentrent dans le cadre de notre recherche.

Une des typologies pertinentes de la collaboration est celle de Petersen et al. (2005), qui tiennent compte du degré d'implication du fournisseur dans la conception. Ces auteurs distinguent trois types, (1) *white box*, où le fournisseur est juste consulté dans la conception, et joue le rôle de conseiller informel, (2) *gray box*, où l'OEM et le fournisseur entament une conception conjointe, en ayant une responsabilité quasiment égale dans la conception et des compétences complémentaires, et enfin (3) *black box*, où c'est le fournisseur qui prend la plupart des décisions de la conception, à partir du cahier de charges de l'OEM.

En outre, Le Dain et al. (2010) se sont basés sur cette typologie pour aller plus en détails sur les différentes situations de collaboration, en introduisant un nouveau paramètre qui est le risque de développement par rapport au composant développé en externe (*Figure 12*). Ces différentes configurations sont : (1) *la conception déléguée*, qui est une situation de type *black*

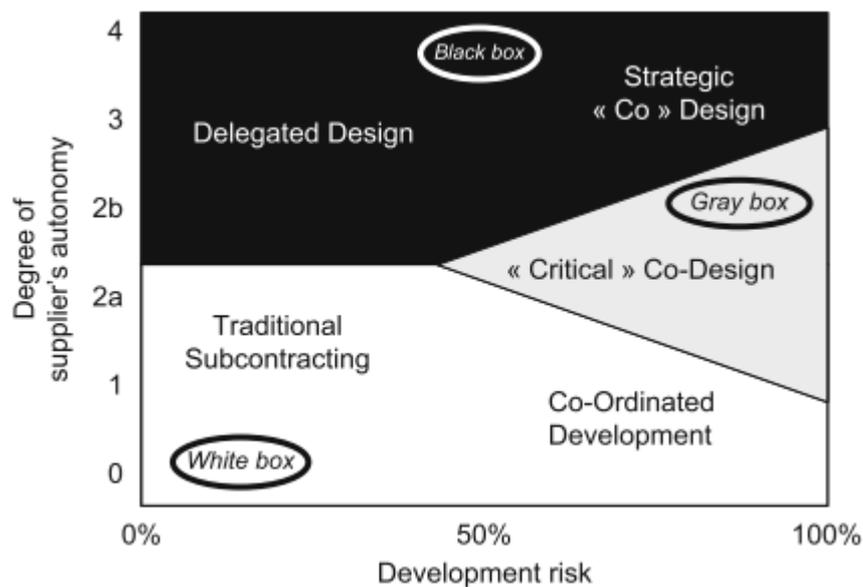


Figure 12. La matrice d'implication des fournisseurs (Le Dain et al. 2010)

box où le risque de développement est faible, (2) la co-conception stratégique, qui est similairement de type *black box*, par contre le niveau de risques est élevé, ce qui nécessite une communication dès les premières phases du projet de développement entre les deux parties, (3) la co-conception critique, qui est une situation de type *gray box* avec un niveau de risque tout aussi élevé, (4) le développement coordonné qui est une configuration de type *white box* où l'industrialisation et la fabrication du produit est déléguée au fournisseur. Celui-ci doit donc participer en amont aux décisions liées à ces phases. Enfin, (5) la sous-traitance classique qui est aussi de type *white box*, situation connue où les deux parties travaillent en autonomie avec un risque faible de développement.

Par ailleurs, une autre typologie est présentée par Belkadi et al. (2016) (Figure 13). Elle distingue trois modes de collaboration entre les partenaires, (1) *Free mode*, qui considère les fournisseurs comme des entités autonomes et isolées, et où l'OEM est responsable de la coordination entre eux. Ici, les fournisseurs ont un rôle d'exécutants et suivent des spécifications détaillées. Ce mode correspond alors au type *white box*, et plus particulièrement à la sous-traitance classique. (2) *Coordination mode*, qui implique une collaboration dite « horizontale », c. à dire entre différents fournisseurs (non pas entre OEM-fournisseur, qui elle est dite collaboration « verticale ») (Ben Mahmoud-Jouini and Calvi 2004). Ce mode est caractérisé par la présence d'une entité qui a pour rôle de coordonner entre les fournisseurs en jouant un rôle d'interlocuteur entre eux. Dans ce mode, malgré une collaboration horizontale plus forte, la collaboration verticale correspond toujours au type *white box*, où les fournisseurs peuvent être de simples exécutants comme ils peuvent être en situation de *développement coordonné*. (3) *Project mode*, qui caractérise une participation des différents fournisseurs et l'OEM de manière conjointe dans le projet DPN, avec la nécessité de partage important de ressources et de connaissances, ainsi que d'un niveau de confiance élevé entre les parties. Dans ce mode, les collaborations horizontale et verticale sont toutes les deux élevées, où tous les

partenaires participent à l'élaboration des spécifications et à la conception. Ce mode correspond alors au type *gray box*, mais peut correspondre aussi à la *co-conception stratégique (black box)*.

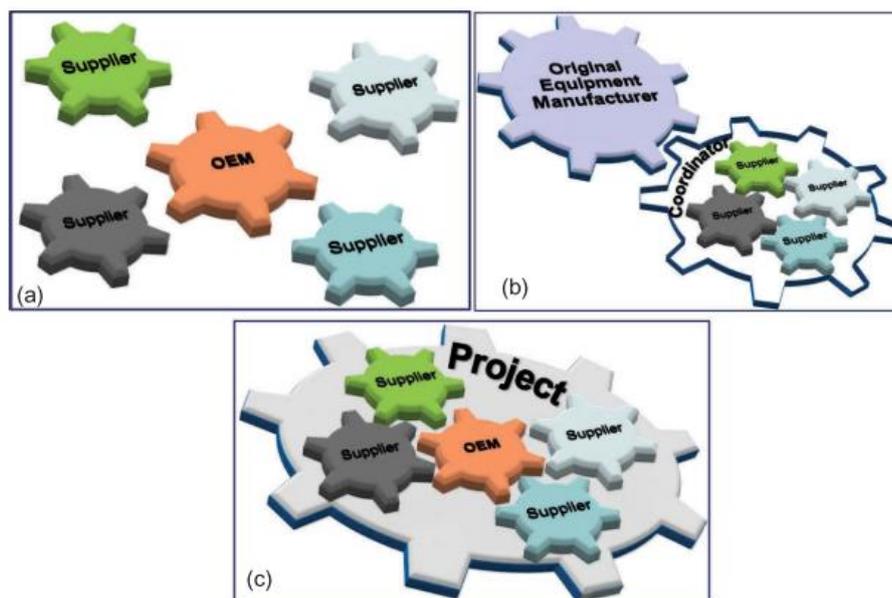


Figure 13. Trois modes de collaboration (Belkadi et al. 2016)

Dans le contexte de développement des PSS, nous avons vu dans le Chapitre 1 que les parties prenantes sont plus diversifiées que dans un projet DPN classique (ex. fournisseur de service, fournisseur de composants du produit). C'est pourquoi, dans notre étude, nous ne nous limiterons pas à l'intégration d'un seul fournisseur, mais nous nous intéresserons plutôt aux différents partenaires. En outre, le contexte que nous étudions se rapporte au *project mode*, qui correspond aux situations de *co-conception critique (gray box)* et *co-conception stratégique (black box)*.

Le choix du degré dans lequel les partenaires sont impliqués dans la conception est indissociable du choix du moment de leur implication, qui est abordé dans la sous-section suivante.

II.3.2. Moment d'intégration des partenaires

La question du moment d'intégration des partenaires est tout aussi importante dans la gouvernance des collaborations inter-entreprises.

Une intégration en amont signifie que les fournisseurs sont impliqués dès la conception du produit, que ce soit lors de la phase de génération d'idées, de la définition du concept, ou de la conception détaillée (Talas 2020).

Comme vu dans la section II.3, une intégration des fournisseurs en amont du projet de développement comporte plusieurs bénéfices comme elle peut comporter des risques, tout dépend de l'importance du rôle des partenaires à intégrer, ou de l'équilibre établi entre la gouvernance contractuelle et relationnelle (van Weele 2018).

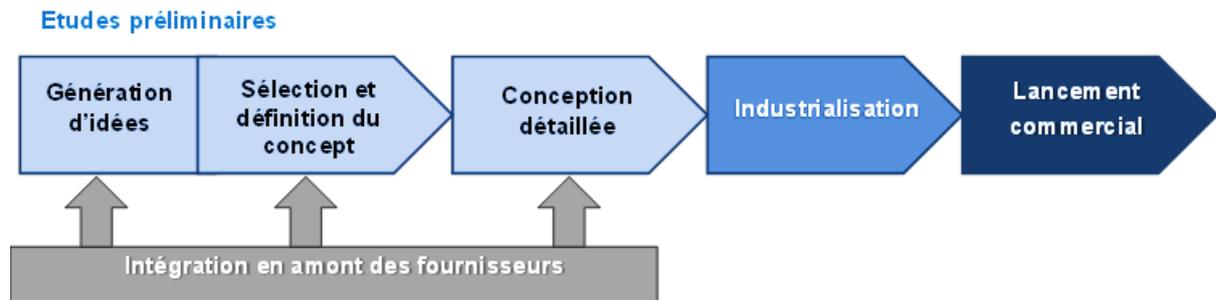


Figure 14. Intégration en amont des fournisseurs en DPN (Talas 2020)

Dans le contexte du développement des PSS, les auteurs recommandent d'intégrer le réseau des partenaires tôt dans le processus de développement PSS, afin d'assurer un réseau PSS organisé, qui soutient à la fois les phases de conception et d'exploitation (Reim et al. 2015; Medini and Boucher 2016). En effet, comme mentionné précédemment, les PSS sont caractérisés par des relations plus étroites et sur le long-terme, s'étendant même à la phase d'exploitation (Medini and Boucher 2016; Kleemann and Essig 2013). C'est d'autant plus le cas pour les PSS orientés résultats, où il est recommandé d'impliquer les fournisseurs critiques dans la livraison de la solution, nécessitant une base relationnelle coopérative et de la confiance entre les partenaires (Reim et al. 2015; Kleemann and Essig 2013).

Différentes études ont abordé ce choix stratégique du moment d'intégration des partenaires dans le développement de PSS. Yip et al. (2014) proposent une analyse de l'implication des parties prenantes dans les différentes phases du développement du PSS dans le secteur de l'informatique médicale. Ces auteurs arguent que le facteur déterminant aux décisions du moment d'implication est la connectivité du PSS avec la partie prenante, c. à dire l'échange de données de ce partenaire avec le PSS, ainsi que le niveau de changement des procédures suite à l'introduction du PSS. Pezzotta et al. (2018) proposent une analyse de la manière dont les différentes parties prenantes peuvent être impliqués dans la co-conception d'une solution PSS, en mentionnant quels acteurs sont impliqués dans chaque phase du processus de développement. Schweitzer and Aurich (2010) proposent une affectation des tâches durant les différentes phases de développement et d'exploitation du PSS, en mentionnant l'acteur leader dans chaque phase. Les deux travaux de recherche de Schweitzer and Aurich (2010) et Pezzotta et al. (2018) mettent l'accent beaucoup plus sur les fournisseurs de services plutôt que ceux de composants du produit, ce qui distingue le contexte PSS de celui du DPN. En outre, Pezzotta et al. (2018) considèrent aussi les clients comme étant des acteurs importants à impliquer dans la conception. Enfin, nous remarquons que la littérature PSS qui traite le sujet de la collaboration généralise la pratique d'intégration à tous les partenaires.

En définitive, le moment d'intégration des différents partenaires dans un projet de développement PSS, ainsi que leur niveau de responsabilité accordé sont des paramètres importants à tenir en compte dans notre recherche.

Nous remarquons par ailleurs que les dimensions sociales et relationnelles telles que la confiance sont souvent cités par les auteurs comme déterminants dans le succès des projets de développements collaboratifs. C'est pourquoi, il est nécessaire de s'y attarder, en introduisant la théorie du Capital Social dans la section suivante.

II.4. Théorie du Capital Social

L'idée principale dans la théorie du Capital Social est que lorsque les organisations investissent dans des actifs spécifiques aux relations, en s'engageant à échanger des connaissances en combinant les ressources, les différentes parties peuvent en tirer des bénéfices supérieurs à la normale (Krause et al. 2007). Cette théorie est souvent utilisée dans littérature, car elle permet d'expliquer des aspects socio-économiques et les comportements collaboratifs tels que le partage de connaissances (Lee et al. 2015), ou la collaboration dans la chaîne d'approvisionnement (Wu and Chiu 2018). C'est pourquoi, un bon investissement dans le Capital Social est un facteur majeur dans la réussite des projets de développements collaboratifs, ceci étant l'objet de notre recherche. Dans le contexte des entreprises développant des PSS, Zhang et al. (2017) ont trouvé que le Capital Social a un impact encore plus fort sur la performance opérationnelle dans le cadre des chaînes d'approvisionnements, par rapport aux fabricants traditionnels. Ceci pouvant s'expliquer par le fait que le développement des PSS est un processus sollicitant des relations à plus long-terme avec plus d'interactivité avec les fournisseurs (Baines and Shi 2015), ainsi qu'une chaîne d'approvisionnement plus complexe et plus diversifiée pour répondre aux exigences particulières de chaque client (Smith et al. 2014).

La définition typique du capital social est « les ressources intégrées dans une structure sociale spécifique, utilisées dans une action à finalité, créées par des changements dans les relations entre les acteurs » (Coleman 1988). Par ailleurs, comme le mentionnent Wasko and Faraj (2005), il existe une différence entre le Capital Social et d'autres formes de capital telles que le capital humain ou financier. Le Capital Social est immatériel, et réside plutôt dans le réseau des relations entre les individus et les communautés, alors que les autres formes de capital sont basées sur les actifs ou les individus (Coleman 1990; Putnam 1995). Le Capital Social comporte trois dimensions (Nahapiet and Ghoshal 1998) :

Une dimension cognitive : fait référence à la capacité des individus à accéder et à se connecter les uns aux autres au sein d'une équipe inter-organisationnelle (Widén-Wulff and Ginman 2004). Comme exemples de facteurs liés à cette dimension : objectifs communs, langage commun.

Une dimension structurelle : concerne tout le modèle du réseau et les relations entre ses composantes et la manière avec laquelle elles sont liées (Nahapiet and Ghoshal 1998). Comme exemples de facteurs liés à cette dimension : centralité du réseau, liens d'interaction sociale.

Une dimension relationnelle : cette dimension porte sur la nature de la relation (Chang and Chuang 2011) et la qualité des liens entre les individus (Bolino et al. 2002). Comme exemples de facteurs liés à cette dimension : confiance, réciprocité.

Cette théorie vient structurer notre approche, et nous permet ainsi de mieux identifier les facteurs impactant sur la performance de la collaboration en se focalisant sur les réseaux de relations. En effet, ces facteurs relationnels sont considérés comme un lubrifiant des collaborations (Chang and Gotcher 2007), ce qui justifie le choix de cette théorie en dépit du fait de considérer des facteurs à caractère plutôt technique ou économique, ce qui apparaît plutôt comme une conséquence. En effet, l'identification des facteurs est la première étape pour construire un Framework de pilotage des collaborations inter-entreprises. Mais avant cela, il est nécessaire de comprendre le cycle de vie d'une collaboration, mais aussi d'explorer les travaux d'évaluation de la collaboration tout au long de ce cycle de vie, et particulièrement dans le contexte de développement de PSS. Ces différents points sont abordés dans la section suivante.

II.5. Cycle de vie et évaluation de la collaboration

II.5.1. Cycle de vie de la collaboration

Pour pouvoir piloter les collaborations inter-entreprises, il est d'abord important de définir sur un point de vue temporel les différentes phases qui caractérisent le processus de collaboration.

Bidault et al. (1998), ainsi que Fraser et al. (2003) ont proposé deux modèles de cycle de vie de la collaboration dans les projets de développements, en indiquant les différentes phases du processus, mais aussi les principales activités qui caractérisent chaque phase.

- Bidault et al. (1998) mentionnent quatre phases pour la mise en place d'une intégration du fournisseur en amont du projet NPD (*Figure 15*):
 - Évaluation de l'état de préparation de l'organisation : il s'agit dans cette phase de déterminer la stratégie de l'entreprise requise pour intégrer ses fournisseurs dans le processus NPD, à savoir l'identification des compétences clés de l'entreprise, ainsi que l'engagement de la hiérarchie dans le processus de développement collaboratif.
 - Développer l'organisation : cette phase concerne la sélection des fournisseurs aptes à collaborer, tenant compte de différents facteurs, tels que les compétences et l'esprit collaboratif.
 - Concevoir la relation : dans cette phase, les parties qui collaborent définissent les différents aspects de la relation tels que les bases du contrat, la propriété intellectuelle, les paramètres financiers et tout ce qui permet de supporter la collaboration.

- Manager le partenariat : cette phase finale concerne le management de la collaboration durant le projet, où il est nécessaire de mettre en place un travail d'équipe approprié avec un leadership, ainsi qu'une communication efficace pour favoriser une attitude de partenariat

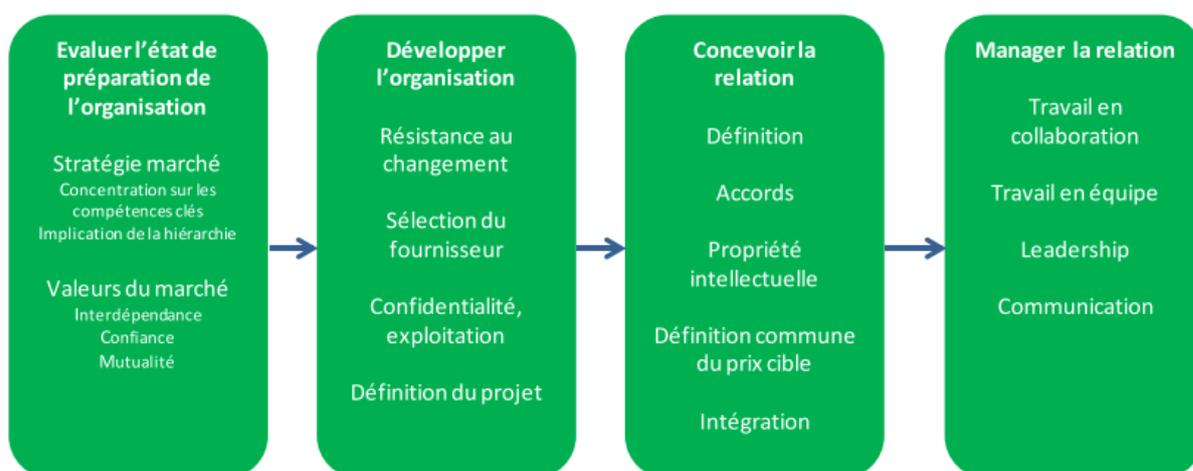


Figure 15. Modèle de cycle de vie de la collaboration (Bidault et al. 1998), traduit dans Yager (2016)

Ce processus fut par la suite adapté par Yager (2016) dans sa thèse qui porte sur l'intégration des fournisseurs dans le développement des PSS.

- De leur part, Fraser et al. (2003) proposent 6 étapes qui caractérisent le cycle de la relation (Figure 16), à savoir :
 0. 'Ground state' : c'est l'état de l'entreprise avant d'envisager une collaboration
 1. La préparation : c'est l'étape de choix de la stratégie de collaboration et de sélection des fournisseurs
 2. La formation : après le choix des fournisseurs, les termes et aspects contractuels doivent être définis
 3. Le management : la collaboration a commencé et doit être gérée par les deux parties
 4. L'évolution : des changements dans le concept doivent inévitablement surgir, Comment cela est-il géré ?
 5. La conclusion : La collaboration a suivi son cours, ou a été interrompue. Comment les partenaires se désengagent-ils de manière saine ? Ou comment le partenariat peut se développer en une relation à long-terme avec d'autres projets ?
 6. New 'Ground state' : quels enseignements ont été tirés pour que les futurs projets de collaboration soient plus fructueux ?

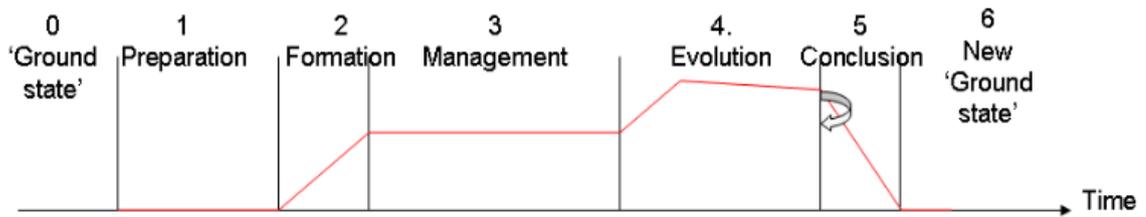


Figure 16. Cycle de vie d'une relation (Fraser et al. 2003) traduit dans (Cheriti 2011)

II.5.2. Une approche de réutilisation des connaissances

A partir de ces deux modèles, nous distinguons d'un point de vue temporel trois phases distinctes : avant, pendant et après le projet de collaboration. Selon les deux précédents modèles, la phase avant la collaboration est caractérisée par le choix des fournisseurs, alors que pendant la collaboration la gestion de la relation doit se faire au jour le jour. Par ailleurs, Fraser et al. (2003) mettent en évidence l'étape après la collaboration, où on cherche soit à collaborer à nouveau et à développer une relation sur le long terme, soit à changer de partenaire. Dans les deux derniers cas, des leçons doivent être tirées afin d'améliorer les futures collaborations.

C'est sur cette base que nous proposons une approche de réutilisation des connaissances pour piloter les collaborations inter-entreprises, dans le développement des PSS (Figure 17). En effet, l'objectif à travers le modèle proposé est de piloter les collaborations inter-entreprises, en procédant à une évaluation de la performance de la collaboration durant cette dernière.

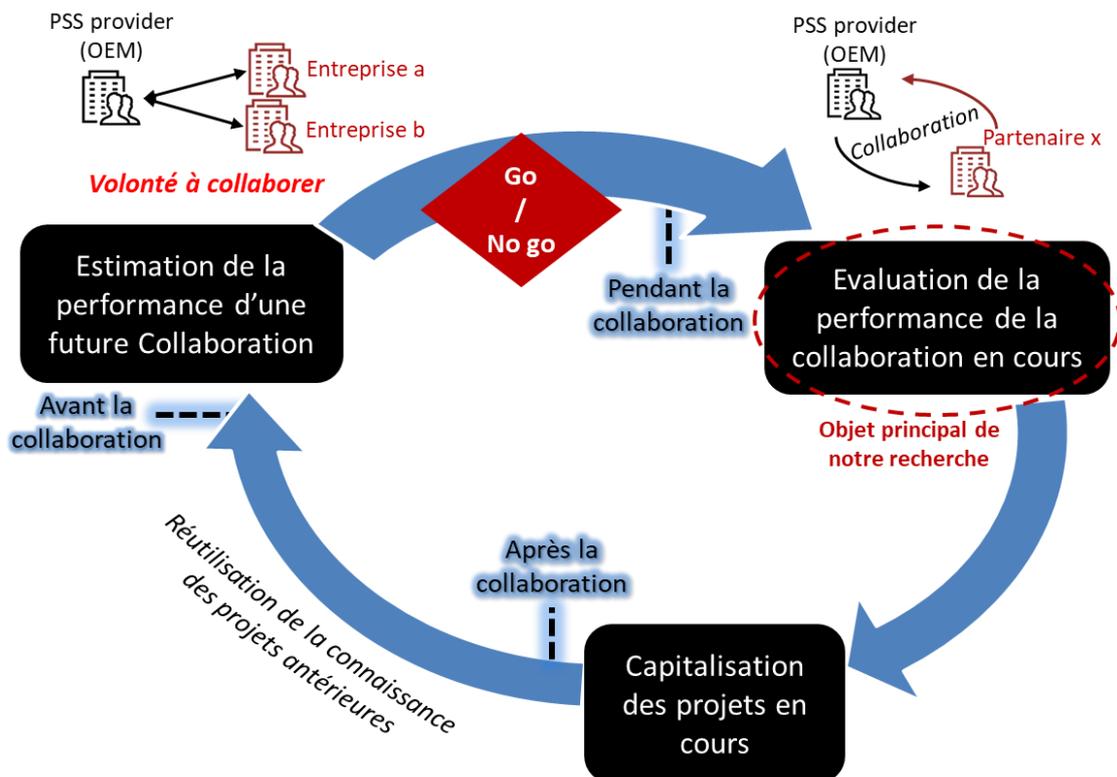


Figure 17. Approche de réutilisation de la connaissance dans le pilotage des collaborations

- **La première phase, avant la collaboration**, lorsque l'OEM (porteur de l'offre PSS) exprime une volonté à collaborer, en cherchant et identifiant les potentiels partenaires. Le principal problème ici est de savoir si le partenaire est apte ou non de collaborer et de s'engager dans un projet de développement de PSS. En général, les principaux critères adoptés par les entreprises du choix des partenaires sont les compétences. Cependant, d'autres facteurs liés à la relation, tels que les critères « soft » présentés par Bidault et al. (1998) (ex. la communication, l'engagement et la coopération) doivent être traités avec le même ordre d'importance que les « hard » compétences. D'autres auteurs arguent que le succès des projets de développements collaboratifs dépend aussi de facteurs liés à la relation en elle-même, car la plupart des problèmes survenant au cours d'un projet de collaboration échappent au contrôle du partenaire et sont liés à la relation, d'où la non suffisance d'une évaluation basée uniquement sur les capacités du partenaire (Johnsen et al. 2008; Varoutsas and Scapens 2015). Il est cependant difficile d'identifier ce type de facteurs avant de commencer la collaboration, mais aussi de par leur subjectivité, reposant sur une évaluation basée sur des jugements humains (Bidault et al. 1998). Par conséquent, il est nécessaire d'avoir une évaluation objective, basée sur l'historique des collaborations.
- **La deuxième phase, pendant la collaboration**, lorsque les parties décident de collaborer, mettent en place les aspects contractuels et démarrent le projet collaboratif, une évaluation est effectuée pendant la collaboration en utilisant les modèles et outils adaptés pour cela. **Ceci est l'objet principal de notre recherche.** De ce fait, des métriques, un modèle et outil d'évaluations sont à définir. Comme mentionné précédemment, les dimensions sociales et relationnelles entre les partenaires sont déterminantes dans le succès des projets collaboratifs. C'est pourquoi, nous nous baserons sur la théorie du Capital Social pour définir les facteurs liés à ces dimensions-là. Par ailleurs, comme nous nous situons dans le contexte des PSS, les caractéristiques organisationnelles de ces systèmes abordées dans le Chapitre I doivent aussi être prises en compte et opérationnalisées dans les métriques du modèle d'évaluation.
- Enfin, **la troisième phase, après la collaboration**, lorsque le projet est finalisé et qu'il est possible d'obtenir le résultat de l'évaluation, une capitalisation doit se faire par rapport à ces résultats, pouvant servir de métriques afin d'estimer la préparation d'un même partenaire à une future collaboration si elle aura lieu, mais aussi à adopter une logique d'amélioration continue de ces collaborations. Melendez Gonzalez (2019) aborde ce processus de capitalisation dans sa thèse, en développant une approche de réutilisation des expériences dans le but de faciliter la définition d'une nouvelle collaboration, tenant compte de l'évaluation de la collaboration lors des expériences passées.

En définitive, le processus présenté dans la *Figure 17* véhicule cette approche de réutilisation de la connaissance basée sur l'évaluation des collaborations inter-entreprises, le tout dans le

contexte du développement des PSS. C'est pourquoi, l'objectif principal de notre recherche est de développer un Framework d'évaluation de la performance de la collaboration en cours, dans le but d'aider les entreprises dans leur processus de développement de PSS à choisir leurs partenaires, et à améliorer la performance de leur collaboration.

Mais avant cela, il est nécessaire d'explorer dans la littérature les différents travaux d'évaluation de la collaboration effectués dans un contexte PSS et aussi dans un contexte général, ce qui nous permet d'identifier le gap et d'affiner la question de recherche.

II.5.3. Evaluation de la collaboration

Étonnement, peu de travaux dans la littérature liée aux PSS proposent de tels Frameworks, dont l'objectif est l'évaluation et le pilotage des collaborations (Saccani et al. 2014). Les thématiques PSS qui font plus communément l'objet d'évaluation dans la littérature sont la conception (ex. Mourtzis et al. 2017), la valeur client (ex. Shimomura and Akasaka 2013), la durabilité (ex. Fargnoli et al. 2018), l'incertitude (ex. Wang and Durugbo 2013), la performance pendant la phase d'utilisation (ex. Wilberg et al. 2015), tandis que peu d'études abordent la perspective de la collaboration.

À cet égard, Wallin et al. (2011) ont présenté quelques métriques liées à la performance de la collaboration pour l'innovation PSS, en détaillant les activités mesurées et leurs effets attendus. Du point de vue des Réseaux Collaboratifs, Durugbo and Riedel (2013) ont développé un modèle conceptuel pour évaluer l'état de préparation de ces organisations pour la livraison de PSS, en tenant compte de la compétence de réseau, la compétence de livraison et de la performance. Les principales mesures utilisées sont liées à la compétence en matière de livraison de produits et de services et à l'échange d'informations, ainsi qu'à des facteurs tels que la possibilité de commercialisation, la durabilité, la fonctionnalité et la productivité, chaque facteur ayant un ensemble de dimensions mesurables.

De même, Wang and Durugbo (2013) ont présenté une méthodologie pour évaluer l'incertitude du réseau pour la livraison de PSS, en utilisant des méthodes orientées logique floue (Fuzzy Delphi, fuzzy AHP et fuzzy TOPSIS). Quelques exemples des attributs présentés sont l'incertitude de la demande (et de la distribution), l'incertitude de l'offre et l'incertitude de la technologie. L'objectif de leur méthodologie est de déterminer quel type de PSS (Orienté Produit, Usage ou Résultat) est le plus pertinent pour un cas donné.

Cependant, dans ces deux dernières études, les listes de métriques proposées sont basées sur la compétence des partenaires, alors que les facteurs relationnels tels que la confiance ne sont pas pris en compte. Leurs modèles couvrent également la phase de livraison du PSS et ne prennent pas en compte la phase de développement.

Par ailleurs, d'un point de vue plus général et sans faire un focus sur les PSS, il existe dans la littérature d'autres cadres appropriés pour l'évaluation de la collaboration tels que les grilles de maturité. Plusieurs auteurs ont adopté ces grilles pour évaluer la collaboration (ex. Boughzala

and De Vreede 2015; Cuenca et al. 2013). Un exemple pertinent est le Col-MM qui est un modèle de maturité développé par Boughzala and De Vreede (2015), qui vise à évaluer la qualité de la collaboration selon les aspects suivants : les personnes, la gestion des informations et des connaissances, les processus et la gestion de la collaboration, et la technologie. Ce modèle de maturité se veut suffisamment générique pour être appliqué à différentes organisations.

II.6. Question de recherche affinée et conclusion

A la lumière de cet état de l'art, plusieurs gaps sont identifiés. D'abord, les modèles d'évaluation de la collaboration qui se focalisent sur les PSS ne prennent généralement pas en considération les facteurs liés aux dimensions sociales et relationnelles. De plus, ces modèles prennent en compte la phase de livraison des PSS et ne couvrent pas la phase de développement qui est critique en soi. Le développement de solutions cohérentes d'évaluation des PSS avec l'intégration de perspectives multiples des parties prenantes est encore peu exploré dans la recherche (Medini and Boucher 2016). C'est pourquoi, nous avons besoin d'un Framework de pilotage et d'évaluation de la collaboration se focalisant sur le contexte des PSS en considérant leurs caractéristiques organisationnelles. Par ailleurs, ce Framework doit couvrir la phase de développement, et prendre en compte les facteurs relationnels. Ceci est dans le but de répondre à la question de recherche suivante :

Comment aider les industriels dans le développement des PSS à piloter leurs collaborations inter-entreprises, et plus particulièrement comment supporter leurs processus de sélection des partenaires et améliorer leurs performances de collaboration ?

Les Chapitres 3, 4 et 5 viennent répondre à cette question. Dans le chapitre suivant, nous introduisons notre méthodologie de recherche et mettons les bases pour construire notre Framework conceptuel.

Chapitre III. Cadre conceptuel du Framework

CHAPITRE III. CADRE CONCEPTUEL DU FRAMEWORK	36
<i>III.1. Introduction.....</i>	<i>38</i>
<i>III.2. Méthodologie de recherche</i>	<i>38</i>
<i>III.2.1. Design Research Methodology.....</i>	<i>38</i>
<i>III.2.2. Etapes de la recherche</i>	<i>39</i>
<i>III.2.2.1. Phase d'exploration.....</i>	<i>39</i>
<i>III.2.2.2. Phase de conceptualisation.....</i>	<i>39</i>
<i>III.2.2.3. Phase de validation</i>	<i>40</i>
<i>III.3. Introduction au Framework conceptuel proposé</i>	<i>41</i>
<i>III.3.1. Identification des facteurs intermédiaires : revue de littérature.....</i>	<i>41</i>
<i>III.3.2. Présentation des études de cas industriels.....</i>	<i>48</i>
<i>III.3.3. Etude qualitative : analyse des entretiens.....</i>	<i>50</i>
<i>III.3.3.1. Cas A.....</i>	<i>50</i>
<i>III.3.3.2. Cas B.....</i>	<i>53</i>
<i>III.3.3.3. Cas C.....</i>	<i>55</i>
<i>III.3.4. Analyse croisée et discussion de l'analyse qualitative.....</i>	<i>58</i>
<i>III.3.5. Définition des KPIs.....</i>	<i>61</i>
<i>III.3.5.1. Indicateurs liés à la confiance</i>	<i>61</i>
<i>III.3.5.2. Indicateurs liés à l'engagement</i>	<i>63</i>
<i>III.3.5.3. Indicateurs liés à la qualité de la communication</i>	<i>65</i>
<i>III.3.5.4. Indicateurs liés à la coordination</i>	<i>67</i>
<i>III.4. Synthèse du Framework conceptuel.....</i>	<i>69</i>

III.1. Introduction

Nous allons dans ce chapitre entamer la construction de notre Framework conceptuel d'aide à la décision. Des éléments de bases tels que des facteurs, des métriques, des outils et méthodes doivent être établis pour cela, mais aussi la mise en place d'une méthodologie de recherche.

A cet égard, nous avons opté pour la « Design Research Methodology » (DRM) (Blessing and Chakrabarti 2009). Dans un premier temps, nous expliquons cette méthodologie, puis par l'application de cette dernière nous mentionnons les principales phases de notre recherche (section III.2). En entamant la construction de notre Framework (section III.3), nous commençons par identifier les facteurs impactant sur la performance de la collaboration, où une revue de littérature est nécessaire, principalement basée sur la théorie du Capital Social (section III.3.1). Dès qu'une liste finale des facteurs est obtenue et validée, des indicateurs de performance (Key Performance Indicators, KPIs) sont nécessaires pour la mesure de chaque facteur (section III.3.2). Le principal critère de définition des KPIs est qu'ils soient à caractère objectif, afin de limiter le biais des jugements humains dans l'évaluation. Nous clôturons ce chapitre par une synthèse du Framework conceptuel.

III.2. Méthodologie de recherche

III.2.1. Design Research Methodology

Afin d'adopter une démarche scientifique, et de mettre en place une ligne directrice qui définit les différentes phases permettant de répondre à nos questions de recherche, nous adoptons la méthodologie s'intitulant « Design Research Methodology » (DRM) (Blessing and Chakrabarti 2009), étant connue comme méthodologie de référence en science pour l'ingénierie de conception. Cette méthodologie consiste en quatre étapes principales (*Figure 18*) :

- 1) **Clarification de la recherche (RC)** est l'étape qui consiste à formuler le projet de recherche, en l'occurrence les objectifs, la problématique, les questions et hypothèses de recherche ainsi que les contributions attendues.
- 2) **L'Etude Descriptive I (DSI)** où le chercheur a une idée claire de son projet de recherche. Il s'agit dans notre cas de faire une revue de littérature ciblée, complète et détaillée mais aussi une collecte de données sur le terrain afin de comprendre plus profondément la problématique et d'avoir une idée plus précise sur les axes à aborder.
- 3) **L'Etude Prescriptive (PS)** est l'étape où le chercheur commence à répondre à la problématique de recherche, en réfléchissant à la manière de le faire et en développant un premier support le permettant.

- 4) **L'Étude Descriptive II (DSII)** est l'étape où le support développé doit être testé et confronté au terrain afin de faire le point sur son impact et ses limites pour pouvoir l'améliorer.

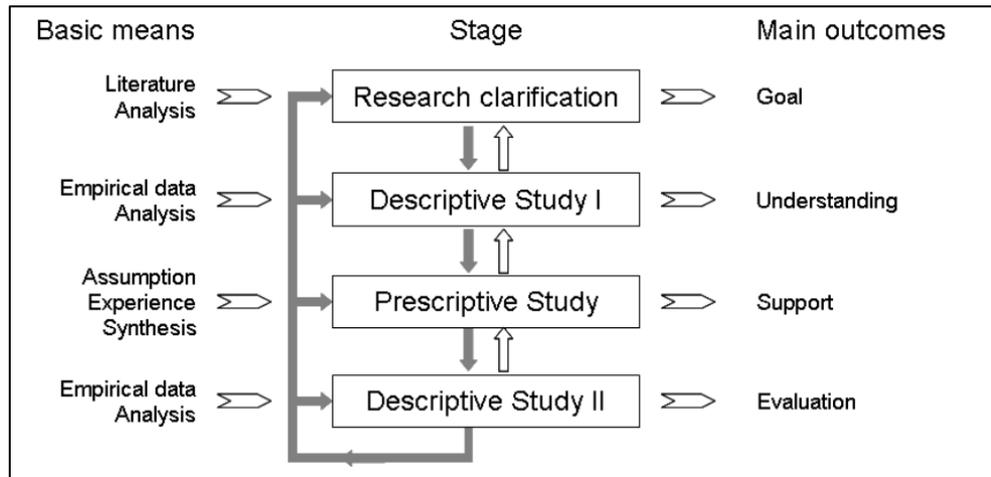


Figure 18. Design Research Methodology (Blessing and Chakrabarti 2009)

Il est à noter que ce ne sont pas des étapes figées, car des va-et-vient s'opèrent entre ces étapes, comme le souligne le schéma de Blessing and Chakrabarti (2009) (Figure 18). Dans la sous-section suivante, nous abordons les étapes de notre recherche tout en utilisant cette méthodologie DRM.

III.2.2. Etapes de la recherche

Nous définissons trois phases successives pour décrire le déroulement de notre recherche : phase d'exploration, phase de conceptualisation et phase de validation. Ces trois phases comprennent les différentes étapes de la DRM.

III.2.2.1. Phase d'exploration

Elle comprend les étapes de clarification de la recherche (RC) et l'étude descriptive I (DSI) de la DRM. Il s'agit dans cette phase d'explorer les concepts et méthodes afin d'avoir des éléments permettant la conceptualisation. Dans un premier temps, un état de l'art général est élaboré sur divers thèmes, dont les principaux sont : les PSS, les collaborations inter-entreprises ainsi que l'évaluation de la performance de la collaboration. S'ensuit une revue de littérature ciblée, ayant pour but l'identification des facteurs impactant la performance de la collaboration. En parallèle à cela, une étude qualitative est menée permettant une veille des pratiques industrielles, et ce par le biais d'entretiens dans trois études de cas qui seront présentées dans ce chapitre.

III.2.2.2. Phase de conceptualisation

Cette phase correspond à l'étude prescriptive (PS) de la DRM. Elle comprend la sélection des facteurs intermédiaires, ainsi que la construction des KPIs, ce qui définit le Framework conceptuel. Ces éléments-là sont présentés plus tard dans ce chapitre. Après avoir choisi l'outil

adéquat qu'est la logique floue pour l'évaluation de la performance des collaborations inter-entreprises dans le contexte PSS, les fonctions d'appartenance ainsi que les règles d'inférence (Chapitre 4) sont modélisées durant cette phase. Par ailleurs, une étude quantitative est menée afin de construire des règles d'inférences basées sur des données réelles.

III.2.2.3. Phase de validation

Cette phase comprend l'étude descriptive II (DSII) de la DRM. Elle a pour objectif de valider notre Framework conceptuel et le modèle d'évaluation, grâce aux différents cas d'études. Dans un premier temps, une validation du modèle conceptuel notamment les listes des facteurs et KPIs, puis une simulation du modèle d'évaluation afin d'y apporter les ajustements nécessaires. Les résultats obtenus sont ensuite comparés à ceux de l'étude qualitative à travers des interviews auprès des industriels.

La *Figure 19* synthétise les étapes de notre recherche, tout en mentionnant les phases de la DRM correspondantes.

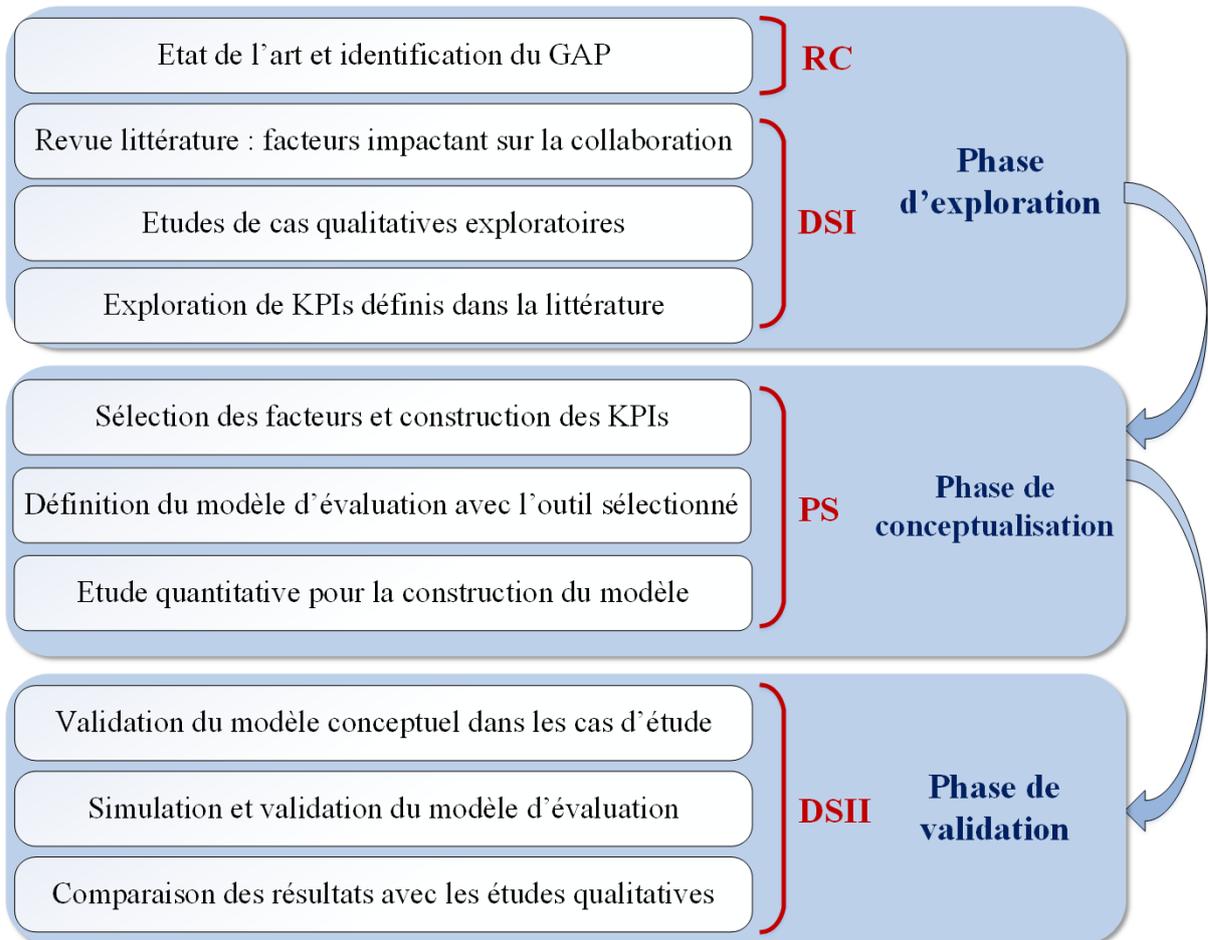


Figure 19 Méthodologie de recherche

Dans la suite de ce chapitre, nous présentons en détail la revue de littérature faite sur les facteurs impactant la performance de la collaboration, ainsi que le processus de construction des KPIs. Ces éléments constituent notre modèle conceptuel qui sera schématisé à la fin du chapitre.

III.3. Introduction au Framework conceptuel proposé

Le Framework d'aide à la décision proposé consiste à évaluer certains facteurs impactant sur la performance de la collaboration, et ce à travers des KPIs objectifs pour chaque facteur. Ces facteurs-là sont dits intermédiaires car ils se positionnent au milieu de notre Framework, permettant à leur tour de mesurer la performance de la collaboration (*Figure 20*).

Dans un premier temps, ces facteurs sont identifiés et validés à travers une revue de littérature (Harrat et al. 2020) et des études de cas. Suite à cela, les KPIs sont construits tenant compte de deux différentes perspectives : une perspective générique et une perspective PSS. Ceci constituera le cadre conceptuel de notre Framework pour l'évaluation de la performance des collaborations inter-entreprises dans le contexte PSS.

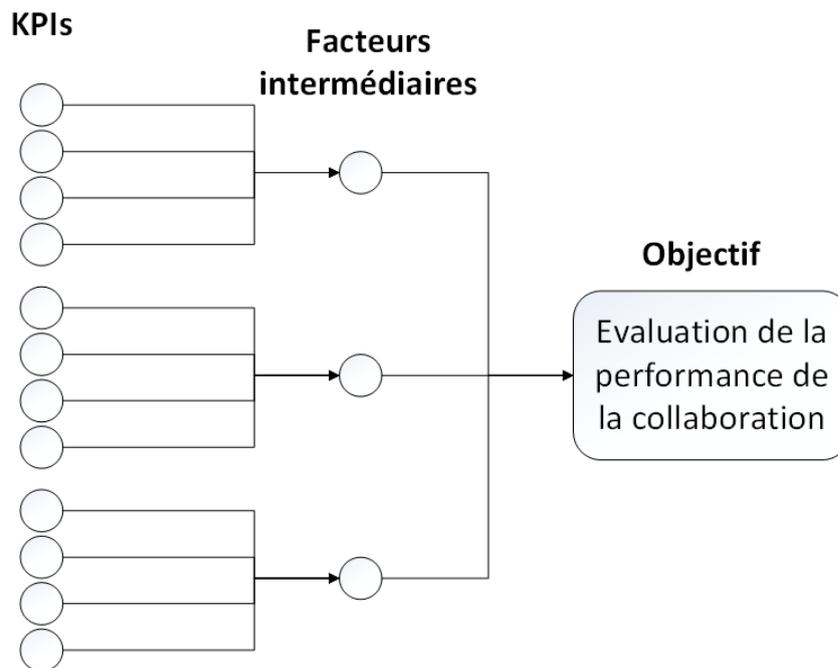


Figure 20. Framework conceptuel

III.3.1. Identification des facteurs intermédiaires : revue de littérature

Dans cette première étape, nous nous intéressons aux différents facteurs qui influencent la performance de la collaboration. Lors du lancement d'un projet de développement, les entreprises se focalisent souvent dans le choix des partenaires sur les compétences de ces derniers pour effectuer leur sélection. Or, la même importance doit être accordée aux critères liés à la relation tels que l'engagement et la communication (Bidault et al. 1998). En effet, une évaluation basée uniquement sur les compétences du partenaire n'est pas suffisante, car la plupart des problèmes qui surviennent au cours d'un projet collaboratif sont liés à la relation en elle-même et échappent au contrôle du partenaire (Johnsen et al. 2008; Varoutsas and Scapens 2015).

De ce fait, la théorie du Capital Social nous procure une large liste de facteurs liés à la relation, dont l'impact sur la performance de la collaboration est prouvé par plusieurs chercheurs. C'est pourquoi, une grande partie des articles explorés sont basés sur cette théorie. Sur une sélection de 60 articles, 41 facteurs distincts ont été identifiés. Cette sélection a été faite en suivant trois critères :

1. Leur contexte général abordé ; les articles doivent traiter le contexte de la collaboration inter-entreprises.
2. L'objectif des articles doit être l'amélioration de la collaboration, en termes de performance, de qualité ou d'autre aspect similaire.
3. Les articles doivent présenter un cadre conceptuel comprenant une liste de facteurs ayant un impact sur une variable dépendante ou un résultat, plus particulièrement la collaboration dans notre cas.

Les différents domaines couverts dans les articles identifiés sont : le développement de nouveaux produits (New Product Development, NPD), la gestion de la chaîne d'approvisionnement (et plus particulièrement les achats) et le partage d'informations et de connaissances. Enfin, quelques études traitent de la collaboration dans un cas général.

Ces études présentées dans des contextes différents, apportent une base de connaissance sur la collaboration inter-entreprises qui peut être réadaptée au contexte des PSS. En effet, les parties prenantes d'un projet PSS proviennent à l'origine de domaines classiques tels que le développement de produits nouveaux (exemple : un fabricant automobile qui veut ajouter des services spécifiques).

Les auteurs ont étudié l'impact de ces facteurs sur diverses variables qui ont une signification ou des caractéristiques proches de la "performance de la collaboration". Nous citons à titre d'exemple le succès du partenariat (Mohr and Spekman 1994), la qualité de la collaboration (Yan and Dooley 2014), le succès du processus de collaboration (Büyükoçkan and Arsenyan 2012), la qualité de la collaboration au sein d'un projet (Dietrich et al. 2010), l'efficacité de l'équipe (Van den Bossche et al. 2006), la qualité et la quantité du partage des connaissances (Chiu et al. 2006), etc. Un tableau listant ces différentes variables est présenté en Annexe II.

Afin de mieux organiser nos résultats, les facteurs ayant un sens similaire l'un à l'autre ont été groupés dans des catégories génériques. Ces catégories sont présentées dans le *Tableau 2*. Ensuite, ces catégories-là ont été classifiées selon les trois dimensions du capital social : cognitive, structurelle et relationnelle (*Figure 21*).

Tableau 2. Catégories de facteurs identifiés dans la revue de littérature

Dimensions du capital social	Catégories de facteurs	Exemples d'auteurs
Capital cognitif	Complémentarité	(Chen and Hung 2010; Yan and Dooley 2014)
	Apprentissage	(Büyükoçkan and Arsenyan 2012; Barnes et al. 2006; Marxt and Link 2002; Chin et al. 2008)
	Proximité physique/culturelle	(Akgün et al. 2005; Dietrich et al. 2010; Lee and Kim 1999; Chow and Chan 2008)
	Connaissance de soi	(Wasko and Faraj 2005; Chen and Hung 2010)
	Langage commun	(Chiu et al. 2006; Chang and Chuang 2011; Nahapiet and Ghoshal 1998; Bolino et al. 2002; Le Dain and Merminod 2014; Cheriti 2011)
	Objectifs et intérêts communs	(Chow and Chan 2008; Chiu et al. 2006; Yan and Dooley 2014; Dietrich et al. 2010; Boughzala and De Vreede 2015; Lam and Chin 2005; Cao and Zhang 2011; Villena et al. 2011; Magdaleno et al. 2011; Hoegl and Wagner 2005; Orlikowski 2002; Marxt and Link 2002)
	Vision et valeurs communes	(Chiu et al. 2006; Van den Bossche et al. 2006; Krause et al. 2007; Villena et al. 2011; Young-Ybarra and Wiersema 1999)
Capital structurel	Partage de connaissances	(Boughzala and De Vreede 2015; Le Dain and Merminod 2014; Magdaleno et al. 2011; Krause et al. 2007; Cao and Zhang 2011; Nyaga et al. 2010; Lee and Kim 1999; Mohr and Spekman 1994; Cheriti 2011; Hartley et al. 1997; Dowlatshahi 1998)
	Liens sociaux	(Akgün et al. 2005), (Chow and Chan 2008), (Chiu et al. 2006), (Yan and Dooley 2014), (Wasko and Faraj 2005), (Chang and Chuang 2011), (Villena et al. 2011)
	Coordination	(Yan and Dooley 2014; Büyükoçkan and Arsenyan 2012; Magdaleno et al. 2011; Cuenca et al. 2013; Akgün et al. 2005; Lakemond et al. 2006; Van Echtelt et al. 2008; Lee and Kim 1999; Mohr and Spekman 1994)
	Interdépendance	(Bensaou 1997; Lee and Kim 1999; Mohr and Spekman 1994; Boughzala and De Vreede 2015; Young-Ybarra and Wiersema 1999; Yan and Dooley 2014; Krause et al. 2007; Lakemond et al. 2006)
	Réputation	(Wasko and Faraj 2005; Chang and Chuang 2011)
	Préparation au choix des partenaires	(Littler et al. 1995; Emden et al. 2006; Glaister and Buckley 1997; Fraser et al. 2003)
	Usage des Technologies de l'Information	(Bensaou 1997; Talas 2020)
	Définition et partage des responsabilités	(Dietrich et al. 2010; Schleimer and Shulman 2011)

	Support de la hiérarchie	(Lee and Kim 1999)
Capital relationnel	Confiance	(Büyüközkan and Arsenyan 2012; Barnes et al. 2006; Bstieler 2006; Hou et al. 2006; Shah and Swaminathan 2008; Chin et al. 2008; Lam and Chin 2005; Fraser et al. 2003; Dietrich et al. 2010; Chiu et al. 2006; Chow and Chan 2008; Akgün et al. 2005; Schleimer and Shulman 2011; Dyer and Chu 2010; Mollering 2002; Nyaga et al. 2010; Villena et al. 2011; Lawson et al. 2008; Cannon et al. 2010; Belkadi et al. 2016; Lee and Kim 1999; Mohr and Spekman 1994; Young-Ybarra and Wiersema 1999; Marxt and Link 2002; Gassenheimer and Manolis 2001; Norman 2002; Coote et al. 2003; Comer et al. 1999; Doney and Cannon 1997; Cheriti 2011)
	Engagement	(Wasko and Faraj 2005; Barnes et al. 2006; Shah and Swaminathan 2008; Chin et al. 2008; Lam and Chin 2005; Fraser et al. 2003; Dietrich et al. 2010; Schleimer and Shulman 2011; Boughzala and De Vreede 2015; Yan and Dooley 2014; Krause et al. 2007; Nyaga et al. 2010; Hoegl and Wagner 2005; Lee and Kim 1999; Mohr and Spekman 1994; Littler et al. 1995; Marxt and Link 2002; Westphal et al. 2007; Cheriti 2011)
	Communication	(Akgün et al. 2005; Bstieler 2006; Lam and Chin 2005; Chin et al. 2008; Fraser et al. 2003; Yan and Dooley 2014; Schleimer and Shulman 2011; Cao and Zhang 2011; Magdaleno et al. 2011; Hoegl and Wagner 2005; Petersen et al. 2005; Lee and Kim 1999; Mohr and Spekman 1994; Littler et al. 1995; Qiang et al. 2001; Sosa et al. 2002; Marxt and Link 2002; Westphal et al. 2007)
	Identification	(Van den Bossche et al. 2006; Chang and Chuang 2011; Chiu et al. 2006)
	Réciprocité	(Wasko and Faraj 2005; Chen and Hung 2010; Chang and Chuang 2011; Chiu et al. 2006; Bensaou 1997)
	Résolution des conflits	(Akgün et al. 2005; Mohr and Spekman 1994; Dietrich et al. 2010)
	Entraide	(Wasko and Faraj 2005; Chang and Chuang 2011)
	Durée de la relation	(Bensaou 1997; Lee and Kim 1999)

Enfin, un filtrage de ces facteurs identifiés est effectué selon les trois critères suivants :

1. Combien de fois ce facteur est-il cité dans les articles sélectionnés ? Certains facteurs ont été cités plus de 10 fois, tandis que d'autres ont été cités une ou deux fois.
2. Le facteur est-il adapté au contexte de notre recherche ? Certains facteurs comme "l'altruisme" sont liés aux individus (au niveau équipe), tandis que notre étude porte plus sur le niveau organisationnel.
3. Les résultats concernant l'impact de ce facteur sont-ils significatifs et cohérents ? Certains facteurs n'ont pas d'impact significatif sur la variable dépendante définie (ex. performance de la collaboration), ou il y a des contradictions d'une étude à une autre.

Le processus de filtrage a résulté à une liste de 10 facteurs retenus : confiance, engagement, vision et valeurs communes, langage commun, partage de connaissances, coordination, communication, objectifs et intérêts communs, liens sociaux, vision et valeurs communes, et interdépendance.

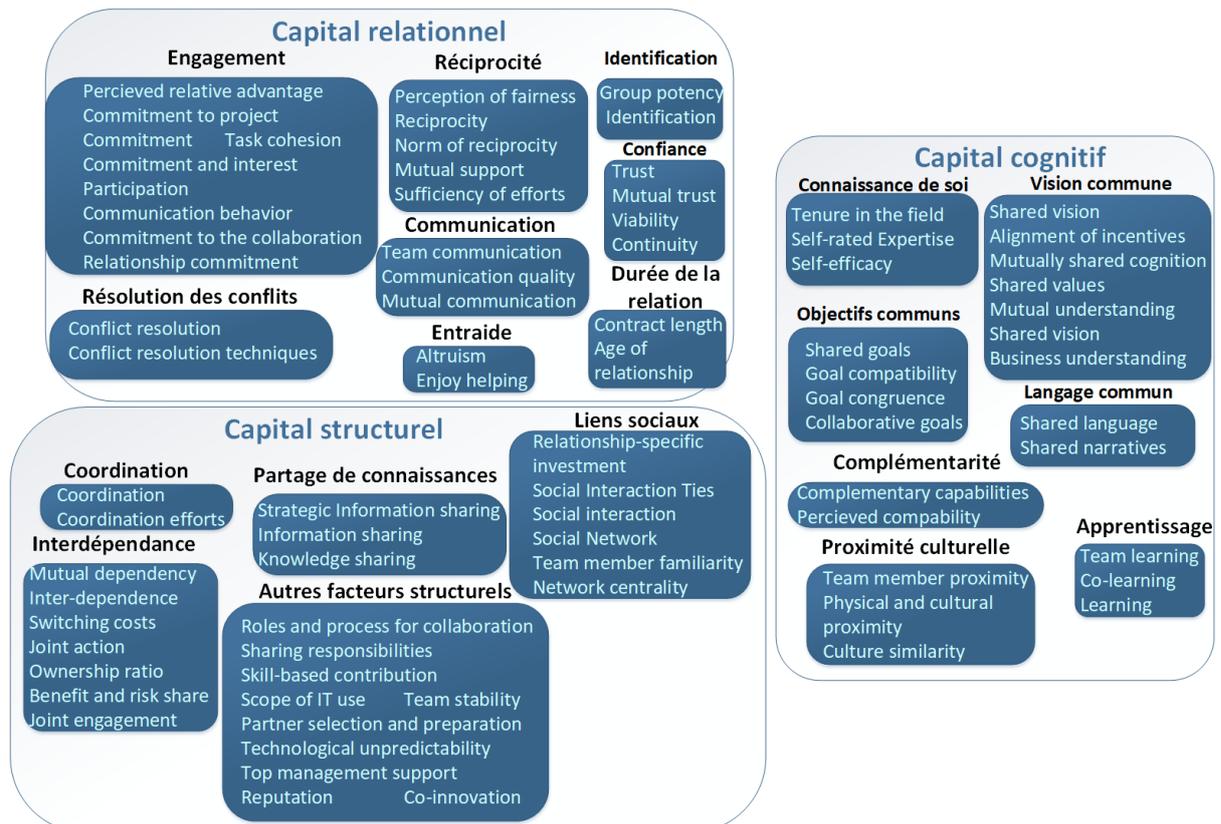


Figure 21. Cartographie des facteurs identifiés dans la revue de littérature (Harrat et al. 2020)

Dans les paragraphes suivants, nous décrivons ces dix facteurs, ainsi que la manière avec laquelle ils impactent la performance de la collaboration, en citant des exemples d'études de causalité.

La confiance : La confiance est définie comme un état d'esprit et une croyance vis-à-vis au comportement d'un partenaire qui tend à être acceptable et prévisible (Dyer and Chu 2010; Donada and Nogatchewsky 2007). Chin et al. (2008) suggèrent qu'un niveau élevé de confiance réduit les conflits, provoque une plus grande satisfaction du partenaire et améliore le comportement coopératif. Les preuves empiriques tirées de la littérature montrent l'impact positif de la confiance sur la collaboration. En particulier, une confiance plus élevée est associée de manière significative à la performance et à la satisfaction de la relation (Nyaga et al. 2010), l'efficacité du partenariat (Bstieler 2006), la performance du client (Lawson et al. 2008), la qualité de la collaboration en termes de communication et de cohésion (Dietrich et al. 2010) et la performance du projet ainsi que celle de la production (Nyaga et al. 2010; Bstieler 2006).

L'engagement : L'engagement peut être défini comme l'effort déployé par rapport à une relation et l'intention de maintenir cette dernière (Schleimer and Shulman 2011). Mohr and Spekman suggèrent que cet effort équilibrera les problèmes à court terme tout en réalisant les objectifs sur le long terme. L'engagement envers la collaboration aide à surmonter l'adversité et à réduire les conflits (Lam and Chin 2005). Il augmente la participation des collaborateurs, le soutien mutuel et la combinaison de leurs efforts pour définir les priorités de collaboration (Dietrich et

al. 2010), et réduit également les comportements non productifs tels que l'échappement aux tâches (Hoegl and Wagner 2005). L'engagement est reconnu comme un facteur clé pour améliorer le succès du partenariat et la satisfaction à l'égard de la relation (Nyaga et al. 2010; Mohr and Spekman 1994).

Langage commun : La langue commun ne se limite pas à la langue elle-même, mais concerne «les acronymes, les subtilités et les hypothèses sous-jacentes qui sont les agrafes des interactions quotidiennes» (Chiu et al. 2006). Le langage partagé facilite l'accès aux personnes, aux organisations et à leurs informations, permettant aux entités d'acquérir une compréhension mutuelle et d'être interopérables (Chiu et al. 2006). L'utilisation d'un langage commun améliore donc l'efficacité de l'échange d'informations et de l'assistance (Bolino et al. 2002). Lorsqu'une compréhension commune est réalisée, elle aidera à prévoir les actions et à réduire les comportements inattendus (Bolino et al. 2002).

Partage d'informations et de connaissances : Le partage d'informations fait référence à la mesure dans laquelle une variété d'informations pertinentes, exactes, confidentielles et critiques sont partagées avec les partenaires (Nyaga et al. 2010; Cao and Zhang 2011). Doney and Cannon (1997) ont mentionné que le partage d'informations confidentielles indique des intentions de bonne volonté qui peuvent inspirer la confiance, ce qui pourrait encourager les parties à s'engager dans la collaboration. De plus, les malentendus et les mauvais échanges d'informations peuvent être coûteux et devraient être évités grâce à l'amélioration des mécanismes de partage des connaissances et des informations (Le Dain and Merminod 2014). Des recherches antérieures ont identifié le partage d'informations comme une dimension d'une collaboration efficace dans la chaîne d'approvisionnement (Cao and Zhang 2011) et de la performance de l'entreprise cliente (Krause et al. 2007).

Liens d'interaction sociale : Des liens d'interaction sociale présents dans le réseau de collaboration. Chang and Chuang suggèrent que les relations sociales liées au réseau « fournissent des canaux d'information qui réduisent le temps et les efforts nécessaires pour recueillir des informations ». Chiu et al. ont constaté que les liens d'interaction sociale sont associés à une meilleure qualité de partage des connaissances. Au niveau stratégique, ce type d'interaction peut conduire à des opportunités uniques et des avantages stratégiques (Villena et al. 2011; Lawson et al. 2008). Des preuves tirées de la littérature montrent que le capital social structurel améliore les performances des entreprises clientes (Villena et al. 2011), et tout investissement spécifique aux relations interentreprises est positivement associé à la qualité de la collaboration (Yan and Dooley 2014).

Vision et valeurs communes : Une vision et des valeurs partagées sont importantes pour améliorer l'atmosphère de collaboration. Chiu et al. ont souligné que des visions communes dans une communauté virtuelle aideront les membres à voir le sens de leurs connaissances. Lorsque les participants ont la même signification du problème à résoudre, cela facilitera la coordination et permettra une prise de décision efficace. Des études antérieures montrent que la vision partagée a un impact positif sur la qualité de la connaissances (Chiu et al. 2006), tandis

que les valeurs partagées améliorent les performances des entreprises clientes (Krause et al. 2007).

Objectifs et intérêts communs : Les objectifs communs sont susceptibles d'augmenter l'échange d'informations entre les acteurs collaborateurs et réduisent la suspicion. Ils réduisent également les coûts de friction interentreprises (Lakemond et al. 2006). Des recherches antérieures montrent que les objectifs congruents ont tendance à éviter les conflits dysfonctionnels (Dietrich et al. 2010), et améliorer la qualité de la collaboration client-fournisseur (Yan and Dooley 2014).

La coordination : La coordination fait référence à l'identification et à la classification des interdépendances existantes (Cuenca et al. 2013). Elle comprend la pré-articulation des tâches, leur suivi et la post-articulation des activités de groupe (Magdaleno et al. 2011). Lorsque les efforts des différentes parties sont structurés et synchronisés, le temps perdu dans les retouches et les conflits sans valeur ajoutée sera évité (Yan and Dooley 2014). Selon Magdaleno et al. , la coordination signifie « maintenir le groupe en vie » et promouvoir la productivité du groupe. Yan and Dooley ont constaté que les efforts de coordination sont liés à une meilleure qualité de collaboration. Mohr and Spekman montrent qu'un niveau de coordination plus élevé implique des partenariats plus efficaces.

La qualité de la communication : La qualité de la communication est la mesure dans laquelle la communication est ouverte, opportune, précise, fiable, fréquente et équilibrée (Hoegl and Wagner 2005; Cao and Zhang 2011). La qualité de la communication peut être considérée comme un facteur central. En effet, cela aide à développer une compréhension partagée, améliore l'atmosphère de la relation, favorise l'engagement et renforce la confiance entre les partenaires (Bstieler 2006). Il favorise également la synergie dans les tâches, l'efficacité du partage des ressources et réduit les interférences et les retouches (Yan and Dooley 2014). Van den Bossche et al. ont identifié une relation positive entre la qualité de la communication et l'efficacité de l'équipe de projet.

Interdépendance : L'interdépendance est la mesure dans laquelle deux partenaires intègrent leurs ressources et acceptent de perdre une certaine autonomie qui serait compensée par des gains mutuels (Cummins 1984; Mohr and Spekman 1994). Il est plus compliqué de nos jours dans un contexte industriel pour une entreprise de réussir le projet et les opérations séparément, sans dépendre d'une autre entité. En cas de dépendance, les investissements engagés entre entreprises induisent pour eux plus de difficultés à changer de partenaire, et donc invitent à la coopération (Bensaou 1997).

L’histogramme présenté dans la *Figure 22* montre le nombre d’occurrences pour les catégories de facteurs identifiées.

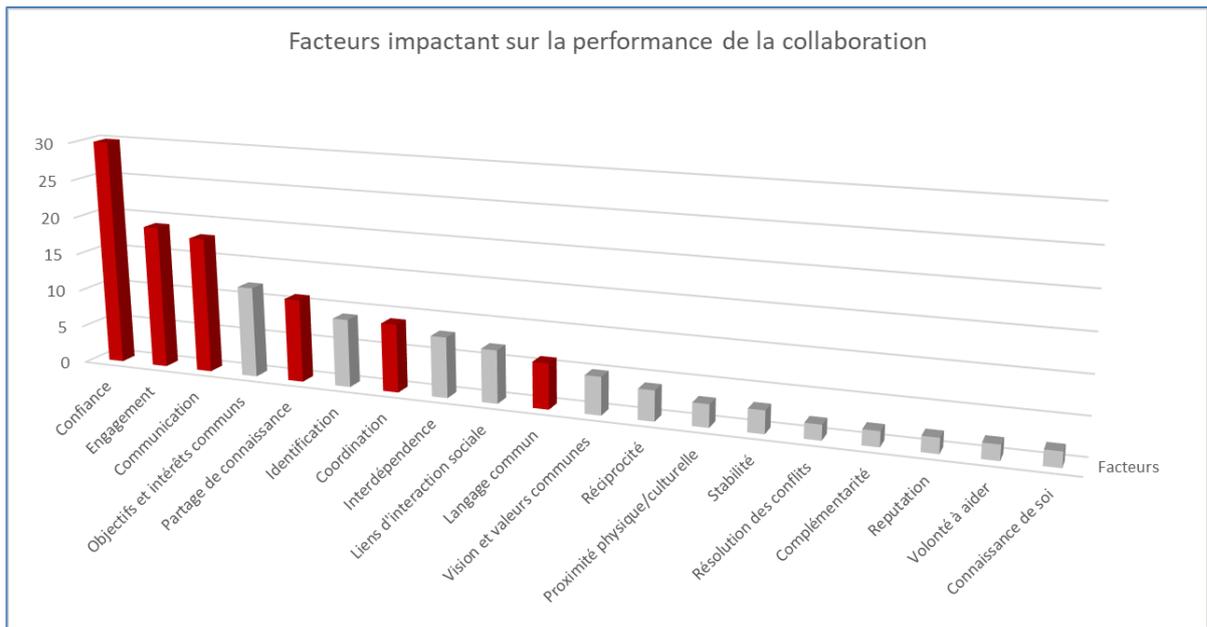


Figure 22. Nombre d’occurrences pour les catégories de facteurs

Enfin, la liste de facteurs a été confrontée à trois études de cas industriels, et ce durant des entretiens où les interviewés ont donné un score par rapport à l’importance de chaque facteur, c’est-à-dire quels facteurs ont été les plus impactant par rapport à la réussite ou à l’échec du projet concerné par le cas d’étude. Les 4 facteurs ayant obtenu le plus grand score sont : la confiance, l’engagement, la qualité de la communication et la coordination. De ce fait, nous avons fait le choix de ne garder que ces 4 facteurs pour la construction de notre modèle d’évaluation de la performance de la collaboration (*Figure 23*).

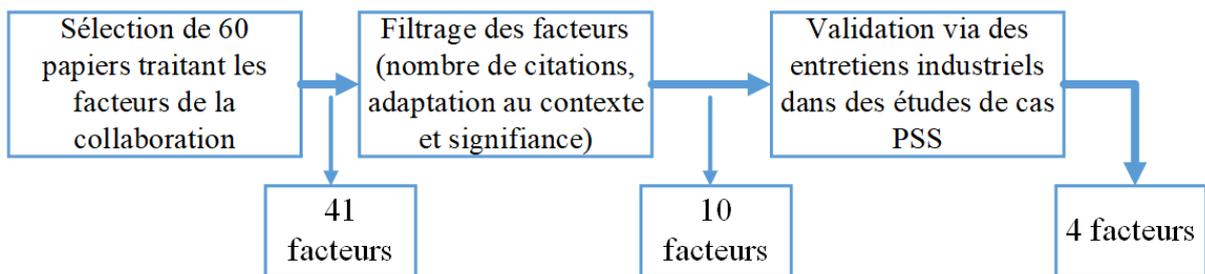


Figure 23. Revue de littérature sur les facteurs de la collaboration

Le tableau servant à évaluer l’importance des facteurs via les études de cas est présenté dans l’annexe IV. Ce sont ces trois études de cas que nous introduisons dans la section suivante, où nous détaillons l’analyse des entretiens qualitatifs avec les industriels.

III.3.2. Présentation des études de cas industriels

Dans cette section, nous commençons par présenter de manière générale les trois études de cas. Suite à cela, nous analysons les entretiens qualitatifs en détaillant les cas un par un. A l’issue de cela nous effectuons une analyse croisée et une comparaison entre les trois cas d’étude. Cette

démarche qui se base sur l'étude de terrain est conduite pour quatre principales raisons, qui sont les suivantes :

1. Valider la liste des facteurs et sélectionner ceux qui sont les plus importants à introduire dans le modèle d'évaluation, comme a été mentionné dans la section précédente (III.3.1).
2. Valider la liste des KPIs qui sera présentée dans la section III.3.5, ainsi que la construction de certaines règles d'inférence (Chapitre 4, section IV.5).
3. Faire une veille des pratiques industrielles en ce qui concerne l'atmosphère et les défis collaboratifs dans des projets de développement PSS, et ce par le biais d'entretiens qualitatifs semi-structurés, qui sont présentés dans la section suivante.
4. Simuler le modèle d'évaluation avec les données d'entrée provenant de ces études de cas afin de vérifier sa correcte exécution. Cette simulation se fera à la fin du Chapitre 4.

Le tableau suivant décrit les trois études de cas (*Tableau 3*), dans lesquelles cinq entretiens ont été effectués en total.

Tableau 3. Description des études de cas

Cas	Nom du PSS	Type du PSS	Entretien avec	Secteur d'activité	Principale activité	Validation du modèle conceptuel	Données pour la simulation du modèle
Cas A	Chaussure connectée	Orienté Produit	OEM	Chaussure et cuir	Fabriqueur de chaussures	X	
			Partenaire consultant	Electronique	Assistant IoT		
Cas B	Robot de perçage	Orienté Usage	OEM	Bâtiments et travaux publiques	Travaux publiques		X
			Fournisseur	Robotique	Fournisseur robotique	X	
Cas C	Robot de chirurgie	Orienté Produit	Fournisseur	Robotique	Fournisseur robotique	X	X

Le cas A concerne le projet de développement de chaussures connectées, permettant la détection des chutes. Comme ce service est intégré dans le produit, qui est la chaussure, il s'agit d'un PSS orienté produit.

Le cas B concerne le développement d'un robot qui effectue des activités de perçage dans les chantiers de construction. Ce robot est loué aux sites de construction en fonction de leurs besoins de perçage. Il s'agit donc d'un PSS orienté usage.

Le cas C concerne le projet de développement d'un robot mobile supportant les activités de chirurgie et d'imagerie dans un bloc opératoire. Ce robot est vendu par l'OEM avec des services d'assistance et de maintenance, il est donc considéré comme un PSS orienté produit.

Nous détaillons dans la section suivante les résultats des entretiens qualitatifs des cas un par un. Le guide des entretiens est présenté en Annexe III. Par ailleurs, le profil des interviewés est présenté en Annexe V.

III.3.3. Etude qualitative : analyse des entretiens

III.3.3.1. Cas A

Le cas A concerne le projet de développement d'une chaussure connectée, ayant la capacité de détecter les chutes et d'alerter les services de secours. L'idée est que lorsque la chaussure détecte quand une personne fait une chute (un opérateur dans le cas d'une industrie, ou une personne âgée dans le cas des particuliers), un message d'alerte est envoyé aux secours ou aux proches de la personne, selon le cas.

Comme expliqué par les interviewés, le coût unitaire de la chaussure est relativement élevé par rapport à sa durée de vie qui est de 12 à 18 mois. Afin d'amortir ce coût, le business model PSS a été adopté sous forme d'un abonnement périodique pour le service intégré dans la chaussure.

1) Partage de connaissances et interopérabilité dans le cas A

Dans ce projet, une quantité élevée d'informations a été échangée entre les différents partenaires. Les interviewés ont en effet souligné une grande intensité dans le partage d'informations comparé à un projet de développement de produit classique, tenant aussi compte du nombre élevé de partenaires. En outre, la relation entre les différentes parties prenantes n'a pas été seulement transactionnelle mais plutôt collaborative.

Le processus de partage de connaissances a nécessité aux acteurs du projet de construire un vocabulaire commun avec des adaptations sémantiques, et ce dans le but d'éviter les malentendus et d'assurer une bonne interopérabilité, comme l'a mentionné l'OEM :

« A la base nous sommes une société de fabrication de chaussures, donc l'électronique n'est pas notre savoir-faire. Il a fallu [...] qu'on apprenne à utiliser ce vocabulaire [de l'électronique], ses contraintes pour les intégrer dans notre savoir-faire propre ».

En outre, comme il s'agit d'une solution innovante, une nouvelle connaissance devait être créée, où les acteurs du projet ont dû aller au-delà de leurs efforts de compréhension, et utiliser la connaissance apprise, pour en créer une nouvelle :

« La technologie en tant que telle n'est pas révolutionnaire, après pour pouvoir intégrer cette technologie-là pour la chaussure, il a fallu qu'on invente des savoir-faire que personne n'a, [...] ça nous a amené à déposer des brevets sur la chaussure pour pouvoir intégrer ces fonctionnalités supplémentaires »

De là, nous distinguons la présence des trois niveaux de partage de connaissance définis par Carlile (2004) : transfert, traduction et transformation, ce qui démontre une très forte intensité dans le partage de connaissances entre les parties dans ce projet.

2) Déroulement du projet

Ce projet de développement est passé par deux phases :

(i) Phase I

Dans la première étape, l'OEM a réalisé un contrat avec une start-up, ElecA, qui est dans le domaine de l'électronique. Les deux partenaires ont travaillé ensemble sur la conception d'un prototype pour l'intégration des cartes électroniques dans la chaussure.

Plusieurs contraintes devaient être considérées dues à l'interaction entre différents domaines. A titre d'exemple, des efforts élevés ont été nécessaires pour intégrer les équipements électroniques dans la chaussure, comme l'a souligné l'interviewé :

« Il fallait bien une coordination entre les électroniciens pour relever les contraintes de l'électronique, on peut miniaturiser pour gagner de l'espace mais à un moment donné on est limité. Et la contrainte mécanique, pour la chaussure de sécurité ils mettent par exemple des lamelles de métal pour éviter la perforation, donc effectivement il faut prendre en compte ces contraintes là et que tout le monde se parle »

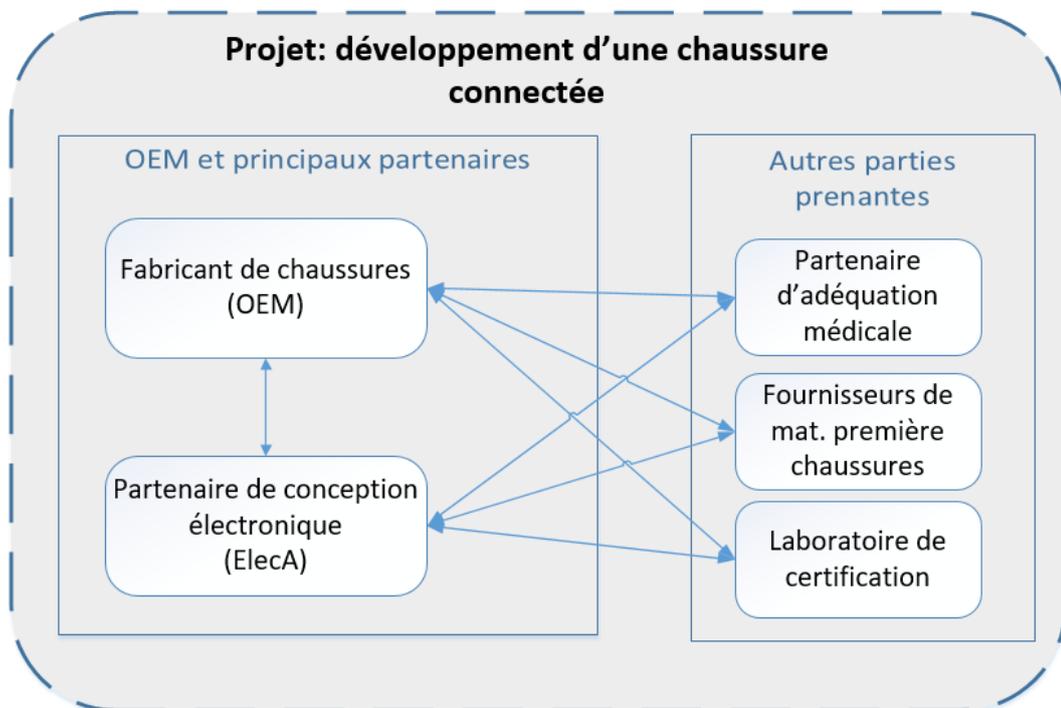


Figure 24. Configuration des parties prenantes dans le cas A - Phase I

D'autres partenaires ont aussi participé au projet, et il était également nécessaire pour eux de s'adapter aux contraintes techniques. C'est le cas des fournisseurs de matières premières de la chaussure, qui ont ajusté leurs ventes aux besoins spécifiques du projet. C'est aussi le cas du laboratoire de certification, dont le savoir-faire était de choisir et de valider la réalisation

technique. Sachant que le concept n'a jamais été certifié auparavant, ils ont dû faire beaucoup d'analyse et d'interprétations afin de valider la certification.

Le caractère innovant de ce PSS a mené les acteurs du projet à établir plusieurs itérations de tests et d'apprentissages, ce qui a été assez compliqué comme processus. Comme mentionné par l'interviewé, ce processus a négativement impacté sur la confiance envers les compétences du partenaire ElecA. Par ailleurs, certaines décisions techniques devaient être prises dans les premières phases du projet, mais comme l'OEM n'était pas suffisamment qualifié pour juger les propositions de ElecA, ce dernier considérait ses propres contraintes dans le développement du prototype, ce qui n'était pas optimal pour le projet. Ici, l'interviewé mentionne une relation « non équilibrée ».

Mais après que l'OEM ait gagné en compétences techniques en électronique et IoT, des possibilités d'amélioration du design ont été identifiées et les décisions prises concernant la conception ont été reconsidérées et rediscutées. Cependant, ElecA n'a pas pu adapter sa conception aux propositions de l'OEM. N'ayant pas trouvé un accord commun sur un design optimal, et vu le manque de coopération de la part de ElecA, l'OEM a donc opté pour un changement de partenaire.

(ii) Phase II

La seconde phase est caractérisée par l'interruption du partenariat avec ElecA et de l'intégration d'autres partenaires, alors que le design du PSS n'était pas encore abouti.

Parmi les nouveaux partenaires impliqués, il y a d'abord un fournisseur d'une plateforme logiciel de gestion des données (SoftSup). Ce n'est qu'à cette deuxième phase que ce partenaire a été intégré au projet, après que les spécifications aient été mieux définies. Le rôle de SoftSup est de développer une plateforme basée sur un nuage électronique (cloud), permettant à l'OEM de recevoir les messages envoyés par la chaussure dans les cas d'accidents, pour qu'ils puissent les transférer aux parties impliquées dans le secours de la personne concernée. Ce partenaire a été choisi de par sa proximité avec l'OEM.

Par ailleurs, une entreprise d'assistance IoT (Internet of Things, objets connectés) (IoTassist) a aussi été impliquée en tant que tiers de confiance. Le rôle d'IoTassist était d'aider l'OEM à mieux établir les spécifications et à faire des choix techniques. Comme l'a mentionné l'OEM dans l'interview, IoTassist les a aidés à prendre des décisions plus optimales par rapport au design du PSS, et à gérer la phase d'industrialisation. Par ailleurs, le rôle d'IoTassist était aussi de trouver un partenaire électronique adéquat pour remplacer ElecA et pour poursuivre la conception ainsi que la phase de fabrication.

Avec l'aide de IoTassist, un nouveau partenaire en conception et fabrication électronique (ElecB) a été identifié, ce dernier était un partenaire très proche de l'OEM avec qui il avait déjà travaillé. Ce partenaire-là s'est aussi démarqué par ses compétences en gestion de projet.

Enfin, un ingénieur en mécanique qui était aussi qualifié en électronique a rejoint le projet afin d'assurer la bonne intégration entre les composants mécaniques et électroniques du PSS, travaillant en relation proche avec les principaux acteurs du projet.

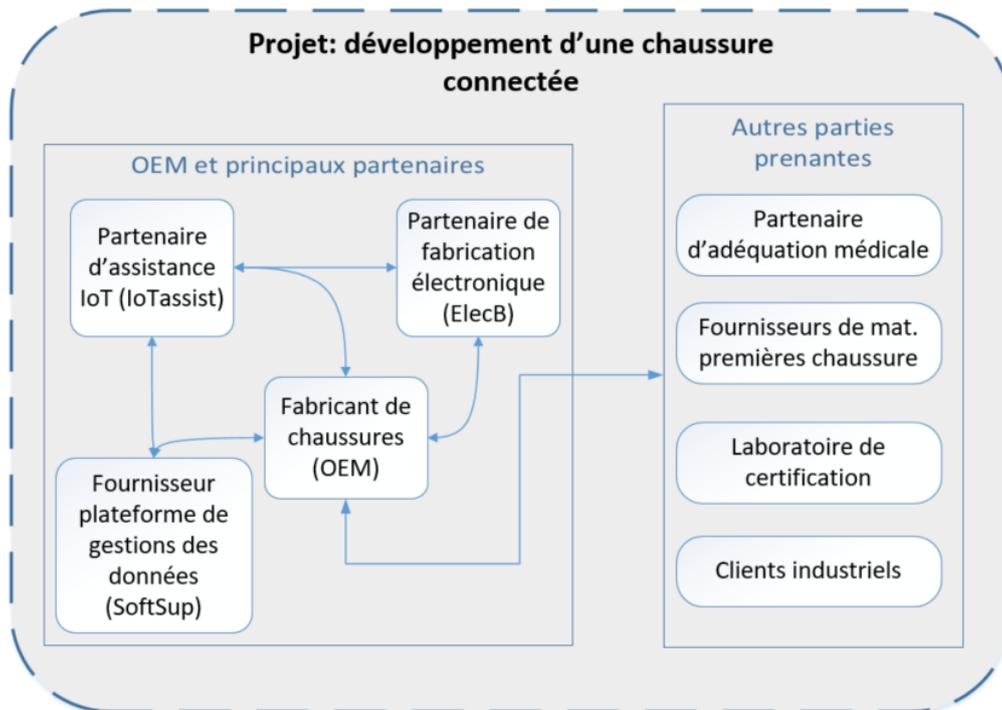


Figure 25. Configuration des parties prenantes dans le cas A - Phase II

Avec cette nouvelle configuration des acteurs, la coordination du projet était meilleure, avec une collaboration basée sur la confiance, ce qui a résulté au succès du projet. De plus, grâce aux rôles joués par IoTassist et l'ingénieur recruté, les malentendus lors du partage de connaissances ont été évités, avec la planification de revues de projet régulières.

Une autre caractéristique de ce projet est que les acteurs des phases de fabrication, de récupération et de recyclage ont dû être intégrés dans la phase de conception :

« La chaussure et ses composants électroniques sont récupérés dès leur fin de vie du système. Ça a été prévu dès le départ ».

III.3.3.2. Cas B

Le cas B concerne le projet de développement d'un robot qui assure les activités de perçage dans les chantiers. Ce robot est loué aux chantiers selon leurs besoins de perçage. C'est donc un PSS Orienté Usage.

La valeur ajoutée de ce robot est la réduction des travaux pénibles dans les chantiers, du fait qu'il assure une certaine qualité et répétabilité de perçage. L'OEM de ce projet PSS est une entreprise spécialisée dans les bâtiments et travaux publics.

L'idée de base était de combiner un robot avec un chariot automatique pour en développer un robot mobile de perçage. Pour cela, RobSup a été impliquée, une entreprise qui avait déjà un

brevet au sujet des robots mobiles. L'OEM a exigé pour RobSup de développer une solution personnalisée pour eux, ce qui implique des travaux de Recherche et de Développement.

Une autre entreprise ayant pris part au projet est AutomSub, étant une filiale de l'OEM spécialisée dans les services d'automatisation afin de mettre en place les opérations du robot mobile.

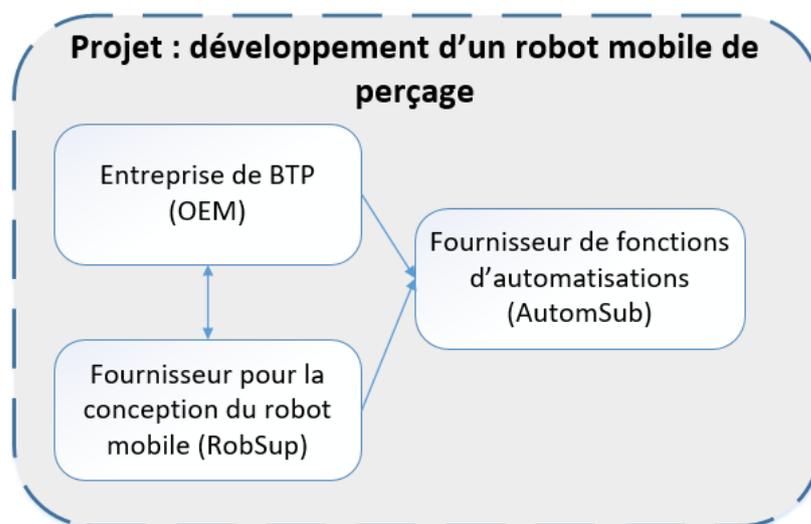


Figure 26. Configuration des parties prenantes dans le cas B

Les différentes parties prenantes ont été impliquées dès le début du projet, et ont conjointement participé à la conception du robot. Selon les interviewés, le projet a requis des niveaux plus élevés de coopération en comparaison avec des projets classiques. A titre d'exemple, un défi qui a été mentionné par un des interviewés était la nécessité de transférer les connaissances techniques de RobSup vers l'OEM lors de la fin de la conception, ce qui a requis des formations, des échanges, des supports techniques et un niveau élevé de relationnel :

« L'un des défis était de transférer nos savoir-faire et connaissances nécessaires à l'exploitation du produit par [l'OEM], de manière à ce qu'ils soient indépendants [...] Ce transfert de connaissances tenait beaucoup sur des aspects relationnels au sein de l'équipe. »

Malgré la bonne atmosphère de collaboration mentionnée par les interviewés, certains problèmes par rapport à l'adéquation des standards ont été soulignés. Le principal problème était que les standards de RobSup n'étaient pas en accord avec les spécifications de base de l'OEM. Par exemple, l'OEM a spécifié que la garde au sol du robot devait être assez élevée pour que le robot puisse opérer en terrain varié. Cependant, RobSup a requis une hauteur minimale de la garde au sol de manière à assurer la sécurité des opérateurs, pour que leurs pieds ne puissent pas passer sous la carrosserie. Cette réticence de la part de RobSub à dévier de leurs propres standards afin de répondre aux spécifications de l'OEM a été une barrière importante pour cette collaboration, comme le mentionne l'OEM interviewé :

« Au niveau de la capacité à faire évoluer un produit standard vers un produit non-standard adapté pour nous, il y avait beaucoup de réticence finalement au sein de [RobSup], et ça s'est plutôt amplifié au fil du projet, mais la relation n'était pas si mal que ça ».

Par ailleurs, un calendrier strict avec des pénalités de retard imposées par l'OEM a limité les possibilités de RobSup. L'OEM a quand-même fini par accepter cette contrainte.

Lorsque le prototype final a été développé et testé sur différents chantiers, le robot n'a pas fonctionné sur certains terrains. L'OEM envisage actuellement de préparer un nouveau projet avec un nouveau concepteur de robot qui pourrait surmonter ce problème :

« Ça s'est avéré être une catastrophe parce qu'avec une garde au sol de quelques centimètres, dès qu'il y a un petit dénivelé sur nos terrains, même ponctuel, la carrosserie touche, le robot est en appui et ne peut plus rouler. Or c'était une fausse raison, on n'a pas les mêmes normes en BTP que dans un entrepôt automatisé ».

Dans ce futur projet, l'OEM envisage de considérer la maintenance dès les premières phases de conception :

« La maintenance fait partie de la prestation, une remise en état avant chaque location. Nous avons fait un premier prototype donc il n'y avait pas une forte implication dès le départ, on était plutôt dans la validation des principes, on était très en amont. Mais dans le suivant oui, la maintenance est prévue dans la conception ».

III.3.3.3. Cas C

Enfin, le cas C concerne le projet de développement d'un robot mobile supportant les activités de chirurgie et d'imagerie dans un bloc opératoire. Ce robot est vendu par l'OEM avec des services d'assistance et de maintenance, c'est donc considéré comme un PSS Orienté Produit.

(iii) Phase I

L'OEM est un fabricant de matériel d'imagerie médicale. Dans la première phase du projet, l'objectif principal était de réaliser un démonstrateur du robot mobile destiné à être intégré dans un bloc opératoire, permettant d'avoir dans une même salle des activités de radiographie et des activités de chirurgie. Ce projet a été mis en place en partenariat avec RobSupC qui est spécialisée dans la technologie AGV (Automatic Guided Vehicles), et qui avait pour rôle de sous-traiter la réalisation du démonstrateur.

Le projet a été entamé par la réalisation d'un brevet par les deux entreprises, afin de protéger le concept d'utilisation du robot mobile dans l'imagerie médicale en chirurgie. Ainsi, le démonstrateur réalisé fut testé par sept chirurgiens à travers le monde tenant compte de certaines mesures. Cette phase de test a permis d'identifier des caractéristiques de ce démonstrateur, parmi lesquelles quatre verrous ont été identifiés : le robot n'est pas assez précis, pas assez répétable, les composants ne sont pas adaptés à l'utilisation médicale, et les interfaces de commande ne sont pas adaptées. Afin de lever ces 4 verrous, un projet collaboratif a été mis en place.

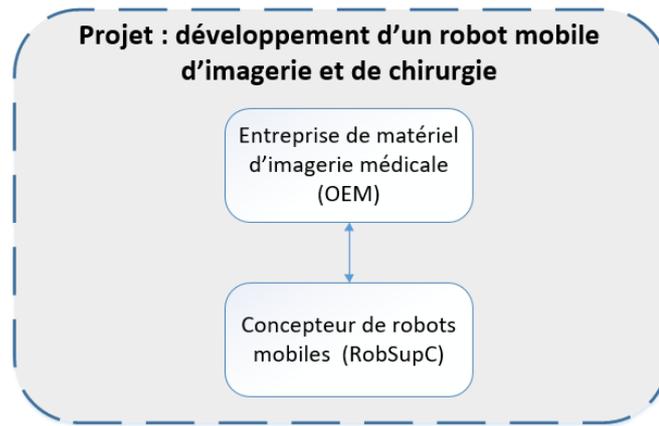


Figure 27. Configuration des parties prenantes dans le cas C – Phase I

(iv) Phase II

Dans cette phase caractérisée par le lancement d'un projet collaboratif multi-partenaires, d'autres acteurs ont été impliqués. Parmi eux un industriel, SwitchSup, spécialisé dans les interrupteurs électromécaniques, qui a pour rôle l'étude ergonomique et l'interface homme-machine.

Des laboratoires de recherche ont également été impliqués. Parmi eux RobLab1, afin d'assurer la modélisation robotique et l'optimisation de la structure mécanique. Le fait que RobSubC ait déjà travaillé avec ce partenaire-là a favorisé son choix, même si jusque-là RobSupC ne savait pas que RobLab1 avait ces compétences en robotique, vu que leur collaboration antérieure s'est faite dans un autre domaine.

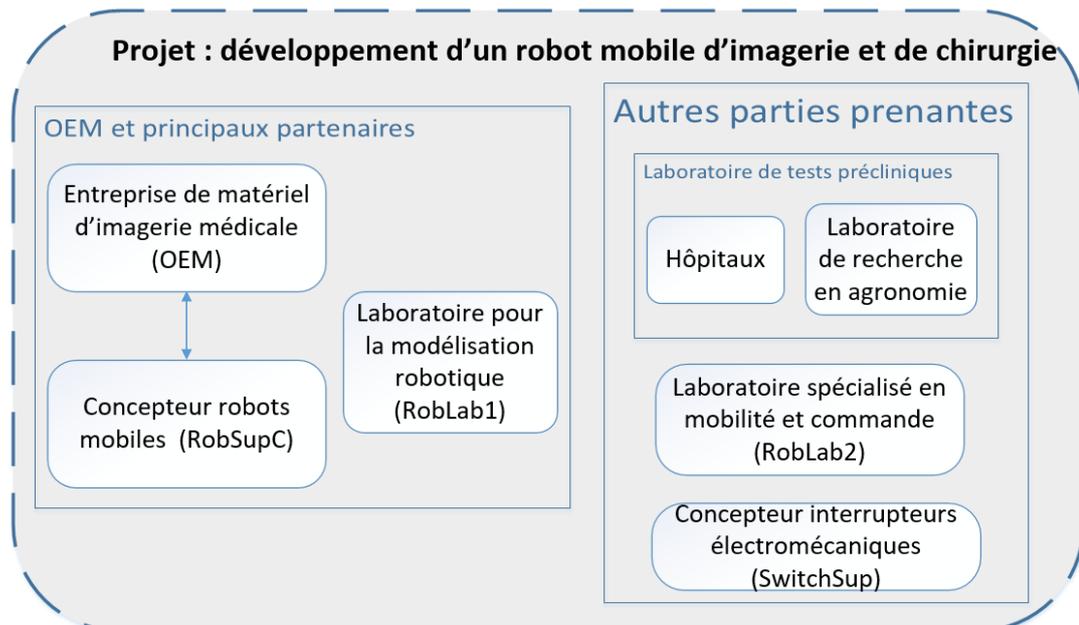


Figure 28. Configuration des parties prenantes dans le cas C – Phase II

Un deuxième laboratoire de recherche introduit est RobLab2, qui est spécialisé dans les systèmes interactifs, robotiques et les capteurs. Son rôle dans le projet était de définir les lois

de mobilité et modèles sur la boîte de commande. RobLab2 est un partenaire historique de RobSubC depuis 15 ans, ce qui a conduit à sa sélection.

Enfin, d'autres partenaires, considérés comme End-users, avaient pour rôle de faire les tests précliniques, parmi eux des hôpitaux et un laboratoire de recherche en agronomie.

Hormis l'historique de collaborations antérieures qui est apparu comme élément crucial dans la sélection de ces partenaires, un autre élément jugé important par l'interviewé est la proximité géographique :

« Est-ce qu'on peut développer avec des gens [localisés dans d'autres pays lointains] ? Oui et non. Car après 15 ans de développement collaboratif, la proximité géographique est un élément qui me semble important, même si ce n'est pas déterminant »

En termes de responsabilité et de degré de participation au projet, RobLab1 a pris le dessus sur RobLab2, car les résultats de ce dernier n'étaient pas exploitables dans le cadre du projet, pour des raisons liées à la technologie qui n'était pas compatible avec un bloc opératoire. Pour la partie industrielle qui concerne les fournisseurs de la technologie, RobSupC était l'intégrateur complet de la solution, et donc a eu plus de responsabilités que SwitchSup. Concernant les end-users, ils étaient des partenaires secondaires, vu que leur rôle était seulement de tester cliniquement la machine. Même si tous ces acteurs ont été impliqués au même moment lors de cette phase II du projet, il y a eu des différences de répartition du budget R&D pour chaque acteur, où l'OEM avait la plus grande répartition, suivi par RobSupC, puis RobLab2.

En termes d'interopérabilité, il a fallu pour tous les acteurs s'adapter aux contraintes liées aux spécifications, à la conception et à l'industrialisation d'un dispositif médical, comme les contraintes de calcul de structures en résistance des matériaux, ainsi que le choix des standards électriques adaptés à ce secteur. De ce fait, c'est l'OEM qui a mis en place les processus que les autres partenaires devaient suivre, vu qu'ils avaient connaissance du domaine médical.

Quant à la relation de collaboration entre les principaux partenaires du projet, elle est dite « excellente » selon l'interviewé, et une bonne ambiance de travail régnait. Cela était due au fait qu'ils se connaissaient tous, vu l'historique de leurs collaborations, et par conséquent ils se faisaient confiance, même si la relation était un peu plus distante avec les end-users, du fait qu'ils ne soient arrivés qu'à la fin du projet. Par ailleurs, l'OEM avait toutes les ressources nécessaires pour traiter les problèmes techniques pendant la conception, ce qui a permis de respecter le calendrier.

(v) Phase III

La phase III est caractérisée par la fin du projet de développement et la mise en vente du PSS par l'OEM. Durant cette phase d'utilisation, l'OEM est chargé de la fabrication de la plus grande partie des composants, à savoir la table d'opérations pour la chirurgie, le système de prise d'images à rayons x, ainsi que le logiciel de traitement d'images. Quant à RobSupC, il est fournisseur de la partie mobile du système de prise d'images à rayons x. Par ailleurs, la partie

service, qui comporte des services d'assistance et de maintenance, est assurée par l'OEM en 1^{er} front, interagissant directement avec les utilisateurs, et RobSupC en 2^{ème} front, si les problèmes ne sont pas résolus et demandent une intervention spécifique.

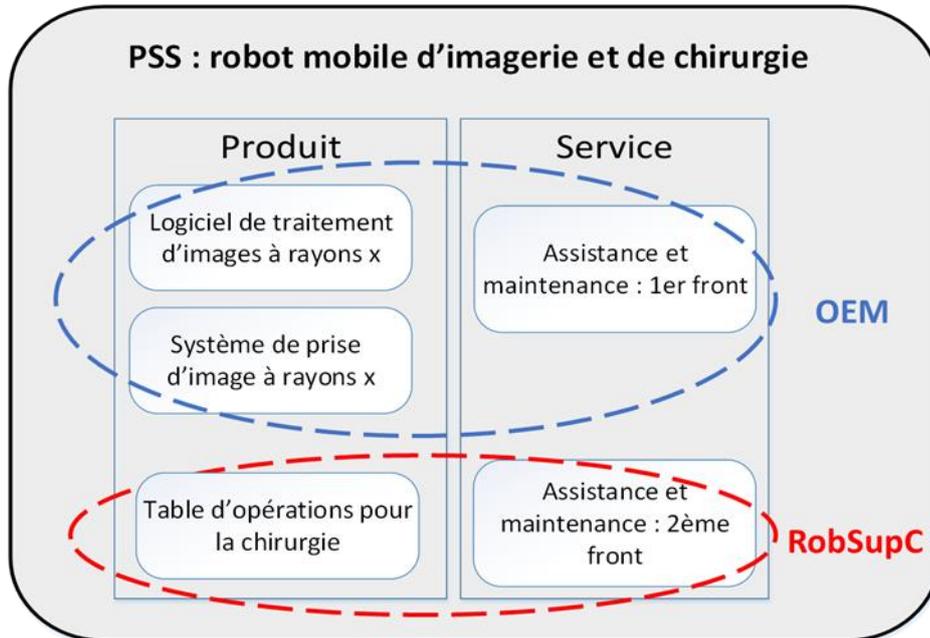


Figure 29. Configuration des parties prenantes dans le cas C – Phase III

Aussi, l'interviewé a souligné que ces services-là (assistance, maintenance), ainsi que plusieurs processus liés à la phase opérationnelle, tels que la livraison à tous les niveaux et le démantèlement de la machine tenant compte des contraintes de recyclabilité et de coûts, ont été pris en compte dès la phase initiale de conception.

III.3.4. Analyse croisée et discussion de l'analyse qualitative

Les résultats de l'analyse qualitative des trois études de cas sont résumés dans le *Tableau 4* sous forme de comparaison entre eux. Afin de structurer ces résultats, nous les avons regroupés selon trois principaux thèmes : *la confiance et l'atmosphère de collaboration*, *les défis d'interopérabilité et de coordination*, et *la considération du cycle de vie*.

Tableau 4. Résultats de l'analyse qualitative (analyse croisée)

Cas d'étude	A	B	C
Les caractéristiques du PSS	<ul style="list-style-type: none"> • Chaussure connectée qui détecte les chutes et envoie des alertes • PSS orienté produit 	<ul style="list-style-type: none"> • Robot de perçage loué aux chantiers • PSS orienté usage 	<ul style="list-style-type: none"> • Robot de chirurgie et d'imagerie avec services d'assistance • PSS orienté produit
La confiance et l'atmosphère de collaboration	<ul style="list-style-type: none"> • Relation déséquilibrée, où ElecA ne pouvait pas considérer les besoins spécifiques en conception de l'OEM 	<ul style="list-style-type: none"> • Une bonne atmosphère de collaboration dans l'ensemble • Diminution de la confiance en raison 	<ul style="list-style-type: none"> • Les principaux partenaires ont été choisis en fonction de l'historique de leur collaboration et

<p>La confiance et l'atmosphère de collaboration (suite)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incapacité d'ElecA à adapter sa conception aux propositions de l'OEM • Diminution de la confiance de l'OEM dans les compétences d'ElecA au cours du processus de conception. • Identification de nouveaux partenaires sur la base de l'historique de collaboration et de la proximité. • Meilleure coordination dans la deuxième phase après le changement de partenaires 	<p>de la réticence de RobSup à répondre aux spécifications de l'OEM.</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'OEM envisage de lancer un nouveau projet avec un autre partenaire. 	<p>de leurs compétences</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un bon niveau de confiance, car les parties prenantes se connaissent déjà.
<p>Des défis d'interopérabilité et de coordination</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Partage des connaissances plus important que pour un projet de développement de produit classique, tenant compte aussi du nombre élevé de parties prenantes. • Nécessité de construire un vocabulaire commun entre les partenaires issus de différents domaines. • Nécessité de créer une nouvelle connaissance, sachant l'aspect innovant du PSS développé. • Nécessité de considérer les contraintes techniques des domaines électronique et mécanique. • Recrutement d'un ingénieur en double compétence (mécanique et électronique) pour assurer l'intégration. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le processus de transfert de connaissances a nécessité beaucoup de formations, d'échanges, de supports techniques et de création de liens relationnels • L'inadéquation des normes a compromis la conformité aux spécifications de l'OEM. • Un calendrier strict avec des pénalités de retard imposées par l'OEM a limité les possibilités de RobSup. • La réticence de RobSup à s'adapter aux spécifications de l'OEM a été un obstacle à la réussite du projet de développement. 	<ul style="list-style-type: none"> • La plupart des acteurs ont dû s'adapter à de nombreuses contraintes, nouvelles pour eux, liées au secteur médical. • Les processus ont été mis en place par l'OEM et les autres partenaires ont dû s'y adapter. • L'OEM avait toutes les ressources nécessaires pour traiter les problèmes techniques pendant la conception, ce qui a permis de respecter le calendrier.
<p>La considération du cycle de vie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Les processus de fabrication et de récupération ont été pris en compte dès la phase de conception. 	<ul style="list-style-type: none"> • La considération de la maintenance envisagée pendant la phase de conception dans le futur projet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les services de maintenance et d'assistance, ainsi que les processus de livraison et de désassemblage ont été pris en compte dès la phase initiale de conception.

Comme mentionné précédemment, les cas A et C sont des PSS orientés produit, tandis que le cas B est un PSS orienté usage. Les premiers aspects de discussion sont *la confiance et l'atmosphère de collaboration*. Une similitude est observée dans les cas A et B : le fournisseur de conception ne pouvait pas s'adapter aux besoins de conception de l'OEM, ce qui a eu un impact négatif sur la confiance et a été l'une des causes de l'échec de leur collaboration. De plus, dans les cas A et B, l'une des raisons du succès de la collaboration est que les partenaires ont été choisis en fonction de leur historique de collaboration et de leur proximité. En ce qui concerne *les défis d'interopérabilité et de coordination*, les cas A et B ont d'abord souligné l'intensité plus élevée du partage des connaissances par rapport aux projets classiques de développement de produits. La diversité des domaines est également mentionnée, nécessitant des efforts plus importants d'intégration des contraintes de chaque domaine (par exemple, électronique et médical). Enfin, ces trois études de cas ont confirmé la nécessité de *considérer le cycle de vie du PSS* dans la phase initiale de conception. Par conséquent, différents processus sont considérés comme la fabrication et la récupération (cas A), la maintenance (cas A et B), l'assistance, la livraison et le démontage (cas C).

En définitive, ces trois études de cas exploratoires affirment d'un point de vue général, non seulement la nécessité accrue de collaborer dans des projets de développement PSS (Da Costa Fernandes et al. 2019; Resta et al. 2017), mais démontrent aussi certaines caractéristiques de ces projets qui rendent la collaboration plus complexe, à savoir : la diversité des domaines (Wallin et al. 2015), la nécessité d'adaptation plus élevée par rapport aux processus des partenaires (Bastl et al. 2012), la fréquence et l'intensité des interactions entre les partenaires (Zhang et al. 2017; Baines and Shi 2015) et la nécessité de la considération totale du cycle de vie en amont de la conception (Wallin et al. 2015; Baines and Shi 2015). Afin de contextualiser notre Framework par rapport au développement des PSS, ces caractéristiques serviront entre autres de base pour la définition des KPIs (section 4.1.2).

Par ailleurs, en relation avec les facteurs identifiés dans la section 2.3.1, nous retrouvons *la confiance* qui apparaît comme facteur important dans le succès des projets de développement, se traduisant par le choix de partenaires historiques et de proximité. *La coordination* ressort aussi comme facteur clé, notamment dans la nécessité d'augmenter l'interopérabilité et de s'adapter aux processus et aux standards des partenaires, de considérer toutes les contraintes techniques venant des autres domaines, ainsi que de prévoir les opérations du cycle de vie (ex. maintenance, livraison) dès les premières phases de conception. Par ailleurs, nous retrouvons aussi le facteur *engagement*, notamment dans le cas A et B où le manque de volonté des fournisseurs à s'aligner aux exigences de l'OEM a été déterminant dans le succès des projets. Enfin, *la qualité de la communication* resurgit également comme facteur capital, vu l'intensité des échanges d'informations constatée, ainsi que dans l'effort d'adapter le vocabulaire technique entre les partenaires.

Dans la suite de ce travail, les cas B et C sont sélectionnés pour opérer à une simulation de notre modèle d'évaluation, et ce, après la mise en place une méthode d'évaluation (Chapitre 4), ainsi que la définition des KPIs afin de mesurer les 4 facteurs sélectionnés.

En effet, l'une des exigences de notre démarche est de mettre en place une évaluation objective de ces facteurs-là. Cependant, si nous prenons l'exemple de la confiance, il est difficile d'évaluer un tel facteur sans qu'il y ait une part de subjectivité. De ce fait, le but est de définir des KPIs à caractère objectif pour chaque facteur, de manière à ce que la subjectivité de l'évaluation soit limitée. Nous présentons dans la section suivante les différents KPIs construits pour chaque facteur.

III.3.5. Définition des KPIs

Dans cette section, nous définissons les KPIs qui feront l'objet de métriques pour les facteurs intermédiaires, et ce à partir d'adaptations de la littérature. En effet, nous explorons ce que les auteurs ont pu proposer comme métriques pour chaque facteur que nous avons sélectionné (Harrat et al. 2021a). Cette définition de KPIs est effectuée à partir de deux perspectives : une perspective générique, et une perspective PSS. Cela nous permet de contextualiser notre Framework au contexte du développement des PSS en tenant compte de ses caractéristiques organisationnelles. Ces KPIs ont aussi été confrontés aux études de cas en vue de leur validation. La fiche de validation des KPIs est présentée en Annexe V.

III.3.5.1. Indicateurs liés à la confiance

Premièrement, pour le facteur « confiance », les KPIs proposés sont : coûts de pré-transaction, coûts de post-transaction, historique des collaborations et protection de l'information.

1) Coûts de transaction

Selon Dyer et Chu (2003), les coûts de transaction (CT) sont étroitement liés à la confiance et la fidélité. Ces auteurs ont défini deux types de CT : « ex ante » et « ex post ». Les TC ex ante sont définis comme des « frais de recherche et de contractualisation ». Ils comprennent les coûts générés par la recherche d'un partenaire adéquat, la négociation et le temps passé jusqu'à la conclusion d'un contrat. Des arguments sont cités par ces auteurs concernant l'impact de ces coûts sur la confiance, comme l'efficacité de la négociation lorsque l'acheteur est plus confiant quant à l'authenticité des informations fournies par le partenaire, et l'inclination à se prémunir contre les comportements opportunistes est réduite (Dyer and Chu 2003), ce qui diminuera les TC ex ante. D'autre part, les CT ex post font référence aux coûts liés au suivi de l'accord et à la vérification du respect des obligations de chaque partie. Dyer et Chu (2003) ont constaté une relation encore plus forte entre la confiance et les CT ex post, par rapport aux CT ex ante. En effet, ils affirment que lorsque la confiance est élevée, les parties passeront moins de temps à surveiller l'exécution de l'accord, voire à blâmer l'autre partie pour les problèmes rencontrés. Ainsi, à partir de cette étude, nous adaptons notre définition des KPI concernant les CT comme suit :

$$\text{Coûts de pré_transaction} = \frac{\text{Temps passé à négocier}}{\text{Temps total de la transaction}} \quad (1)$$

$$\text{Coûts post_transaction} = \frac{\text{Temps passé à contrôler les problèmes post_transaction}}{\text{Temps total de la transaction}} \quad (2)$$

2) Historique des collaborations

L'historique des collaborations est également un indicateur clé de performance important pour la confiance. De nombreux auteurs suggèrent que la confiance prend du temps à se développer dans le cadre de relations commerciales à long terme et après plusieurs transactions (Dyer and Chu 2010; Belkadi et al. 2016). Des relations plus longues font que les partenaires se connaissent mieux et que leur comportement devient plus compréhensible et prévisible (Dyer and Chu 2010). Des relations antérieures étendues caractérisées par des transactions réussies impliquent des relations stables et une volonté de poursuivre la collaboration pour de nouveaux projets (Belkadi et al. 2016). Par conséquent, nous définissons le KPI suivant sur l'historique de la collaboration :

$$\begin{aligned} & \text{Historique de la collaboration} \\ & = \frac{\text{Nombre de collaborations antérieures avec le partenaire concerné}}{\text{Nombre total des projets de développement}} \end{aligned} \quad (3)$$

3) Protection de l'information

Norman (2002) a constaté que la confiance réduit considérablement les supports de protection des connaissances. Elle a expliqué que lorsqu'une entreprise fait confiance à son partenaire, elle sera moins dépendante des mécanismes structurels utilisés pour contrôler le flux d'informations et limiter les connaissances, car elle s'en remettra à la bonne volonté du partenaire qui n'utilisera pas ces connaissances de manière préjudiciable pour elle. D'autre part, une importance excessive accordée à la protection des connaissances affaiblit la confiance et réduit considérablement la collaboration inter-entreprises (Jean et al. 2014). Les métriques utilisées pour la protection des connaissances sont le pourcentage de protection des informations, comme une adaptation de Norman (2002).

$$\% \text{ de protection de l'information} = \frac{\text{Quantité d'informations protégées}}{\text{Quantité d'informations disponibles}} \quad (4)$$

Où l'information fait référence à : des plans de marketing, des informations techniques et des informations stratégiques.

Le *Tableau 5* résume les KPIs adaptés correspondant au facteur confiance. Pour ce facteur, nous remarquons que les références sont issues uniquement d'une perspective générique. Cependant, nous suggérons que les KPIs dans cette perspective peuvent être utilisés dans le contexte des PSS. En effet, Zhang et al. (2017) ont démontré que les facteurs de capital social ont un impact plus élevé sur la performance opérationnelle dans le contexte PSS que dans un cas classique.

Tableau 5. KPIs définis pour le facteur “Confiance”

<i>Facteur</i>	<i>KPIs correspondants</i>	<i>Références dans une perspective générique</i>
La confiance	Coûts pré-transaction	(Dyer and Chu 2003)
	Coûts de post-transaction	(Dyer and Chu 2003)
	Historique des collaborations	(Belkadi et al. 2016)
	% de Protection de l'information : plans marketing, informations stratégiques, informations techniques	(Jean et al. 2014)

III.3.5.2. Indicateurs liés à l'engagement

En ce qui concerne le facteur « engagement », les KPI adaptés de la littérature sont : la participation aux décisions du projet, le respect du planning et la réactivité.

1) La participation aux décisions du projet

Dans une perspective d'engagement, Westphal et al. (2007) ont proposé le degré de participation aux réunions ou aux conférences téléphoniques comme mesure de la performance de la collaboration. La participation fait référence à l'implication active des différentes parties dans la planification, la résolution de problèmes et la prise de décision (Wibisono et al. 2018). Empiriquement, Lee and Kim (1999) ont constaté que la participation était significativement liée à la qualité du partenariat, et positivement associée à la confiance, à la compréhension des affaires et à l'engagement. Par ailleurs, dans un contexte PSS, Ayala et al. (2018) proposent « la participation active des fournisseurs » comme item pour mesurer le soutien des fournisseurs de services, démontrant son impact positif sur les avantages découlant de la dimension « service » d'un PSS. Nous adaptons cet indicateur en prenant en compte la participation du partenaire aux décisions du projet, afin de considérer l'efficacité de la participation, comme suit :

$$\% \text{ de participation aux décisions} = \frac{\text{Nombre de décisions impliquant le partenaire}}{\text{Nombre total de décisions prises}} \quad (5)$$

2) Respect du planning

Une autre métrique dans la perspective de l'engagement présentée par Westphal et al. (2007) concerne les déviations par rapport au planning. Lorsqu'un partenaire place le projet dans ses priorités, il accordera de l'importance au respect des calendriers et des dates de livraison. En particulier, les parties qui échangent des connaissances de qualité et qui s'engagent pleinement dans le projet seront en mesure d'éviter les retards et les reprises (Yan and Dooley 2014). Ainsi, nous adaptons cet indicateur de Westphal et al. (2007) comme suit :

$$\text{Respect du planning} = \frac{\text{Nombre de déviations par rapport à la planification}}{\text{Nombre total d'actions planifiées}} \quad (6)$$

3) Réactivité

Cette métrique a été définie par Cheriti (2011) pour indiquer la réactivité des fournisseurs aux différentes demandes des acheteurs. La réactivité des partenaires aux différentes demandes des autres parties est un des signes de l'engagement et de l'importance accordée au projet correspondant. En conséquence, une relation étroite et solide avec un fournisseur améliorera sa réactivité (Davis-Sramek et al. 2019). Plus particulièrement, le contexte PSS demande à une entreprise d'améliorer la réactivité de ses chaînes d'approvisionnement, et de développer des processus de partage d'informations en temps réel avec les fournisseurs (Johnson and Mena 2008; Zhang et al. 2017). Ainsi, l'indicateur de réactivité est calculé comme suit :

$$\% \text{ de réactivité moyenne} = \frac{\text{Somme des délais des différentes demandes}}{\text{Nombre total de demandes}} \quad (7)$$

Outre la participation et la réactivité, nous proposons aussi dans une perspective PSS l'indicateur « Équilibre des risques ».

4) Équilibre des risques

Bastl et al. (2012) suggèrent que dans les environnements servitisés, il existe des niveaux de risque plus élevés qui devraient être appréhendés avec des contrats plus détaillés. Ce fait est également souligné par Reim et al. (2015), qui ont présenté quelques tactiques de PSS concernant les contrats, et plus spécifiquement le niveau de risque, en fonction des différents types de PSS (PO, UO et RO). Leurs conclusions sont que le niveau de risque est plus élevé dans le cas des PSS par rapport aux produits purs, mais il diffère d'un type de PSS à l'autre, c'est-à-dire plus faible pour les OP, moyen pour les OU et plus élevé pour les OR. Ces risques sont généralement liés aux gains reçus par le fournisseur de PSS, et plus particulièrement aux efforts plus importants attendus pour respecter l'accord dans le cas d'un OP, au comportement défavorable du client dans le cas d'un OU, et à la livraison des résultats dans le cas d'un OR (Reim et al. 2015). Pessôa and Becker (2017) ont souligné que dans le cas des PSS, il est plus difficile de se mettre d'accord sur un ensemble de bons critères de performance qui équilibre le risque entre le fournisseur et l'utilisateur de PSS. Enfin, des preuves statistiques apportées par Zou et al. (2019) affirment que dans le cas des PSS, la complexité des services pousse les deux parties à mieux s'aligner pour obtenir de meilleures performances à travers une définition adéquate du partage des risques dans les contrats. En conséquence, nous introduisons le KPI d'équilibre des risques, défini comme suit :

$$\text{Equilibre des risques} = \frac{\text{Montant du risque engagé par la partie}}{\text{Montant total du risque engagé par toutes les parties}} \quad (8)$$

Nous résumons les KPIs définis pour le facteur d'engagement dans le *Tableau 6*.

Tableau 6. KPIs définis pour le facteur "engagement"

Facteur	KPIs correspondants	Références dans une perspective générique	Références dans une perspective PSS
Engagement	% de participation aux décisions du projet	(Servajeau-Hilst 2018; Wibisono et al. 2018; Westphal et al. 2007)	(Ayala et al. 2017, 2018)
	Respect du planning	(Bidault et al. 1998; Westphal et al. 2007; Pemartín and Rodríguez-Escudero 2020)	
	% de Réactivité	(Davis-Sramek et al. 2019; Cheriti 2011)	(Johnson and Mena 2008)
	Équilibre des risques		(Bastl et al. 2012; Zou et al. 2018)

III.3.5.3. Indicateurs liés à la qualité de la communication

Les indicateurs clés de performance qui sont associés au facteur « qualité de la communication » dans une perspective générique sont : l'efficacité des réunions et l'ouverture des canaux de communication.

1) Efficacité des réunions

Certaines métriques ont été proposées par Wallin et al. (2011) afin de mesurer à la fois la quantité et la qualité des activités de collaboration (par exemple, les réunions). Il n'est en effet pas suffisant de mesurer uniquement la quantité des réunions. Nous devons de ce fait considérer également la qualité des réunions afin d'indiquer si elles impliquent une idée collaborative ou seulement un échange d'informations (Wallin et al. 2011), ce qui nous donnera une idée de leur efficacité. Par conséquent, nous proposons le ratio suivant pour calculer l'efficacité des réunions :

% de l'efficacité des réunions

$$= \frac{\text{Nombre de réunions consacrées à l'idéation ou à la prise de décision}}{\text{Nombre total de réunions}}$$

(9)

2) Ouverture des canaux de communication

La restriction des canaux de communication est un autre moyen de protéger l'information. Des canaux de communication moins restreints sont le signe d'un bon niveau de confiance (Norman 2002), et auront un impact positif sur le partage des connaissances. De manière identique à l'indicateur de protection de l'information, nous mesurons l'ouverture des canaux de communication de la manière suivante :

% d'ouverture des canaux de communication

$$= \frac{\text{Nombre de canaux de communication accessibles}}{\text{Nombre de canaux de communication existants}}$$

(10)

Les indicateurs proposés dans une perspective PSS pour la qualité de la communication sont : la réciprocité dans le partage des connaissances et le pourcentage de collecte de données sur les clients.

3) *Partage d'informations et de connaissances*

Bastl et al. (2012) suggèrent que les environnements servitisés nécessitent des niveaux plus élevés d'intégration de la chaîne d'approvisionnement, ce qui exige un partage d'informations ouvert et bidirectionnel, avec une fréquence plus élevée par rapport aux produits purs. En effet, l'adoption d'un business model PSS exige un échange d'informations plus fréquent entre les membres de la chaîne d'approvisionnement, ce qui nécessite des collaborations plus étroites. Ainsi, nous proposons le KPI « réciprocité du partage des connaissances » défini comme suit :

Réciprocité dans le partage des connaissances

$$= \frac{\text{Quantité de connaissances partagées par une des partie}}{\text{Quantité totale de connaissances partagées par toutes les parties}}$$

(11)

4) *Données sur les interactions avec les clients*

Wallin et al. (2015) ont souligné que la relation avec le client dans les contextes PSS nécessite une plus grande considération, sachant que la quantité d'interactions avec le client augmente dans les environnements orientés service (Reim et al. 2015). L'intensité de la relation avec le client est d'autant plus forte dans les PSS orientés résultats, sachant la nécessité de maintenir un contact continu entre les parties (Reim et al. 2015). La transition vers les PSS, et donc vers la conservation de la propriété par les entreprises, donne des possibilités plus grandes de collecte de données qu'auparavant (Machchhar and Bertoni 2021). Plusieurs auteurs suggèrent d'établir une plateforme de relation client qui permet une collecte fréquente de données sur les besoins des clients (Wallin et al. 2015; Reim et al. 2015; Saccani et al. 2014; Avlonitis et al. 2013). Ainsi, nous proposons une mesure du pourcentage de collection de données sur les besoins des clients par rapport au nombre d'interactions :

$$\text{Collecte de données clients} = \frac{\text{Nombre d'actions de collecte de données}}{\text{Nombre total d'interactions avec les clients}}$$

(12)

Le *Tableau 7* présente une synthèse des KPIs définis pour la qualité de la communication.

Tableau 7. KPIs définis pour le facteur “Qualité de la communication”

Facteur	KPIs correspondants	Références dans une perspective générique	Références dans une perspective PSS
Qualité de la communication	% de l'efficacité des réunions	(Chirumalla et al. 2013)	
	% d'ouverture des canaux de communication	(Norman 2002)	
	% de réciprocité dans le partage des connaissances		(Bastl et al. 2012; Kohtamäki and Partanen 2016; Weigel and Hadwich 2018)
	% de collecte de données par rapport aux interactions-clients		(Wallin et al. 2015)

III.3.5.4. Indicateurs liés à la coordination

D'un point de vue générique, nous proposons « la remontée des problèmes » comme indicateur clé de performance pour la coordination.

1) Remontée des problèmes

La résolution des conflits au niveau de l'équipe du projet est essentielle dans les projets collaboratifs et a un impact positif sur la qualité de la collaboration (Dietrich et al. 2010). Un niveau élevé de volonté de communication aidera les équipes de projet à coordonner et à résoudre les conflits, ce qui contribuera à la réussite du projet (Wu et al. 2017). Ainsi, les conflits sont résolus efficacement au niveau de l'équipe et ne nécessitent pas l'implication de la direction. En tant qu'adaptation de Westphal et al. (2007), nous mesurons le nombre de problèmes qui n'ont pas pu être résolus mais qui nécessitent une escalade vers la direction.

$$\text{Remontée des problèmes} = \frac{\text{Nombre de problèmes nécessitant une remontée à la direction}}{\text{Nombre total de problèmes rencontrés}}$$

(13)

Dans une perspective PSS, nous proposons les KPIs suivants pour la coordination : Pourcentage de considération du cycle de vie, pourcentage d'adaptations mutuelles et pourcentage d'adéquation des normes.

2) Considération du cycle de vie des PSS

Une particularité importante des PSS est la nécessité pour les organisations de considérer l'ensemble de son cycle de vie pendant le processus de développement (Wallin et al. 2015; Baines and Shi 2015), ce qui implique l'implication de différents partenaires de la chaîne d'approvisionnement dès les premières étapes de la conception (Resta et al. 2017; Da Costa Fernandes et al. 2019). Cela concerne en premier lieu la maintenance et les services après-vente, mais aussi le département d'ingénierie et les fonctions marketing (Resta et al. 2017; Lockett et al. 2010). Le KPI introduit mesure le pourcentage de l'implication des fonctions de la chaîne d'approvisionnement dès les premières phases de conception, comme suit :

Considération du cycle de vie

$$= \frac{\text{Nombre de participations des fonctions dans les premières activités de conception}}{\text{Nombre total des premières activités de conception collaborative}} \quad (14)$$

Les fonctions font référence au marketing, à l'ingénierie, la fabrication, la maintenance et au service après-vente.

3) *Interopérabilité et adaptation*

Nous définissons l'interopérabilité comme la capacité des entreprises à interagir entre elles et à surmonter les problèmes d'échange de données (Pirayesh Neghab et al. 2015). La nécessité d'être interopérable est plus élevée dans les contextes PSS, où les liens opérationnels et les interactions entre les systèmes et les processus nécessitent une formalisation et un couplage plus importants par rapport aux produits purs (Bastl et al. 2012). Sacconi et al. (2014) ont suggéré de mettre en œuvre ces liens sous la forme de systèmes d'information intégrés qui permettent l'échange de données, à titre d'exemple, des plannings et des feedbacks sur les interventions. Un autre aspect mis en évidence par les auteurs qui a un impact positif sur l'efficacité de la collaboration est la capacité d'adaptation de chaque partie aux processus et aux besoins du partenaire, qui peut être atteint notamment en créant un processus commun avec les entreprises collaboratrices (Bastl et al. 2012; Windahl and Lakemond 2006). Par adaptation de ces suggestions, les KPIs que nous définissons sont le pourcentage d'adéquation des normes, ainsi que le pourcentage d'adaptation mutuelle :

$$\% \text{ d'adéquation des normes} = \frac{\text{Nombre de normes communes}}{\text{Nombre total de normes utilisées}} \quad (15)$$

$$\% \text{ d'adaptation mutuelle} = \frac{\text{Nombre de processus et de pratiques alignés}}{\text{Nombre total de processus et de pratiques}} \quad (16)$$

Ainsi, nous résumons les KPIs pour la coordination dans le *Tableau 8*.

Tableau 8. KPIs définis pour le facteur "Coordination"

<i>Facteur</i>	<i>KPIs correspondants</i>	<i>Références dans une perspective générique</i>	<i>Références dans une perspective PSS</i>
Coordination	Remontée des problèmes	(Westphal et al. 2007; Wu et al. 2017)	
	Considération du cycle de vie		(Resta et al. 2017; Wallin et al. 2015)
	Adaptations mutuelles		(Bastl et al. 2012; Li et al. 2021)
	Adéquation des standards		(Bastl et al. 2012)

III.4. Synthèse du Framework conceptuel

Après la définition des facteurs et des KPIs, ainsi que leur validation à travers les études de cas, nous obtenons notre Framework conceptuel tel que schématisé dans les deux diagrammes UML suivants. Le diagramme de classe présenté dans la *Figure 30*, montre les différentes variables du modèle (KPI, facteur intermédiaire et sortie), qui sont connectés via des règles métiers. Ces règles métiers prennent en compte des valeurs d'entrée (exemple : valeurs des KPIs) pour définir une valeur de sortie (exemple : valeur d'un facteur intermédiaire). Enfin, la *Figure 31* présente un diagramme UML d'objet qui synthétise la liste des facteurs intermédiaires et KPIs définis dans ce chapitre.

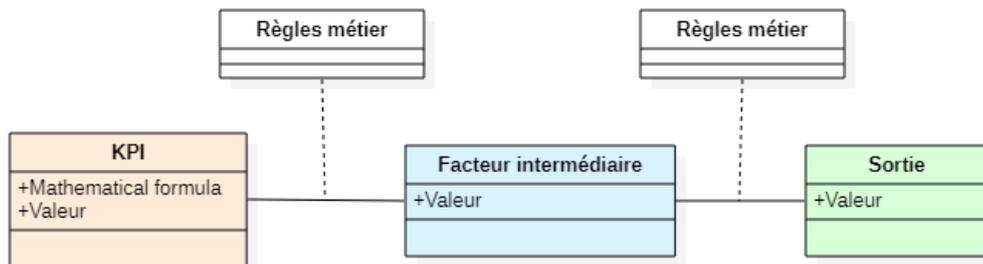


Figure 30. Diagramme de classes UML du modèle conceptuel

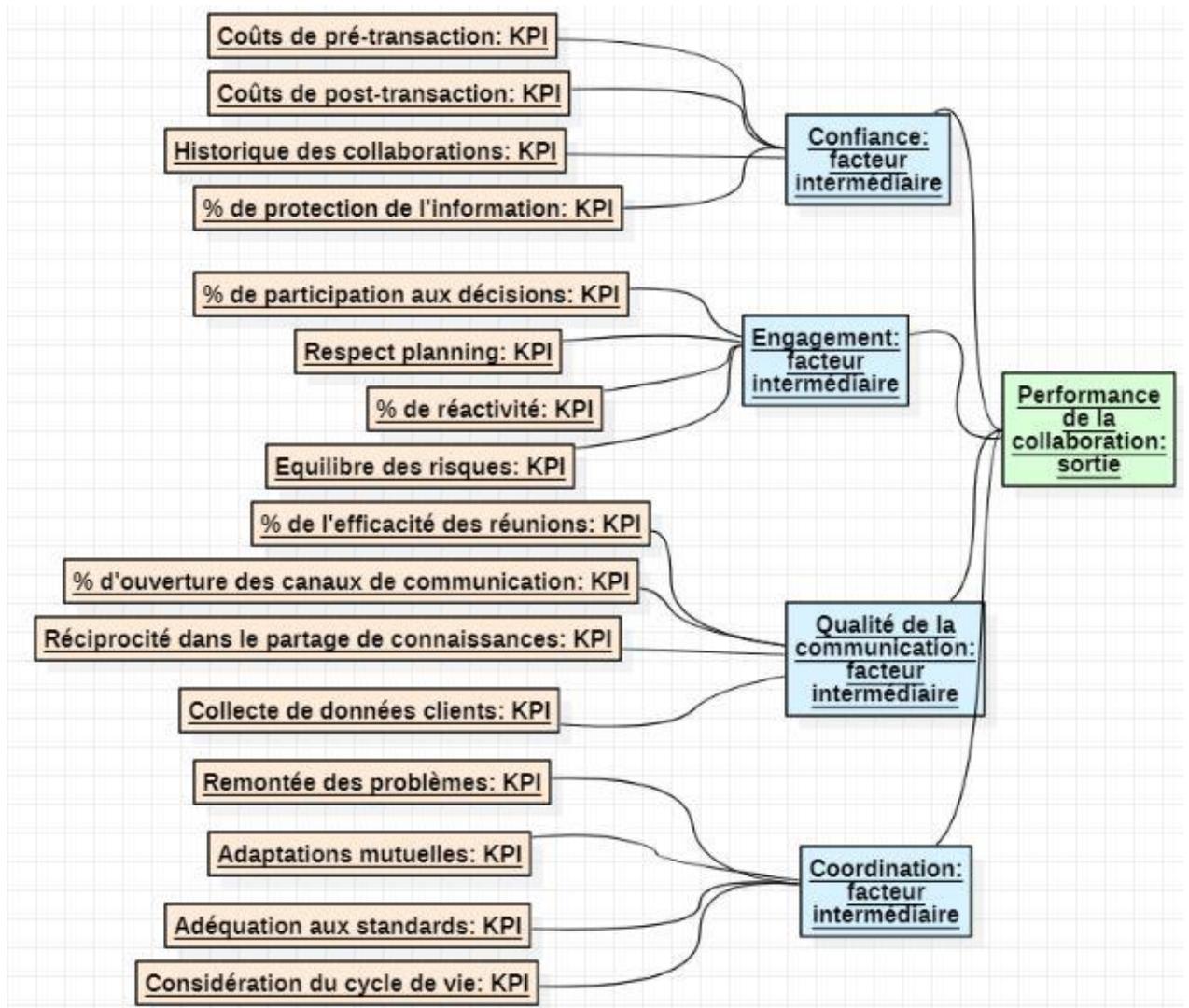


Figure 31. Diagramme d'objets UML du modèle conceptuel

Le prochain chapitre traite les techniques et outils utilisés pour la mise en place de notre modèle d'évaluation de la performance, et ce, après la justification du choix de l'outil.

Chapitre IV. Développement et validation du Framework d'aide à la décision

CHAPITRE IV. DÉVELOPPEMENT ET VALIDATION DU FRAMEWORK D'AIDE À LA DÉCISION	71
<i>IV.1. Introduction.....</i>	<i>73</i>
<i>IV.2. Méthodes et travaux d'évaluation de la performance de la collaboration</i>	<i>73</i>
<i>IV.2.2. Les modèles de maturité</i>	<i>73</i>
<i>IV.2.2.1. Le modèle CMMI</i>	<i>73</i>
<i>IV.2.2.2. Les modèles de grilles de maturité</i>	<i>74</i>
<i>IV.2.3. La méthode AHP (Analyse Hiérarchique des Procédés).....</i>	<i>76</i>
<i>IV.2.4. Techniques de la Logique Floue.....</i>	<i>78</i>
<i>IV.3. Comparaison et choix de la logique floue comme méthode d'évaluation.....</i>	<i>80</i>
<i>IV.4. Application de la méthode : construction des fonctions d'appartenance</i>	<i>82</i>
<i>IV.5. Définition des règles d'inférence</i>	<i>83</i>
<i>IV.5.1. Règles d'inférence à partir des données d'une enquête</i>	<i>84</i>
<i>IV.5.1.1. Utilisation de la fouille de données (data mining).....</i>	<i>84</i>
<i>IV.5.1.2. Collecte et analyse des données de l'enquête</i>	<i>86</i>
<i>IV.5.1.3. Extraction des règles à partir des arbres de décision</i>	<i>89</i>
<i>IV.6. Défuzzification.....</i>	<i>92</i>
<i>IV.7. Simulation du modèle d'évaluation.....</i>	<i>93</i>
<i>IV.8. Analyse des résultats et synthèse.....</i>	<i>95</i>

IV.1. Introduction

Maintenant que le Framework conceptuel est conçu et confronté aux études de cas, il y a nécessité de choisir une méthode de calcul, afin de concevoir un modèle d'évaluation de la performance de la collaboration. Dans un premier temps, nous présentons dans ce chapitre différents modèles et méthodes qui peuvent potentiellement être utilisés dans ce but (section IV.2). Il s'agit des modèles de maturité, de la Procédure Hiérarchique d'Analyse (Analytic Hierarchy Process, AHP), et des techniques de la logique floue. Puis, sur la base d'une comparaison entre ces différentes méthodes, nous justifierons notre choix (section IV.3). Une fois la méthode choisie, la suite de ce chapitre est consacrée à la présentation des étapes de conceptualisation du modèle d'évaluation, à savoir la construction des fonctions d'appartenance (section IV.4), les règles d'inférences (section IV.5), dont la définition est basée entre autres sur la fouille de données à partir d'une étude quantitative. De ce fait, nous détaillons l'échantillon de cette étude, ainsi que la démarche d'extraction des règles d'ingérences. Enfin, nous effectuons une simulation du modèle d'évaluation avec les deux études de cas B et C (section IV.7).

IV.2. Méthodes et travaux d'évaluation de la performance de la collaboration

Il existe dans la littérature diverses méthodes ayant servi dans l'évaluation de collaboration, que ce soit dans les projets de DPN, de développement des PSS ou dans leur phase de livraison, ou encore dans d'autres contextes plus généraux. Dans notre état de l'art sur ces méthodes-là, nous avons sélectionné les méthodes suivantes, que nous détaillons à travers quelques travaux réalisés dans la littérature :

1. Les modèles de maturité
2. La méthode AHP pour les décisions multicritères
3. Les techniques de la logique floue.

IV.2.2. Les modèles de maturité

Parmi les méthodes potentielles à utiliser pour évaluer la collaboration, on retrouve les modèles de maturité. Ces derniers ont pour objectif d'évaluer la maturité de différents processus d'une organisation selon une échelle à différents niveaux, et ce afin de pousser les organisations ayant une maturité du niveau « n » à atteindre le niveau « n+1 », suivant une démarche d'amélioration continue. Parmi ces modèles, nous retrouvons le modèle CMMI et les grilles de maturité.

IV.2.2.1. Le modèle CMMI

Anciennement appelé CMM, c'est le modèle le plus connu et un référentiel international reconnu par la norme ISO 15504. Dans ce modèle, 22 domaines de processus (en anglais

« process area ») sont définis et font l'objet de cette évaluation. Ces domaines de processus sont répartis en quatre catégories : gestion du processus, gestion du projet, ingénierie et support.

Il y a deux manières d'évaluer ces domaines de processus ; en utilisant une représentation continue, ou bien une représentation étagée. La représentation continue permet à l'organisation de cibler les domaines qu'elle compte évaluer en priorité à l'aide des niveaux d'aptitude (de 0 : Incomplet à 3 : Défini), tandis que dans la représentation étagée, les domaines de processus sont triés par ordre de mise en œuvre auquel l'organisation doit se conformer. Dans cette dernière représentation, chaque niveau de maturité correspond à la maîtrise d'un ensemble de processus. De ce fait, atteindre le niveau de maturité 3 requiert la maîtrise des processus représentés dans ce niveau-là, mais aussi ceux définis dans les niveaux 2 et 1, comme le montre la *Figure 32*.

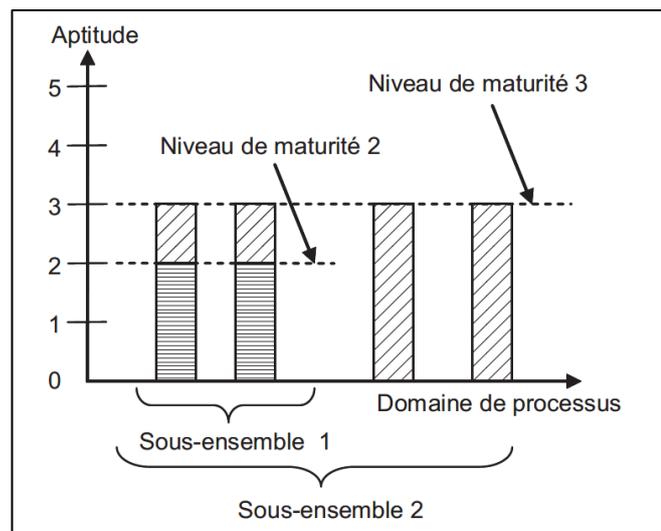


Figure 32. Évaluation des domaines de processus selon une représentation étagée du CMMI (Lamnabhi 2008)

Malgré toutes ses qualités, le modèle CMMI nécessite du temps et de l'effort pour sa mise en place, sachant sa complexité et du fait qu'il présente un cadre plus étendu par rapport aux modèles de grilles de maturité (Boughzala and De Vreede 2015; Fraser et al. 2002).

IV.2.2.2. Les modèles de grilles de maturité

Contrairement au modèle CMMI, les modèles de grille de maturité sont des modèles moins complexes où l'organisation définit les domaines de processus selon l'aspect qu'elle veut évaluer. Deux modes d'évaluation de grilles de maturité ont été identifiés par (Fraser et al. 2002) :

- Soit par définition détaillée des domaines de processus et de leurs pratiques respectives : ainsi chaque niveau de maturité décrit le niveau d'application de ces pratiques-là.
- Soit par définition détaillée des niveaux de maturité sans décrire le domaine de processus correspondant.

La *Figure 33* illustre un exemple de grille de maturité récapitulative (Fraser et al. 2003). Plusieurs travaux d'évaluation de la collaboration ont été réalisés en adoptant ces grilles. Parmi eux nous présentons en bref 8 travaux qui ont suscité notre intérêt :

Fraser et al. (2003) : ont développé une grille de maturité de la collaboration, nommée Collaboration Maturity Grid (CMG) dans le contexte de DPN. CMG est basée sur les domaines suivants : stratégie de la collaboration, processus de développement structuré, conception de système et partitionnement des tâches, sélection de partenaires, lancement du projet, gestion et développement de partenariat.

Key process areas	Maturity Levels			
	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
Collaborative Strategy « Conscious choice between internal or external sources of design and development expertise »	(Not) Invented here !	Occasional adhoc partnering	Established partners	Regular review of competences
Structured development process « A clear and well documented process to deliver new products to market »	No formal NPI process	A process exists but...	Process used and understood	Continuous NPI Improvement
System design & Task Partitioning « Design to enable separate development and facilitate integration of modules »	Interfaces not well defined	Intuitively consider modularity	Formal configuration planning	Conscious simultaneous Design
Partner Selection « Ensuring that partners have adequate capabilities and resources »	Cross fingers and hold breath	Word of mouth	Review of technical capability	Broad assessment capabilities
Getting Started « Resources committed, with a clear communication paths, with regular and open reviews of progress »	But we've already started	Is this a good deal	Agreement in place	All ground rules agreed and communicated
Partnership management « Well defined and effective communication paths, with regular and open reviews of progress »	« I thought you were doing that ! »	Managed but not championed	Collaboration champions	Frequent and open communication
Partnership development « Building a climate of trust and confidence, with the development of a dependable relationship »	« I'll be glad when this project's over »	Better the devil you know...	Good working relationship	Ongoing mutually beneficial

Figure 33. Grille de maturité récapitulative (Fraser et al. 2003)

Santanen et al. (2006) : ont introduit un modèle d'évaluation de la maturité de « l'ingénierie de la collaboration » (approche de conception et de déploiement de processus collaboratifs au sein d'une organisation), en se basant sur ses différentes phases et précisant les objectifs et les pratiques dans chaque phase.

Alonso et al. (2010) : ont conçu un modèle de maturité nommé Enterprise Collaboration Maturity Model (ECMM) qui évalue l'aptitude (readiness) des organisations à adopter les meilleures pratiques de collaboration et d'interopérabilité, et ce en évaluant les organisations participant à un réseau, à la fois de manière individuelle et aussi par rapport au réseau.

Magdaleno et al. (2011) : ont défini un modèle de maturité de la collaboration nommé CollabMM, qui se base sur quatre aspects : communication, coordination, conscience (awareness) et mémoire (memory), tout en combinant ce modèle avec la méthodologie Business Process Modeling (BPM) afin de modéliser les pratiques collaboratives pour le niveau à atteindre (to-be).

Cheriti (2011) : a développé dans sa thèse un outil d'évaluation de la performance de la relation client-fournisseur pour les projets collaboratifs de Développement de Produit Nouveau (DPN), en utilisant un modèle de grille de maturité qui se base sur un ensemble de domaines de processus associés à des facteurs d'influence. Pour cela, elle tient compte des activités collaboratives identifiées lors du cycle de vie de la collaboration.

Cuenca et al. (2013) : ont développé un modèle de maturité appelé Structural Elements of Coordination Mechanisms Maturity Model (SECM-MM), traduit par « éléments structurels des mécanismes de coordination », et ce dans le contexte de la planification collaborative. Ces éléments structurels de la coordination sont les suivants : nombre de décideurs, niveau de

collaboration, nature des relations d'interdépendance, type de relations d'interdépendance, nombre de mécanismes de coordination, informations échangées, traitement de l'information, caractéristiques de la séquence de décision et critères d'arrêt.

Mahdikhah et al. (2014) : ont défini une méthodologie à l'aide d'une grille de maturité afin d'évaluer la collaboration entre donneur d'ordre (Original Equipment Manufacturer, OEM) et fournisseur, se basant sur les processus de gestion de cycle de vie du produit (Product Life-Cycle Management, PLM) à différents niveaux (stratégie, organisation, processus, outils).

Boughzala and De Vreede (2015) : ont développé un modèle de maturité nommé Col-MM visant à évaluer la qualité de la collaboration selon les aspects : personnes (people), management de l'information et de la connaissance, processus et management de la collaboration et technologie. Ce modèle se veut suffisamment générique pour être appliqué à différentes organisations.

Partner Selection	
<i>« Ensuring that partners have adequate capabilities and resources »</i>	
<p>Discussion questions:</p> <p>How do you determine whether prospective partners have adequate capabilities and resources?</p> <p>How do you determine and manage risk associated with depending on a third party?</p> <p>Ideally:</p> <p>Prospective partners are carefully screened to ensure they have adequate capabilities and resources.</p> <p>Personal and cultural dimensions are also considered and care is taken to ensure that the motives and potential rewards for both parties are aligned.</p> <p>A risk assessment is also carried out so that technical and commercial risks can be identified and managed.</p>	<p>Level 4 Broad assessment capabilities</p> <ul style="list-style-type: none"> • Appreciation of strength in depth of partner based on acceptable review process or informed judgment • Selection based on broad assessment of capabilities (technical, commercial, management) as well as culture • Risks identified and managed
	<p>Level 3 Review of technical capability</p> <ul style="list-style-type: none"> • Assessment primarily based on technical capability, may not fully consider other management/commercial issues • Happy with partner but little analysis of risk
	<p>Level 2 Word of mouth</p> <ul style="list-style-type: none"> • No formal assessment, but good word-of-mouth reputation • Cost issues may overshadow other considerations • Much taken on trust
	<p>Level 1 Cross fingers and hope</p> <ul style="list-style-type: none"> • After the initial meeting, heads down and get on with it • Little if any structured assessment • Reliant on gut-feel • Too many eggs in the basket

Figure 34. Exemple d'évaluation dans une grille de maturité (Fraser et al. 2003)

En définitive, les grilles de maturité sont des modèles ayant fait leurs preuves et démontrent une grande flexibilité dans leur utilisation, car elles peuvent être adaptées pour différents objectifs et dans différents contextes. Cependant, l'évaluation est principalement basée sur le jugement humain par le biais de questions/réponses (voir Figure 27, (Fraser et al. 2003)), qui pourrait dans certains cas présenter une forme de subjectivité. Néanmoins, elles restent une bonne piste car donnant une structure pertinente à la méthodologie d'évaluation et permettant de bien fixer les objectifs sous forme de niveaux à atteindre.

IV.2.3. La méthode AHP (Analyse Hiérarchique des Procédés)

La méthode AHP est une méthode d'analyse multicritère de décision. Son objectif est de hiérarchiser plusieurs critères, de calculer leurs poids, afin de déterminer la priorité des actions et de choisir la meilleure alternative. De ce fait, cette méthode peut être une piste pour l'évaluation d'une solution donnée selon un ensemble de critères pondérés.

Dans la mesure où nous voulons évaluer la performance de la collaboration inter-entreprises, que nous avons caractérisée par un ensemble de facteurs et KPIs, l'AHP nous donne la possibilité de hiérarchiser ces éléments en les considérant comme des critères. A partir de cette hiérarchisation, cette méthode permet d'évaluer chaque scénario de collaboration afin de déterminer la meilleure alternative.

Afin d'illustrer cela par un exemple, le travail de Wang and Durugbo (2013) a suscité notre intérêt car il porte sur l'analyse de l'incertitude du réseau de partenaires pour la livraison des PSS. L'approche appliquée dans cette étude est hybride car elle combine trois différentes méthodes : Delphi (pour la classification des critères basée sur les avis d'experts), AHP et TOPSIS (pour le choix de la meilleure alternative), et ce en se basant sur la logique floue (fuzzy logic) (Figure 35).

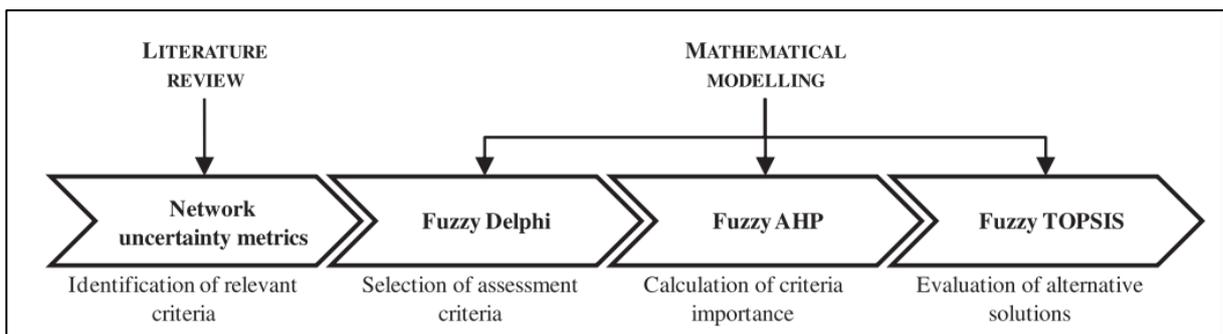


Figure 35. Méthodologie d'évaluation de l'incertitude du réseau de partenaires pour la livraison de PSS (Wang and Durugbo 2013)

Dans la première étape, une liste de critères a été établie sur la base de revue de littérature, à propos des différentes sources d'incertitudes liées au réseau de partenaires, par exemple : l'incertitude de la demande (et de la distribution), celle de l'approvisionnement, de la technologie...etc. Cette méthodologie a été appliquée sur une étude de cas d'une entreprise qui fournit des bandes en acier inoxydable. L'objectif était de les aider à adopter le meilleur type d'offre PSS (selon la typologie de Tukker (2004)) tenant compte des différents critères d'incertitudes identifiés.

La méthode Delphi floue a été appliquée afin de classer les différents critères selon l'avis de l'équipe de direction. Ensuite, la méthode AHP floue a permis de déterminer les poids des critères suivant plusieurs étapes de calculs. Enfin, la méthode TOPSIS floue a été utilisée pour la meilleure alternative, c'est-à-dire quel est le meilleur type d'offre PSS qui minimise les incertitudes liées au réseau d'acteurs. L'utilisation de TOPSIS (au lieu de AHP) pour ce but a été préférée par les auteurs, et ce pour faciliter les calculs car AHP nécessiterait un processus de calcul plus long, du fait qu'elle procède à une comparaison des alternatives par paires.

Le résultat final a montré que la sous-traitance de l'activité (PSS orienté résultat) était la meilleure alternative, suivie des contrats de consultation (PSS orienté produit) ainsi que des services liés aux produits (PSS orienté produit).

Malgré les avantages de la méthode AHP et sa capacité à calculer le poids des critères de manière précise, l'évaluation qu'elle procure est une évaluation relative d'une alternative par

rapport à d'autres. Cela peut se justifier par le fait que son but principal est de déterminer la meilleure alternative. De ce fait, les valeurs finales ne donnent pas une référence sur le niveau de performance.

IV.2.4. Techniques de la Logique Floue

Enfin, la troisième méthode que nous présentons est la logique floue (Zadeh 1965), qui est une extension de la logique booléenne qui prend des valeurs intermédiaires entre le 0 (faux) et le 1 (vrai). La *Figure 36* présente un exemple simple illustrant cette logique en la comparant avec la logique booléenne.

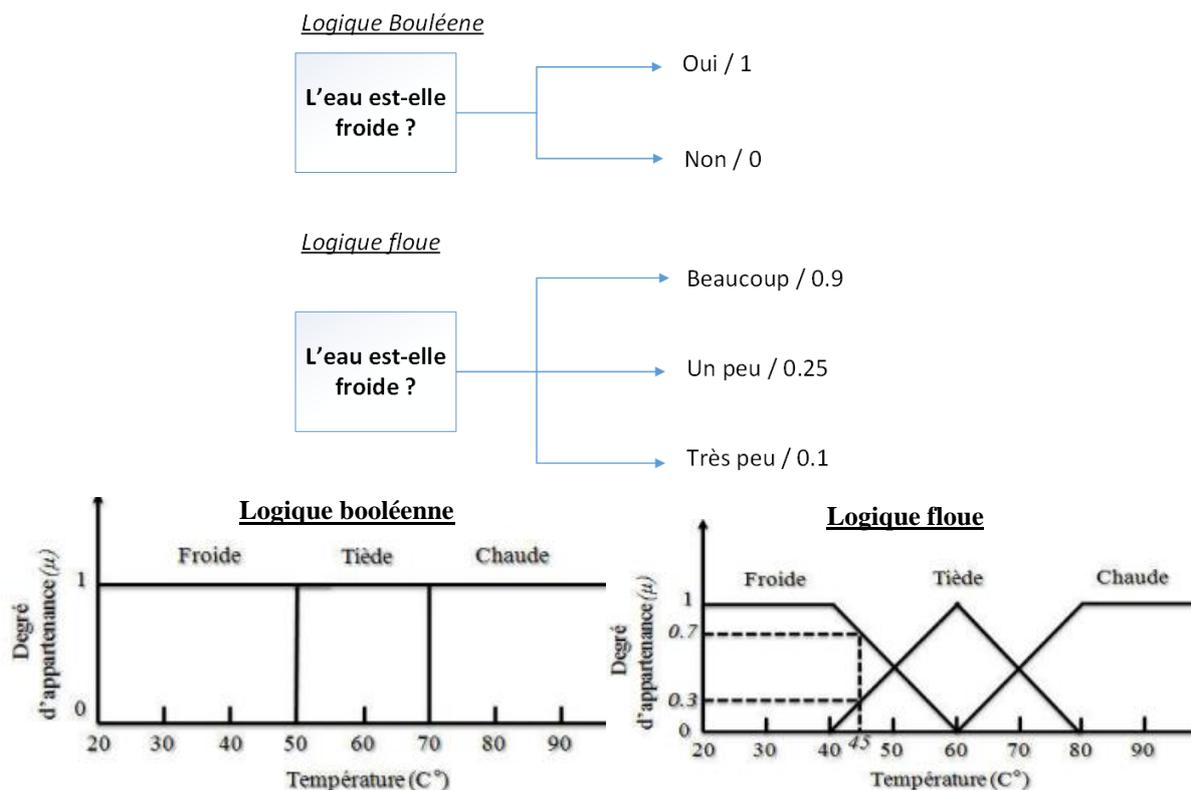


Figure 36. Exemple de la logique floue (Zegai 2017)

La logique floue passe par 3 étapes (*Figure 37*). La première étape est la fuzzification, où des variables d'entrée à valeurs continues sont transformées en variables à valeurs floues (comprises entre 0 et 1) à travers leurs fonctions d'appartenances respectives, comme celles représentées dans la *Figure 36* (froide, tiède, chaude). Ensuite, ces entrées-là sont confrontées à des règles d'inférences. Ces dernières sont construites par l'utilisateur de la méthode en appliquant des opérateurs entre les variables d'entrée pour produire des résultats (décisions) en valeurs floues, selon la méthode Mamdani qui est la plus connue. Enfin, les valeurs floues générées par le moteur d'inférences passeront par une étape de défuzzification, permettant de

transformer les valeurs floues en valeurs continues, à travers les fonctions d'appartenance des variables de sortie.

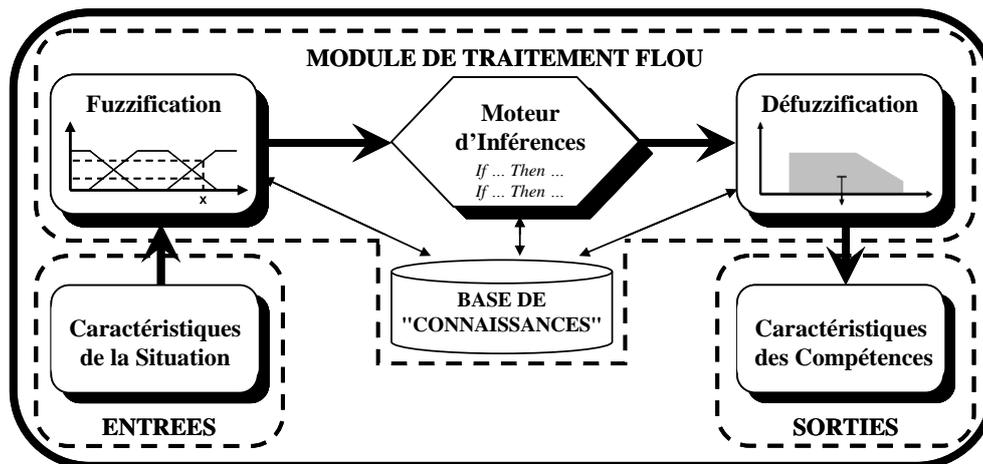


Figure 37. Etapes de la logique floue (Belkadi 2006)

Les techniques de la logique floue offrent des avantages multiples. Comme nous l'avons présenté dans la partie AHP (sous-section IV.2.2), Wang et Durugbo (2013) ont intégré ces techniques-là dans leurs trois différentes méthodes. L'objectif pour ces auteurs était de contrer les problèmes d'ambiguïté et d'imprécision dans leurs calculs, et aussi de pouvoir utiliser des termes linguistiques au lieu de valeurs numériques précises.

Hormis ces avantages-là, les techniques de la logique floue sont connues pour avoir été largement utilisées pour différentes applications, telles que la commande des machines, le pilotage automatique, les diagnostics médicaux mais aussi pour résoudre des problématiques socioéconomiques. En effet, Ayadi et al. (2013) ont proposé une méthodologie utilisant ces techniques-là pour l'évaluation du niveau de confiance entre partenaires dans une chaîne d'approvisionnement. Dans leur méthodologie d'évaluation (voir schéma de la Figure 38), Ayadi et al. (2013) ont d'abord défini l'élément de sortie à évaluer qui est « la confiance du client accordée au partenaire ». Dans la 2ème étape, ils ont procédé à la classification et la définition des attributs liés à la confiance, qui sont essentiellement basés sur le degré et la qualité de partage d'informations. De ce fait, plusieurs variables d'entrée ont été définies. Suite à cela, les règles d'inférences ont été formulées avec la contribution d'experts industriels. Enfin, ce système d'évaluation a été développé et validé dans le cas d'une chaîne d'approvisionnement.

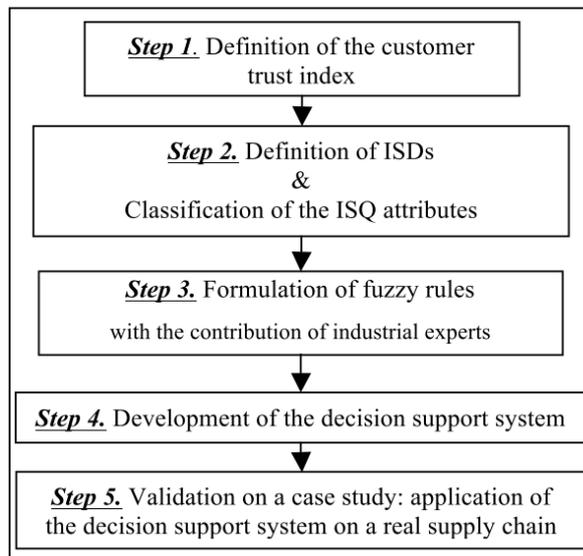


Figure 38. Méthodologie d'évaluation de la confiance par la logique floue (Ayadi et al. 2013)

IV.3. Comparaison et choix de la logique floue comme méthode d'évaluation

Dans le *Tableau 9*, nous présentons les éléments de comparaisons entre les méthodes présentées, en mentionnant leurs avantages et inconvénients, afin d'identifier quelle méthode est la plus adaptée à notre étude.

Contrairement aux trois premières méthodes où la mesure des indicateurs s'effectue via des échelles de notation (Lickert et Saaty), la logique floue donne la possibilité d'introduire des indicateurs quantifiables et définis au préalable permettant une évaluation objective. En outre, son autre avantage est qu'elle se base sur des valeurs floues qui permettent de contrer les problèmes d'ambiguïté dans le processus d'évaluation, particulièrement pour des variables socio-économiques. Par exemple, pour mesurer le facteur « confiance » sur un intervalle $[0, 10]$, une confiance mesurée à 3.5 se traduit par une confiance faible avec une valeur floue = 0.25, et une confiance moyenne avec une valeur floue = 0.75. Enfin, les inconvénients observés dans cette méthode sont la difficulté de définir des règles d'inférence fiables, et la nécessité d'effectuer des simulations couvrant différentes situations.

A la lumière de cette comparaison, nous optons donc pour la méthode de la logique floue, étant celle qui correspond le mieux à nos objectifs de recherche.

Ainsi, par utilisation de cette méthode, nous introduisons notre modèle d'évaluation comme suit (*Figure 39*) :

- Les variables d'entrée du module de traitement flou dans la phase de fuzzification correspondent aux KPIs définis dans le Chapitre 3.
- Les règles d'inférences correspondent aux règles métier définies dans le modèle UML (*Figure 30*) dans le Chapitre 3.

- Les facteurs intermédiaires jouent le rôle de variables de sortie par rapport aux KPIs d'une part, et de variables d'entrée par rapport à la variable « Performance de la collaboration » d'autre part (*Figure 39*).
- « Performance de la collaboration » est la variable de sortie finale qui est donnée en valeur réelle.

Tableau 9. Comparaison entre les quatre méthodes

Méthode d'évaluation	Modèle CMMI	Grilles de maturité	AHP	Logique floue
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Modèle prédéfini, générique pour évaluer la maturité en matière de développement de produit ou service dans une optique d'amélioration - Reconnu comme référentiel international par la norme ISO 15504 - Permettent de bien fixer les objectifs sous forme de niveaux à atteindre 	<ul style="list-style-type: none"> - Démontrent une grande flexibilité dans leur utilisation - Elles peuvent être adaptées pour différents objectifs et dans différents contextes - Permettent de bien fixer les objectifs sous forme de niveaux à atteindre 	<ul style="list-style-type: none"> - Couramment utilisée pour estimer des poids comparatifs en vue de résoudre des problèmes de prise de décision multicritères. - Calculer le poids des critères de manière précise, ainsi que des ratios permettant de tester la cohérence de l'évaluation 	<ul style="list-style-type: none"> - Permet de contrer les problèmes d'ambiguïté et d'imprécision dans l'évaluation, particulièrement pour l'évaluation de facteurs relationnels - Permet d'effectuer une évaluation basée sur des indicateurs objectifs - Possibilité de définir la valeur de sortie à partir de règles métier - Simplicité d'utilisation et expression des variables en termes linguistiques, similaires à la façon dont les humains pensent
Avantages (suite)				
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite du temps et de l'effort pour sa mise en place sachant sa complexité - Ne prend pas en compte la dimension relationnelle 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluation basée sur le jugement humain par le biais de questions, pouvant présenter une forme de subjectivité 	<ul style="list-style-type: none"> - Son but principal est de déterminer la meilleure alternative ne fournissant que des évaluations relatives d'une alternative par rapport à d'autres (comparaison par paire) 	<ul style="list-style-type: none"> - Difficulté de définir des règles d'inférence fiables - Nécessite une phase de simulation pour couvrir différentes situations

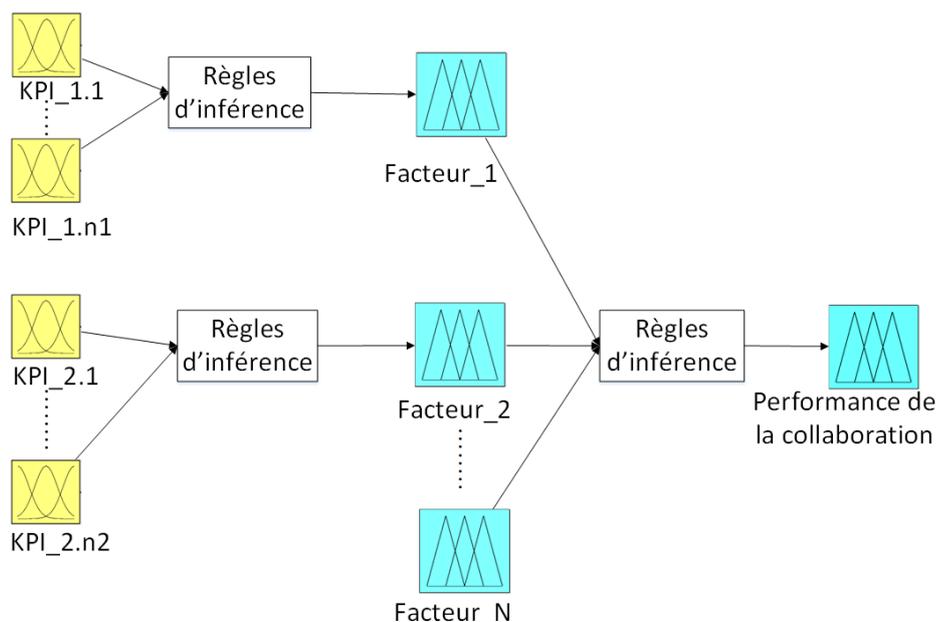


Figure 39. Module de traitement flou appliqué au modèle conceptuel

Ainsi, dans la suite de ce chapitre nous construisons les fonctions d'appartenance des différentes variables, ainsi que les règles d'inférences qui les relient.

IV.4. Application de la méthode : construction des fonctions d'appartenance

Comme mentionné précédemment, la construction des fonctions d'appartenance se fait pour chacune de nos variables (KPI, facteur intermédiaire et variable de sortie) (Harrat et al. 2021b). Des notions de base sur la logique floue sont présentées en Annexe VI. Nous illustrons ce processus de construction des fonctions d'appartenance avec l'exemple du facteur intermédiaire « Engagement ». Comme présenté dans le Chapitre 3, le facteur Engagement est mesuré par 4 KPIs différents : participation aux décisions du projet, respect du calendrier, réactivité et équilibre des risques. Pour le premier KPI "Participation aux décisions du projet", nous définissons sa fonction d'appartenance comme mentionné la Figure 40, en utilisant quatre fonctions trapézoïdales comme représentation. La raison de ce choix est que les fonctions trapézoïdales sont connues pour leur aptitude à représenter les facteurs humains (Ayadi et al. 2013), et sont largement utilisées dans la pratique. Par ailleurs, Barua et al. (2014) ont expliqué théoriquement le succès de ce type de fonctions en utilisant la théorie basée sur les intervalles.

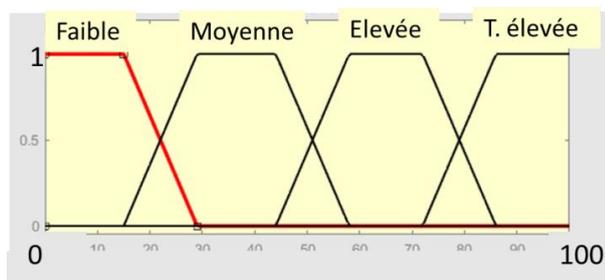


Figure 40. Exemple de fonction d'appartenance d'entrée "Participation aux décisions"

Les valeurs choisies pour les fonctions d'appartenance sont définies en utilisant une méthode d'intuition basée sur l'expérience des auteurs avec une validation par un industriel.

Dans cet exemple (Figure 40), les fonctions d'appartenance sont définies comme suit : Faible [0 0 15 29], Moyen [15 29 44 58], Élevé [44 58 72 86] et Très élevé [72 86 100 100].

En ce qui concerne le facteur intermédiaire « Engagement » (Figure 41), les fonctions d'appartenance définies sont : Faible [0 0 2 4], Moyen [2 4 6 8], et Élevé [6 8 10 10].

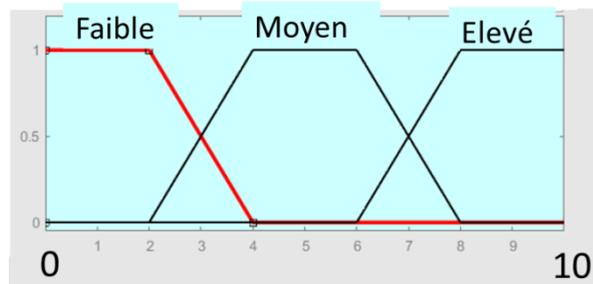


Figure 41. Exemple de fonction d'appartenance de sortie "Engagement"

La liste complète des fonctions d'appartenances est présentée en Annexe VII. Après avoir construit les fonctions d'appartenance, l'étape suivante consiste à définir les règles d'inférence, ce qui est abordé dans la section suivante.

IV.5. Définition des règles d'inférence

Les règles d'inférence créent des connexions entre les valeurs d'entrée (dans notre cas, entre les KPIs d'un même facteur) après les avoir transformées en valeurs floues, afin de générer une valeur de sortie. Pour cela, nous utilisons la méthode d'inférence floue de Mamdani, considérée comme adaptée aux entrées liées à l'expérience humaine (Ayadi et al. 2013). Afin d'avoir un modèle d'évaluation fiable, nous définissons les règles à partir de trois sources distinctes :

1. La première source est la littérature, où nous introduisons des règles traduisant des relations qui sont prouvées. Par exemple, lorsque nous avons des valeurs plus élevées des KPIs qui impliquent une valeur plus élevée du facteur correspondant. Nous illustrons ce fait par l'exemple suivant où la qualité de la communication est "élevée" car chaque KPI correspondant est "très élevé" :

SI (% de réunions efficaces est très élevé) **ET** (% de canaux de communication ouverts est très élevé) **ET** (% de réciprocité du partage des connaissances est très élevé) **ET** (% de collecte de données à partir des interactions avec les clients est très élevé) **ALORS** (la qualité de la communication est élevée).

Ainsi, nous avons à titre d'exemple défini de cette manière neuf règles évidentes pour le facteur « Qualité de la communication ».

2. La deuxième source est l'avis des experts provenant d'entretiens des études de cas. Nous avons demandé durant ces entretiens aux personnes interrogées d'évaluer l'importance de

chaque indicateur de performance clé par rapport aux autres. Ces opinions nous ont ensuite orientés dans la génération de nouvelles règles. Cette méthode est largement utilisée pour la définition de règles d'inférence et est recommandée par Ayadi et al. (2013).

3. La troisième source est constituée de données générées à partir d'une enquête en ligne, où les répondants devaient considérer leur propre projet de collaboration. L'objectif derrière cette enquête, qui s'est faite à travers un questionnaire structuré, est de générer des arbres de décision, où nous pouvons extraire les règles d'inférence (Harrat et al. 2021b), ce qui est une méthode mentionnée par Hall and Lande (1998). Dans le questionnaire envoyé, les KPIs et les facteurs sont mis comme mesures.

Contrairement aux deux premières sources qui sont claires à comprendre et dont l'extraction des règles est simple, la troisième nécessite plus d'explications. C'est pourquoi, nous la détaillons dans la section suivante, en présentant les données de l'enquête.

IV.5.1. Règles d'inférence à partir des données d'une enquête

Afin de générer une large liste de règles d'inférence basée sur la réalité du terrain, une enquête a été conduite via un questionnaire en ligne, en utilisant l'outil Google Forms. Ce questionnaire est rédigé en français et en anglais afin de toucher un vaste échantillon. La totalité des questions sont fermées, il s'agit donc d'un questionnaire structuré. L'enquête menée s'adresse aux personnes qui travaillent, ou ont déjà travaillé dans un projet collaboratif (inter-entreprises) de développement de produits, de services ou de PSS. L'objectif du questionnaire ainsi que l'intérêt pour les répondants qui est de leur diffuser les résultats de notre recherche ont été clarifiés dans la description. Une phase de pré-test du questionnaire a été effectuée auprès de quelques industriels et collègues chercheurs. Les principales remarques et suggestions ont porté sur la formulation des questions et les termes à utiliser, la clarté et la pertinence des questions, et aussi sur la longueur du questionnaire.

IV.5.1.1. Utilisation de la fouille de données (data mining)

Afin d'analyser les résultats de l'enquête et d'en générer les règles, nous utilisons la fouille de données. La fouille de données (Data Mining) est une branche de l'intelligence artificielle, permettant d'extraire des connaissances à partir d'un grand volume de données. Ces techniques peuvent générer des modèles qui n'étaient pas connues à priori, de valider ou refuser des hypothèses. Dans l'analyse des données de l'enquête, nous utilisons une de ces techniques, à savoir les arbres de décisions (système d'apprentissage C4.5) pour la génération des règles d'inférence.

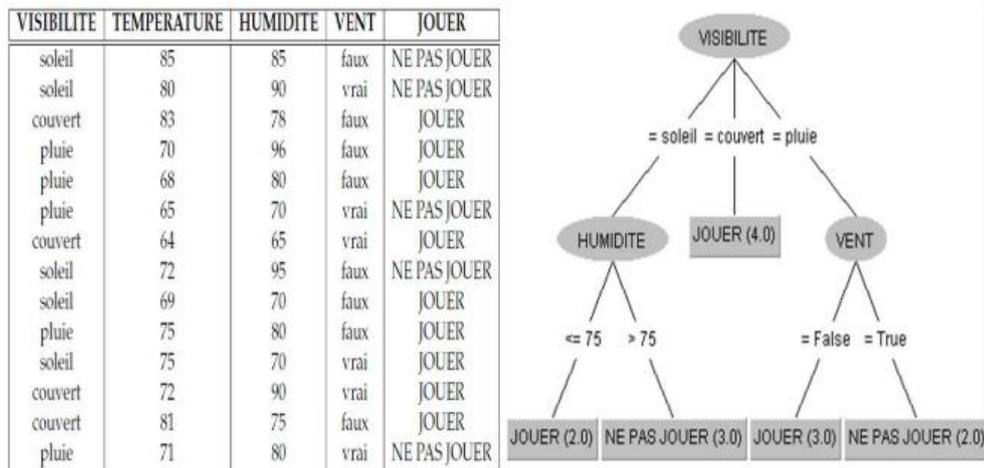


Figure 42. Exemple d'arbre de décision construit par la fouille de données

La Figure 42 présente un exemple d'arbre de décision sur les conditions adéquates permettant de jouer au golf (Quinlan 1986). Ici, la variable cible est la décision de jouer ou ne pas jouer au golf. Quant aux attributs, il s'agit des différentes conditions météorologiques (Visibilité, température, humidité et vent). Ainsi, il s'agit dans notre cas d'établir des arbres de décisions pour chacun de nos facteurs intermédiaires (ex. : confiance) où les attributs sont leurs KPIs respectifs. De la même manière, nous construirons un autre arbre de décision où la variable cible est la sortie « Performance de la collaboration », et ses attributs sont les quatre facteurs intermédiaires.

Par rapport au nombre total de problèmes rencontrés, quel est le pourcentage de ceux ayant nécessité une remontée à la direction pour être résolus ? *

- Pourcentage faible de problèmes remontés (Inférieur à 25%)
- Pourcentage moyen de problèmes remontés (Entre 25% et 50%)
- Pourcentage élevé de problèmes remontés (Entre 50% et 75%)
- Pourcentage très élevé de problèmes remontés (Supérieur à 75%)

Figure 43. Exemple d'une question avec propositions issue de l'enquête

Par ailleurs, il est nécessaire pour la construction des arbres de décisions de subdiviser les variables continues en différentes classes représentant des intervalles (Hall and Lande 1998). De cette manière, les différents KPIs, qui sont des pourcentages, ont été subdivisés en quatre classes : faible (moins de 25 %), moyen (entre 25 et 50 %), élevé (entre 50 et 75 %) et très élevé (plus de 75 %), tandis que trois classes sont définies pour les variables cibles : faible, moyen et élevé. Ces classes constituent donc l'échelle sur laquelle sont basées les réponses du questionnaire (voir Figure 43). Le contenu du questionnaire est présenté en Annexe VIII.

IV.5.1.2. Collecte et analyse des données de l'enquête

La population ayant reçu le questionnaire est composée de 353 personnes. De cette population, nous avons reçu 69 réponses (19% de taux de réponse). Les répondants avaient la possibilité de donner des réponses multiples en considérant dans leur réponse jusqu'à trois partenaires. Cette option a augmenté la taille de notre échantillon qui a atteint 167 réponses. Après cela, le questionnaire a été diffusé sur trois réseaux différents d'Alumni d'écoles d'ingénieurs : Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Grenoble INP - Génie Industriel et Centrale Nantes.

En analysant les caractéristiques de l'échantillon, nous remarquons que les PSS représentent 41% des projets de développement considérés par les répondants, tandis que 42% sont des produits et 16% des services (*Figure 44*).

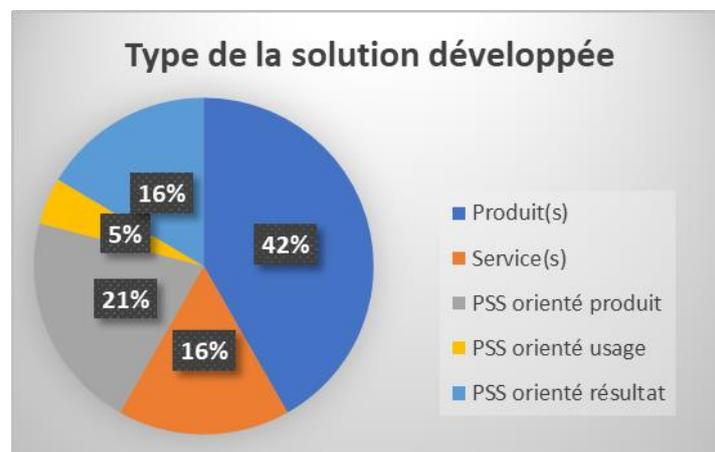


Figure 44. Caractéristiques des répondants : type de développement

Les secteurs d'activité dominants sont : l'informatique, l'électronique, l'automobile et les équipements de transport, tant pour les répondants que pour leurs partenaires (voir *Figure 45*). D'autre part, la plupart des répondants travaillent dans de grandes entreprises, tandis que leurs partenaires se répartissent équitablement en petites/moyennes entreprises (35%), moyennes entreprises (34%) et grandes entreprises (31%) (*Figure 46*). En ce qui concerne la répartition géographique (*Figure 47*), la moitié des répondants sont situés en France, tandis que l'autre moitié est répartie sur quatre continents.

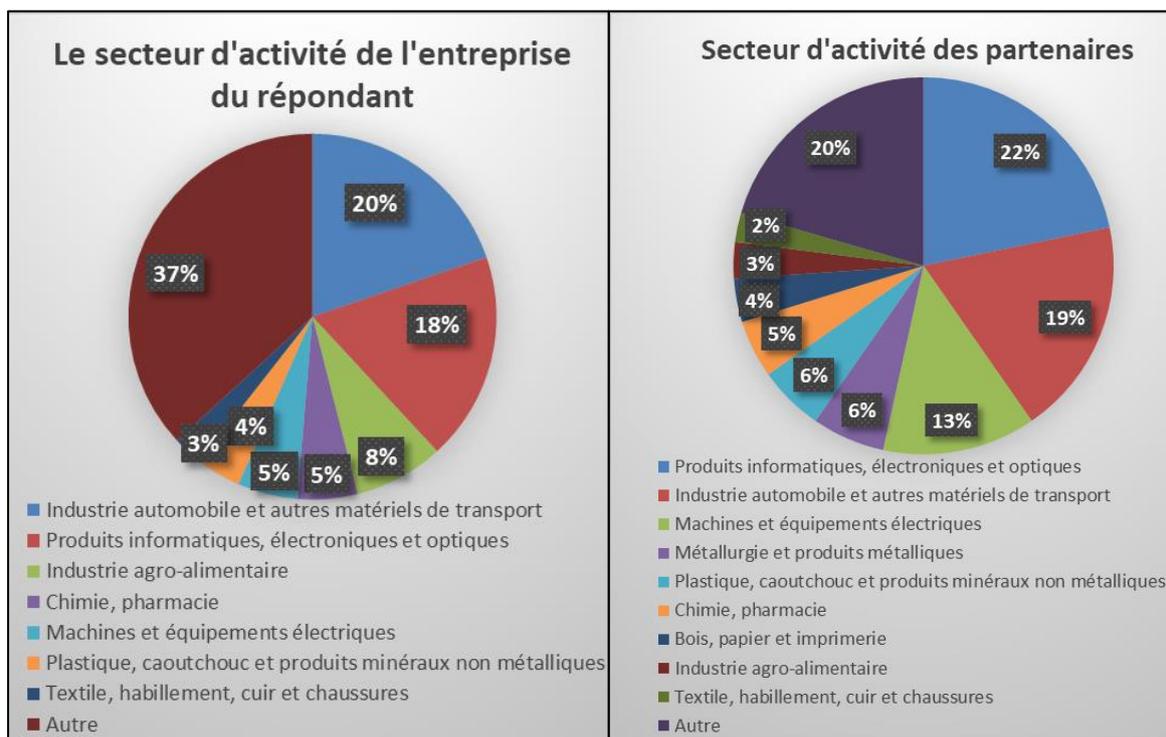


Figure 45. Caractéristiques des répondants : secteur d'activité

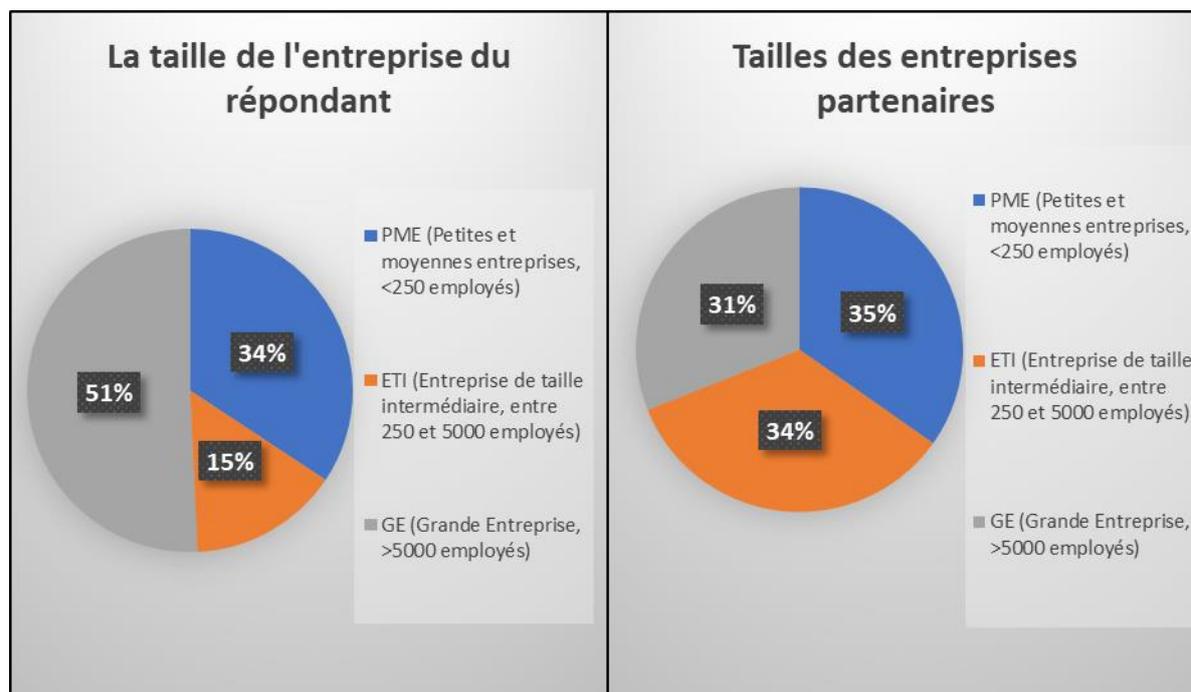


Figure 46. Caractéristiques des répondants : taille des entreprises

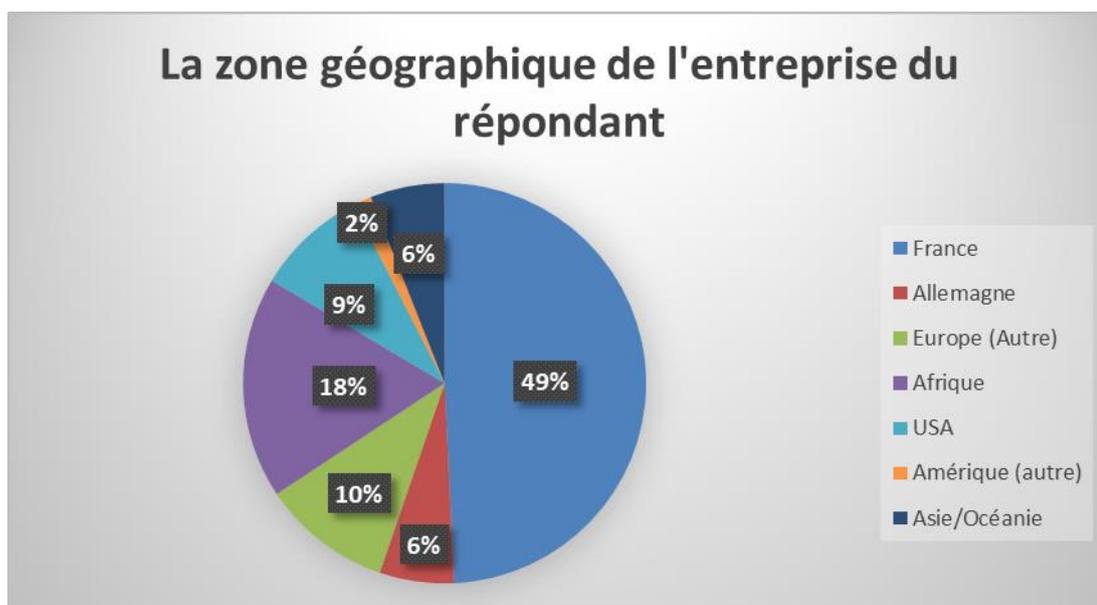


Figure 47. Caractéristiques des répondants : zone géographique

Enfin, la plupart des partenaires principaux des répondants ont été intégrés dans les deux phases de définition du concept (36%) et développement détaillé (33%), tandis que 16% ont été impliqués dans la phase d'industrialisation et 15% dans la génération d'idées).

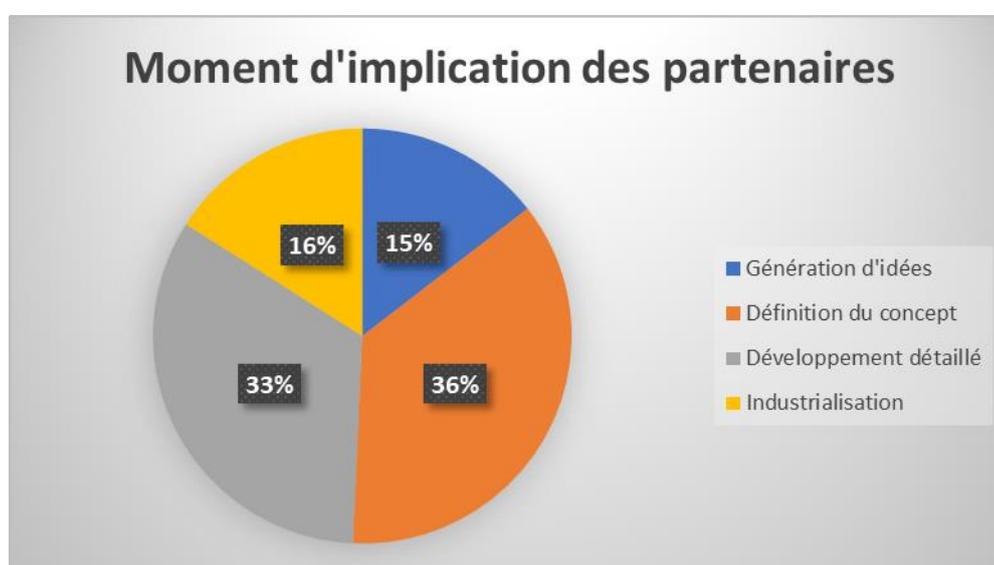


Figure 48. Caractéristiques des répondants : moment d'implication des partenaires

IV.5.1.3. Extraction des règles à partir des arbres de décision

Les réponses sont ensuite analysées dans le cadre d'un processus de fouille de données, plus particulièrement dans la génération des arbres de décision (C4.5). La théorie des arbres de décisions apporte un mécanisme clair pour induire des règles de classification à partir de données (Hall and Lande 1998). La préparation des données consiste à extraire les colonnes pour établir un tableau séparé, en gardant pour chaque facteur intermédiaire sa colonne de réponses, ainsi que les colonnes des KPIs qui lui sont reliés. Ces différents tableaux sont introduits dans le logiciel Orange. Des données manquantes ayant été aperçues dans quelques cases ont été remplies avec la méthode de la valeur la plus fréquente (Quintero and LeBoulluec 2018), à l'aide du logiciel. Après cela, les arbres de décision sont générés pour chaque facteur intermédiaire ainsi que la sortie « Performance de la collaboration » (voir l'exemple dans la Figure 49).

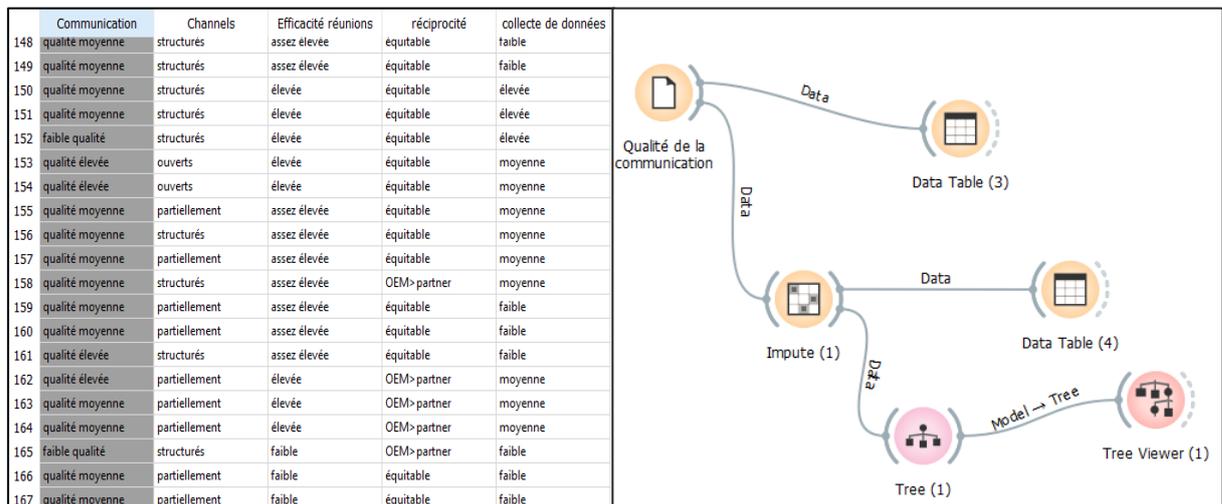


Figure 49. Exemple d'introduction des données et génération des arbres de décision sur Orange

Le processus de génération de règles d'inférence à partir d'un arbre de décision est assez simple. En suivant un chemin, à chaque fois que le chemin atteint une feuille, une règle est créée (Das et Desarkar 2018 ; Hall et Lande 1998). Ce processus est illustré par l'exemple suivant qui montre un des chemins provenant de l'arbre de décision pour la variable cible « Confiance » (Figure 50). La règle qui correspond à ce chemin est la suivante :

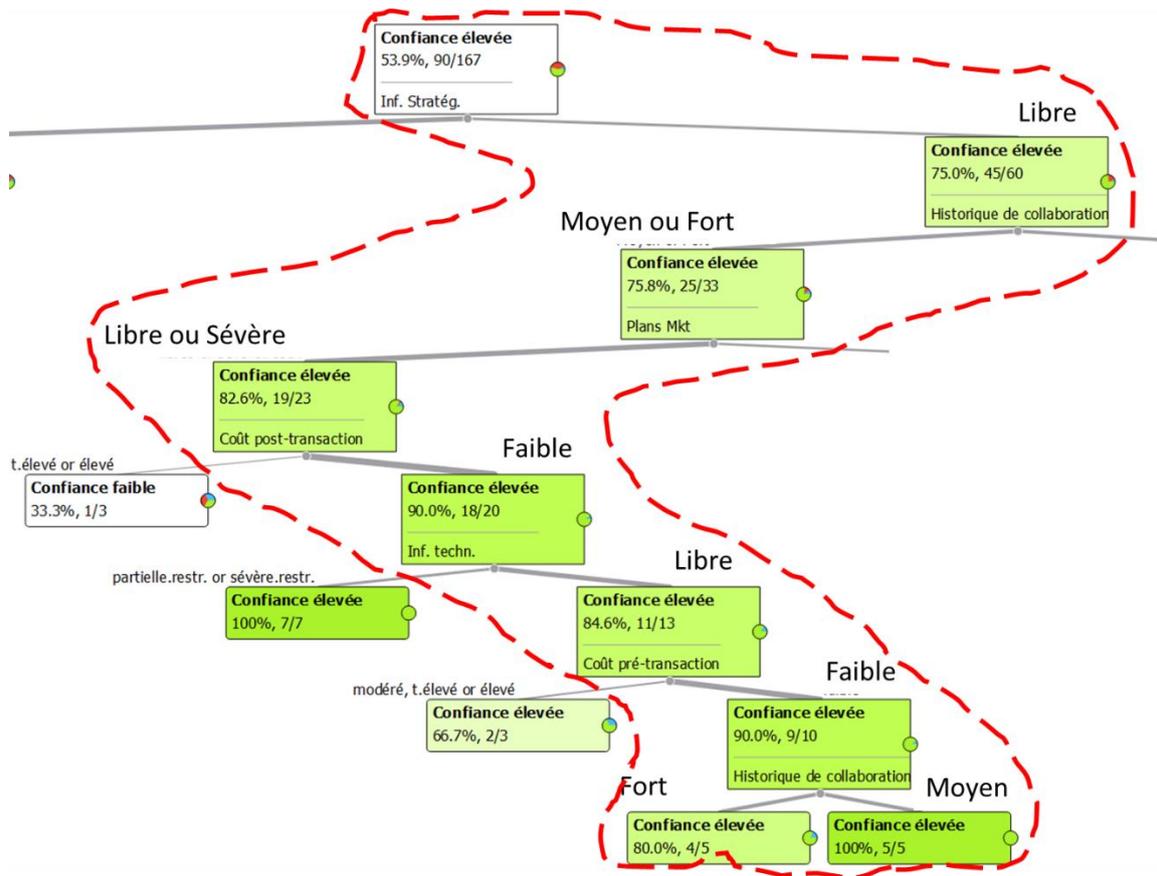


Figure 50. Exemple d'une règle extraite de l'arbre de décision du facteur "Confiance"

SI (les restrictions des inf. stratégiques est Libre) **ET** (l'historique de collaboration est Moyen **OU** Fort) **ET** (les restrictions des plans marketing est Libre ou Sévère) **ET** (le coût post-transaction est Faible) **ET** (les restrictions des inf. techniques est Libre) **ET** (le coût pré-transaction est Faible) **ALORS** (la confiance est élevée).

Deux critères importants ont été pris en compte pour la sélection des règles à partir de l'arbre de décision. Le premier critère est le nombre d'instances pour la règle en question, et le deuxième est le nombre de variables par instance, indiqué en ratio pour chaque nœud dans la Figure 50. Par ailleurs, les règles aberrantes n'ont pas été sélectionnées. Un exemple complet d'arbre de décision avec le processus de sélection des règles est présenté en Annexe IX.

De cette façon, nous avons extrait les règles et les avons intégrées dans le modèle d'évaluation (Figure 51). Deux exemples de listes de règles d'inférence sont présentés en Annexe X.

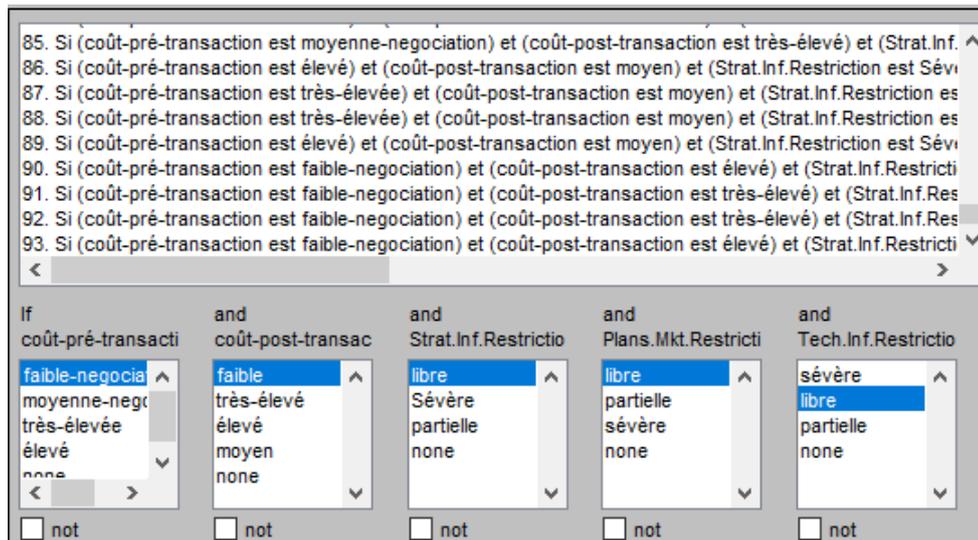


Figure 51. Interface de définition des règles d'inférences

Nous illustrons ce mécanisme d'inférences avec deux exemples de surfaces pour la variable de sortie (facteur intermédiaire) « confiance ». Le premier exemple (Figure 52) présente l'évolution de la surface pour la donnée de sortie « confiance » en fonction des deux données d'entrée (KPIs) « coûts pré transaction » et « coûts post-transaction ». Nous remarquons que les valeurs les plus faibles de ces deux variables d'entrée traduisent des valeurs plus élevées de la confiance, et vice versa.

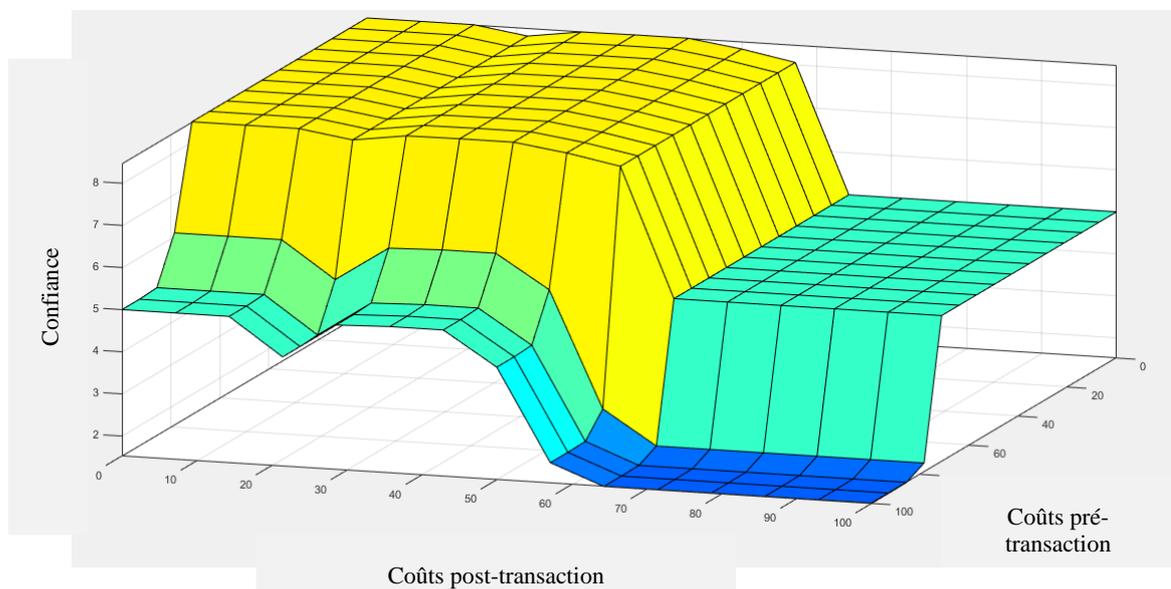


Figure 52. Mécanisme d'inférences : exemple 1

Le deuxième exemple (Figure 53) présente l'évolution de la surface de la même donnée de sortie en fonction des deux données d'entrée « historique des collaborations » et « protection des informations techniques ». Nous remarquons que les valeurs les plus faibles de la confiance sont traduites par un faible historique de collaboration et une restriction élevée des informations techniques. La valeur de la confiance augmente approximativement avec l'augmentation du

pourcentage lié à la variable « historique des collaborations » et la diminution du pourcentage lié à la variable « restriction des informations techniques ».

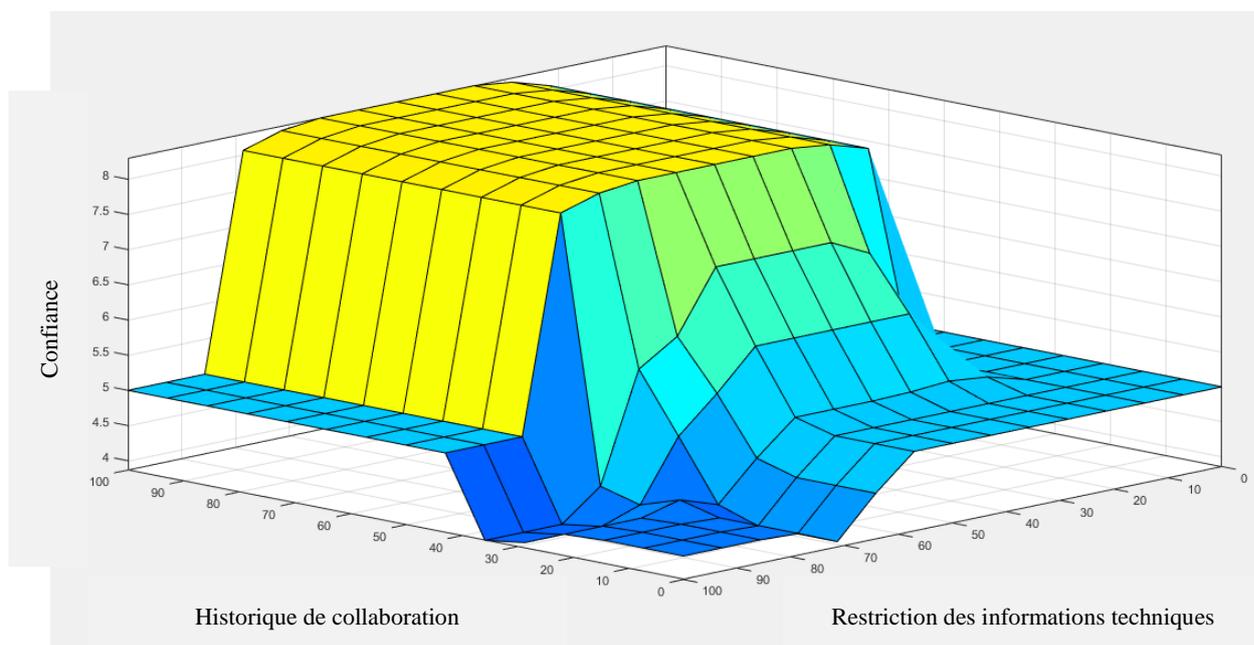


Figure 53. Mécanisme d'inférences : exemple 2

Notons que ces deux exemples ne donnent pas une vision globale des mécanismes d'inférences car ils n'affichent que deux variables d'entrée. Or, Nous rappelons que la variable de sortie « confiance » possède six variables d'entrée.

IV.6. Défuzzification

Le résultat du moteur d'inférence est obtenu sous une forme floue (fonction d'appartenance), l'étape de défuzzification est l'étape inverse permettant le passage de la forme floue vers la valeur réelle (dans notre cas, une note "/10" des variables de sortie est considérée) (Belkadi 2006). La méthode la plus utilisée est celle du centre de gravité qui consiste à calculer à l'aide de l'équation 17, la valeur du centre de gravité X^* de la surface résultante de l'instanciation du système d'inférence. La projection de cette valeur sur l'axe des abscisses va nous donner la valeur estimée de la note des variables de sortie.

$$X^* = [(\int Xr \mu_r (Xr)dXr) / (\int \mu_r (Xr)dXr)] \quad (17)$$

Ainsi, dans les deux exemples précédents les valeurs de sortie de la confiance sont les valeurs réelles, c'est-à-dire une note allant de 0 à 10.

Dans l'exemple suivant qui concerne le facteur « Engagement », nous avons attribué aux 4 KPIs des valeurs aléatoires, ce qui a permis d'activer les règles de 14 à 21 (Figure 54). Comme nous avons utilisé des opérateurs « ET » dans cet exemple, la valeur de sortie pour chaque règle est le MIN des valeurs d'entrée. Suite à cela, l'agrégation se fait en additionnant le MAX des

valeurs de sortie liées aux différentes règles activées. Enfin, la valeur de sortie finale (= 7,19) est la projection du barycentre de cette somme sur l'axe des X.

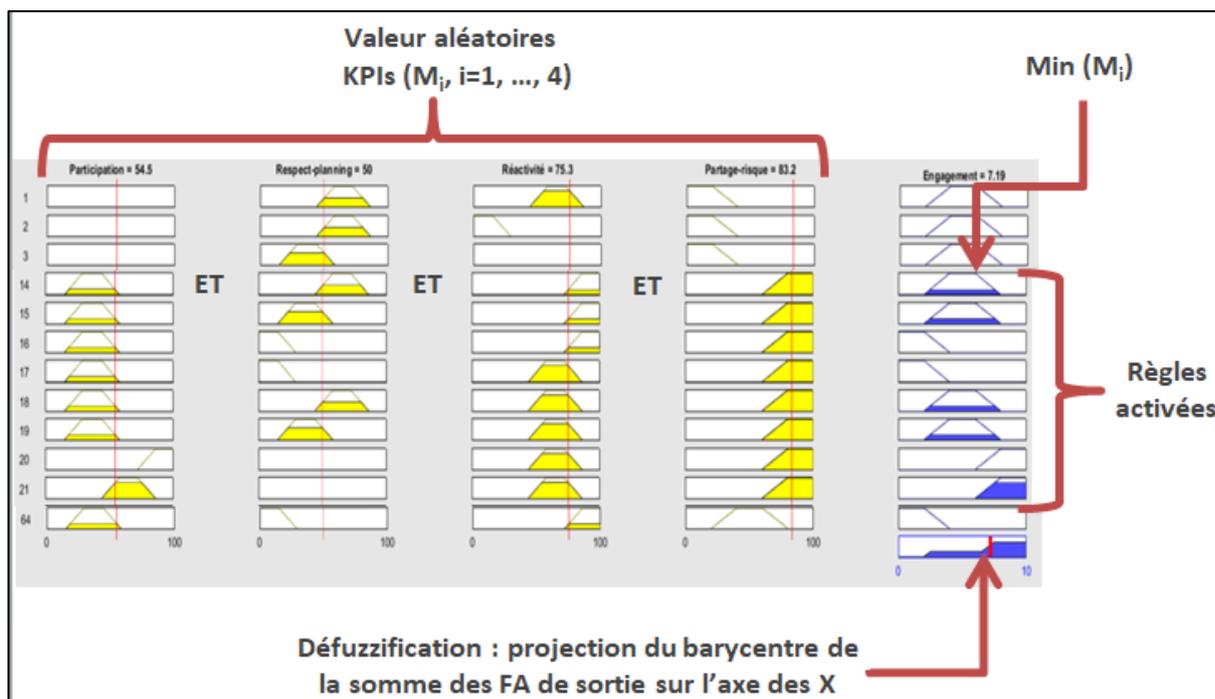


Figure 54. Exemple d'agrégation des règles et défuzzification

Une fois le modèle d'évaluation défini, il est par la suite primordial d'effectuer des simulations. Ces dernières sont réalisées grâce aux données reçues des deux études de cas B et C.

Tout d'abord, nous insérons les valeurs d'entrée de ces études de cas dans le modèle pour obtenir les résultats. Ensuite, nous vérifions leur cohérence en les comparant avec les résultats qualitatifs, présentés dans le Chapitre 3.

IV.7. Simulation du modèle d'évaluation

Dans cette étape, les industriels des cas B et C ont été invités à fournir des valeurs d'entrée au moyen d'un formulaire. Les valeurs obtenues sont présentées dans le *Tableau 10*.

Tableau 10. Valeurs des KPIs provenant de cas B et C

KPIs (pourcentages)	Cas B	Cas C
Coûts de pré-transaction	25%	5%
Coûts de post-transaction	75%	5%
Historique des collaborations	25%	80%
% de protection des informations techniques	1%	20%
% de protection des informations stratégiques	0%	0%
% de protection des plans marketing	1%	0%
% de participation aux décisions	25%	100%
Respect du planning	25%	80%
% de réactivité moyenne	20%	10%
Equilibre du risque	15%	50%
% de l'efficacité des réunions	90%	80%
% d'ouverture des canaux de communication	1%	80%
Réciprocité dans le partage des connaissances	60%	50%
% de collecte de données par rapport aux interactions clients	0%	10%
Remontée des problèmes	0%	0%
Adaptations mutuelles	40%	80%
Adéquation aux standards	0%	50%
Considération du cycle de vie : fonction marketing	0%	50%
Considération du cycle de vie : fonction engineering	100%	50%
Considération du cycle de vie : fonction production	0%	0%
Considération du cycle de vie : fonction service-après-vente	0%	10%

Ensuite, ces données ont été introduites dans le modèle de simulation en utilisant Matlab Simulink (*Figure 55*).

Les valeurs de sortie sont affichées dans la *Figure 56*, où des graphiques radars sont représentés pour les facteurs intermédiaires. En outre, la valeur de la performance de collaboration est donnée pour les deux cas B et C. Une note sur 10 est attribuée aux différentes variables de sortie.

Cette étape de simulation nous a permis de vérifier les potentielles erreurs dans le modèle et d'apporter quelques ajustements aux fonctions d'appartenance et aux règles d'inférence.

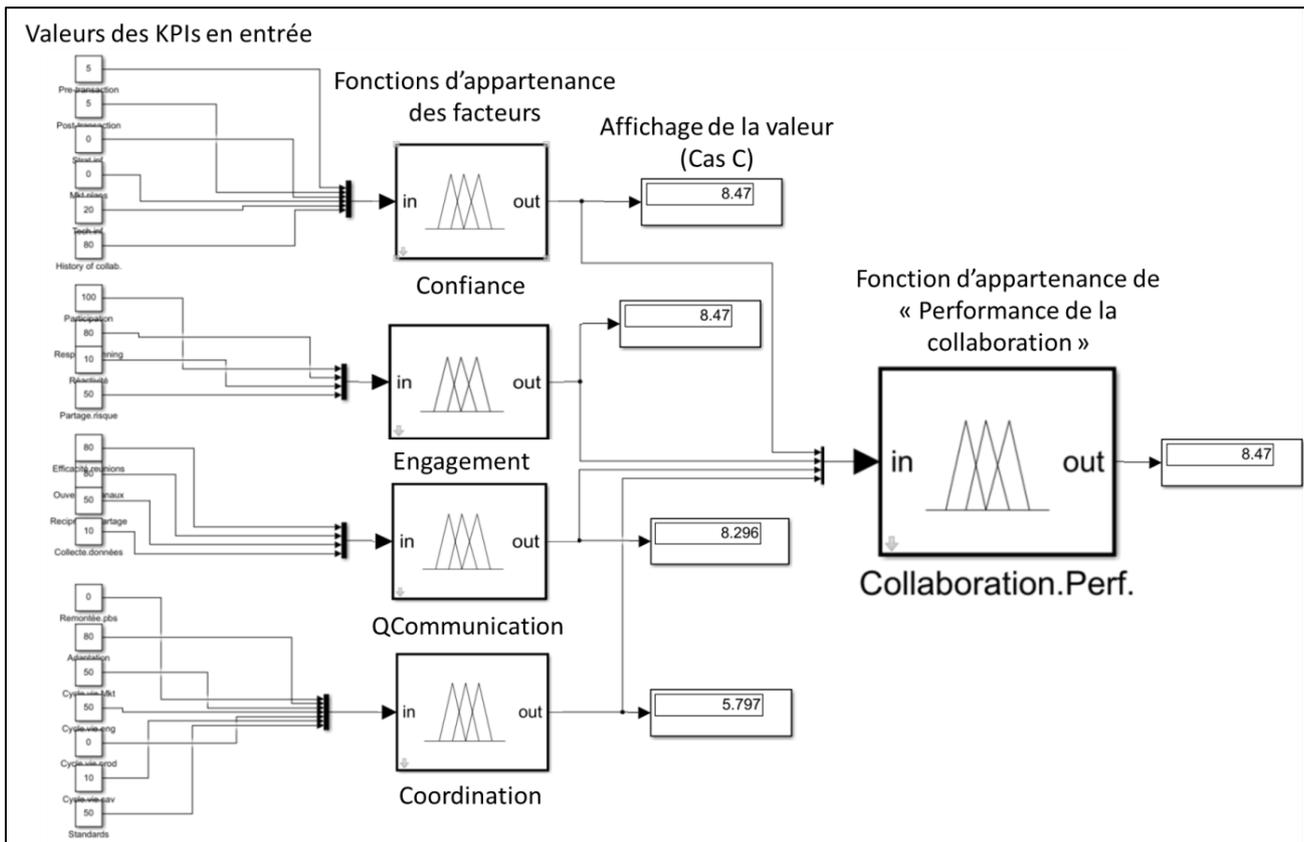


Figure 55. Simulation du modèle par utilisation du module de traitement flou

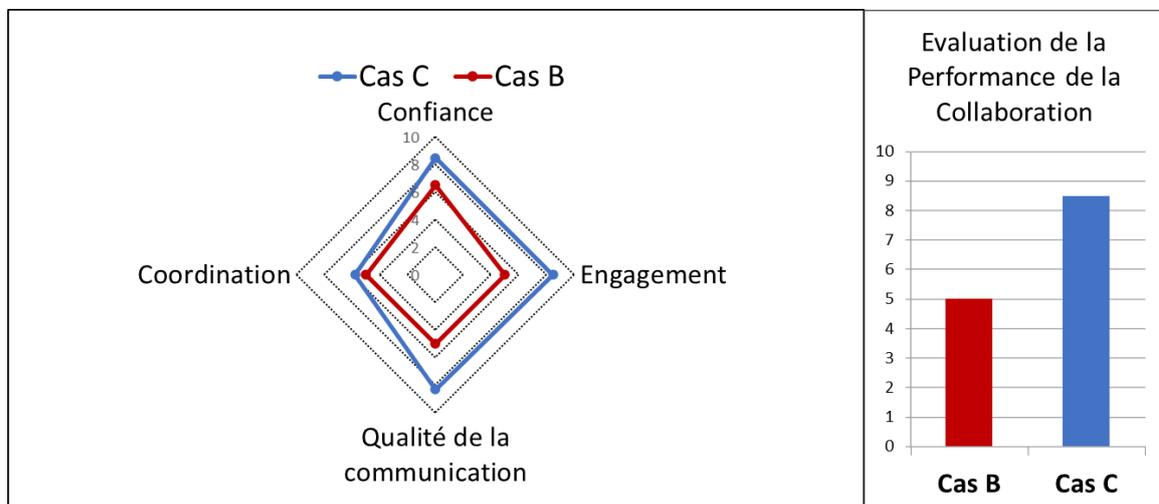


Figure 56. Résultats de la simulation des deux études de cas

IV.8. Analyse des résultats et synthèse

D'un point de vue global, nous remarquons que ces résultats sont cohérents avec l'étude qualitative présentée dans le Chapitre 3. En effet, la valeur de « la performance de la collaboration » est plus élevée dans le cas C (8.47/10) par rapport au cas B (5/10). Cela correspond aux résultats des entretiens qualitatifs, où le Cas B présentait un certain nombre de

problèmes de collaboration ayant abouti à un PSS (robot de perçage en location) qui ne répondait pas aux exigences fonctionnelles, tandis que le cas C était caractérisé par une bonne atmosphère de collaboration mais aussi par le succès du développement du PSS (robot de chirurgie avec services d'assistance).

En ce qui concerne les valeurs des facteurs intermédiaires dans le cas B, la valeur de la « confiance » est de 6.503/10 reflétant une bonne atmosphère globale de collaboration décrite dans les entretiens, mais avec une confiance amoindrie en raison de la réticence de RobSup (fournisseur robotique) à répondre aux spécifications de l'OEM. Par ailleurs, la valeur du facteur intermédiaire « engagement » est de 5/10, traduisant le manque de volonté de RobSup à réaliser des travaux de R&D afin de faire évoluer un concept standard vers un concept non-standard adapté aux exigences de l'OEM. Ce manque d'engagement est aussi dû à la limite des possibilités de RobSup de par l'imposition d'un calendrier strict avec des pénalités de par l'OEM. Concernant le facteur intermédiaire « qualité de la communication », elle est aussi de 5/10. Cette valeur relativement faible peut s'expliquer par le fait qu'il y ait eu beaucoup de défis dans le transfert de connaissances, vu les nombreuses spécificités techniques du PSS, mais aussi la réticence de RobSup à s'adapter aux exigences de l'OEM qui a accentué sur ces défis de communication. Enfin, pour le facteur intermédiaire « coordination », la valeur résultante est une note de 5/10, qui s'explique entre autres par la non-adéquation des standards, vu que ce dernier est défini comme KPI pour ce facteur, mais aussi les différentes fonctions du cycle de vie du PSS telles que la maintenance qui n'ont pas été considérées pendant la phase conception. Leur considération est par contre envisagée dans le futur projet.

Concernant les résultats sur les notes des facteurs intermédiaires pour le cas C, la valeur du facteur « confiance » est de 8.47/10, ce qui est cohérent avec les commentaires de l'interviewé sur le bon niveau de confiance qui régnait entre les partenaires du projet, sachant qu'ils se connaissaient déjà de par leurs nombreuses collaborations précédentes. La valeur du facteur « engagement » est aussi de 8.47/10, reflétant l'importance accordée par RobSupC (fournisseur robotique) au projet, ainsi que les efforts déployés pour le réussir. A noter que les ressources déployées par l'OEM qui leur ont aussi facilité la tâche. Quant au facteur « qualité de la communication », sa valeur est de 8.29/10, ce qui traduit les qualités relationnelles entre les parties, évoquées par l'interviewé, au vu de l'expérience accumulée après plusieurs collaborations. Enfin, le facteur « coordination » a une valeur de 5.80/10, qui en soit est une valeur plus élevée que dans le cas B, mais qui reste faible, vu les défis rencontrés par les acteurs pour s'adapter aux contraintes du secteur médical qui étaient nouvelles pour eux. Malgré cela, RobSupC a pu s'adapter aux processus mis en place par l'OEM. Par ailleurs, les services de maintenance et d'assistance, ainsi que les processus de livraison et de désassemblage ont été pris en compte dès la phase initiale de conception, ce qui explique la supériorité de cette valeur par rapport à celle du cas B.

En définitive, le Framework conceptuel, et plus particulièrement le modèle d'évaluation de la collaboration proposé est fonctionnel pour être utilisé par les industriels durant leurs projets de développement de PSS.

Les résultats présentés ci-dessus mettent en lumière un certain nombre de lacunes des entreprises sur le plan collaboratif, afin qu'elles puissent capitaliser sur ces lacunes-là en les corrigeant pour améliorer leur performance de la collaboration. Le Framework proposé représente aussi un outil d'aide à la décision pour un meilleur choix des partenaires, notamment pour supporter la décision de poursuivre ou non la collaboration sur un projet futur avec le même partenaire. Ce Framework n'est naturellement pas sans limites, il peut aussi être amélioré et enrichi. De ce fait, nous détaillons les limites et perspectives du Framework dans le chapitre suivant : conclusion et perspectives.

Conclusion et perspectives

La question de recherche abordée dans cette thèse est la suivante :

Comment aider les industriels dans le développement des PSS à piloter leurs collaborations inter-entreprises, et plus particulièrement comment supporter leurs processus de sélection des partenaires et améliorer leurs performances de collaboration ?

Le Framework proposé permet d'évaluer la performance des collaborations pendant le projet de développement de PSS, aidant par la suite les entreprises à estimer la performance de leur future collaboration avec un même partenaire, et à adopter les actions d'améliorations nécessaires. De manière plus générale, ce Framework aide les entreprises à mieux choisir leurs partenaires, à travers une approche de réutilisation de la connaissance, afin de collaborer efficacement et d'assurer le succès des projets de développement de PSS.

Le Framework conceptuel est construit à partir d'une revue de littérature sur les facteurs impactant la performance de la collaboration, suivie d'un processus de définition de KPIs à partir d'une perspective générale et d'une perspective PSS. Suite à cela, l'outil d'évaluation est conçu en utilisant les techniques de la logique floue. La construction des règles d'inférences de la logique floue est en partie basée sur un processus de data mining, permettant d'extraire les règles à partir des arbres de décisions, générés par les données d'une enquête menée auprès d'un échantillon de 167 réponses.

Afin de valider ce Framework, trois études de cas ont été conduites, ce qui a permis dans un premier temps d'établir une sélection finale des facteurs et KPIs, mais aussi de générer certaines règles d'inférence. Ensuite, l'outil d'évaluation a été simulé pour deux études de cas, en obtenant les données d'entrées de la part des industriels de deux cas d'étude. Enfin, des entretiens qualitatifs ont été opérés, donnant la possibilité de vérifier la cohérence entre la réalité du terrain et les résultats quantitatifs.

- **Les principales forces du Framework sont les suivantes :**
 1. Une des caractéristiques originales du Framework conceptuel est que certains des KPIs prennent en considération les particularités organisationnelles des PSS, telles que la prise en compte de l'ensemble du cycle de vie, les interactions plus étroites et à long-terme avec les clients et les différents partenaires, ainsi que les degrés plus élevés d'interopérabilité et d'adaptations.
 2. Les techniques de la logique floue utilisées dans l'évaluation de la performance de la collaboration sont adaptées aux KPIs et facteurs sélectionnés, car elles permettent de contrer les problèmes d'ambiguïté dans le calcul lorsqu'il s'agit de

facteurs liés au capital social tels que la confiance et l'engagement, et ce à travers les valeurs floues et la possibilité d'utiliser des valeurs linguistiques.

3. Les règles d'inférences sont construites à partir des trois sources différentes : la littérature, l'avis des experts et les données collectées d'une enquête, ce qui a permis la triangulation des données et a contribué à la validité des règles d'inférences. La troisième source a permis de générer ces règles en se basant sur la fouille de données (data mining) pour extraire les règles floues, ce qui est une approche originale apportant plus de fiabilité à l'outil d'évaluation, car elle est construite avec les réponses d'un large échantillon d'entreprises travaillant dans des projets de développement.
 4. Les études de cas menées sous deux différentes analyses, quantitative et qualitative, ont montré une certaine cohérence entre l'outil d'évaluation et la réalité du terrain. Les entretiens qualitatifs ont aussi prouvé l'importance des facteurs que nous avons choisis, tels que la confiance et la qualité de la communication.
- **D'un point de vue pratique, les implications managériales de ce Framework sont les suivantes :**
 1. L'évaluation de la performance de la collaboration est basée sur des indicateurs liés à des facteurs du Capital Social, qui ont un rôle important dans la réussite des projets de développement. De ce fait, l'évaluation qui se fait durant et après la collaboration sert de base aux entreprises pour mieux choisir leurs partenaires, en permettant l'estimation de la performance de la collaboration pour de futurs projets avec les mêmes partenaires, et donc un support pour le choix de poursuivre ou pas la collaboration avec les mêmes partenaires.
 2. L'outil d'évaluation permet aussi de diagnostiquer à quel niveau il y a un problème dans la collaboration, et donne donc la possibilité d'effectuer des actions d'améliorations sur la base des résultats de l'évaluation, et en se focalisant sur l'amélioration du facteur en question.
 3. Ce Framework permet de sensibiliser sur les particularités organisationnelles liées au développement des PSS, afin de mieux se préparer à ce type de projets, en mettant en place les ressources, compétences et pratiques nécessaires au bon déroulement et au succès du projet de développement PSS.
 - **Les principales limites du Framework sont les suivantes :**
 1. Les données pour la simulation de l'outil d'évaluation sont obtenues des deux études de cas B et C. Nous n'avons pas pu obtenir les données liées au cas A, malgré la richesse des informations collectées lors des deux entretiens qualitatifs.

2. Les données de l'enquête ayant permis de générer une bonne partie des règles d'inférences proviennent d'un échantillon qui est majoritairement localisé en France. L'outil d'évaluation est donc considérablement influencé par le contexte et la culture des entreprises localisées dans cette région.
 3. Le Framework considère quatre facteurs essentiels (la confiance, l'engagement, la qualité de la communication et la coordination). D'autres facteurs qui peuvent être importants ne sont pas considérés, tel que la complémentarité qui est citée par un des industriels, mais aussi les autres facteurs qui apparaissent dans notre revue de littérature (Chapitre 3).
- **D'un point de vue global, les perspectives opérationnelles de ce Framework sont les suivantes :**
 1. Contrairement aux systèmes techniques (ex. équipements, machines), les systèmes socio-économiques ont besoin de plus de temps pour être réellement testés. De ce fait, une des perspectives opérationnelles est d'appliquer ce Framework sur des projets réels sur un long-terme, afin de pouvoir observer son impact. Ceci permettra au Framework de gagner en maturité.
 2. Ce Framework peut être enrichi ou ajusté selon la situation ou le contexte lié au projet PSS. A titre d'exemple, des KPIs peuvent être rajoutés selon les objectifs du projet, tout en gardant le même schéma global du Framework.
 3. Il serait par ailleurs intéressant d'enrichir ce Framework en mettant en place des actions d'amélioration nécessaires correspondant à chaque scénario obtenu en résultat de l'évaluation de la performance de la collaboration, et en imaginant les différentes situations possibles.
 4. D'un point de vue présentation, une des perspectives serait de développer une application basée sur ce Framework afin de faciliter l'utilisation de l'outil d'évaluation proposé.
 - **Les perspectives de recherche de ce Framework sont les suivantes :**
 1. D'autres études de cas permettront d'avoir une vision plus étendue sur les collaborations dans différents types de projets de développement PSS, notamment différents types de PSS, et particulièrement les PSS orientés résultats qui ne figurent pas dans nos études de cas.
 2. Les fonctions d'appartenance utilisées dans le modèle sont trapézoïdales, vu les avantages qu'elles offrent. Une des perspectives de recherche serait d'explorer les formes gaussiennes et voir leur impact sur le modèle d'évaluation.

3. La méthodologie proposée pour construire le Framework peut être reprise pour étudier des phénomènes autres que les collaborations inter-entreprises, ou des contextes autres que celui des PSS.
4. Des modèles et méthodes peuvent être mis en place pour supporter le processus de capitalisation à partir de l'historique des collaborations, en imaginant un modèle plus poussé et détaillé sur la façon de réutiliser cette connaissance pour estimer la performance de la collaboration des futurs projets.

Bibliographie

Références en autocitation

- Harrat, M., E. Maleki, F. Belkadi, and A. Bernard, 2019: Extended Enterprise Model for PSS Within a Systems Engineering Perspective. *Insight*, **22**, 14–16, doi:10.1002/inst.12267.
- Harrat, M., F. Belkadi, and A. Bernard, 2020: Towards a modeling framework of collaboration in PSS development project: A review of key factors. *Procedia CIRP*, **90**, 736–741, doi:10.1016/j.procir.2020.01.130.
- Harrat, M., F. Belkadi, and A. Bernard, 2021a: Fuzzy-Based Framework for Managing Inter-Enterprise Collaborations in Pss Context. *Proc. Des. Soc.*, **1**, 1637–1646, doi:10.1017/pds.2021.425.
- Harrat, M., F. Belkadi, and A. Bernard, 2021b: A Methodology to Build a Framework for Collaboration Performance Assessment in PSS Delivery. 181–191, doi:10.1007/978-3-030-85902-2_20. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-85902-2_20.

Références externes

- Adrodegari, F., A. Alghisi, M. Ardolino, and N. Saccani, 2015: From ownership to service-oriented business models: A survey in capital goods companies and a PSS typology. *Procedia CIRP*, **30**, 245–250, doi:10.1016/j.procir.2015.02.105. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.105>.
- Akgün, A. E., J. Byrne, H. Keskin, G. S. Lynn, and S. Z. Imamoglu, 2005: Knowledge networks in new product development projects: A transactive memory perspective. *Inf. Manag.*, **42**, 1105–1120, doi:10.1016/j.im.2005.01.001. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037872060500011X>.
- Al-Hakim, L., and W. Lu, 2017: The role of collaboration and technology diffusion on business performance. *Int. J. Product. Perform. Manag.*, **66**, 22–50, doi:10.1108/IJPPM-08-2014-0122.
- Alonso, J., I. Martínez de Soria, L. Orue-Echevarria, and M. Vergara, 2010: Enterprise Collaboration Maturity Model (ECMM): Preliminary Definition and Future Challenges. *Enterp. Interoperability IV*, 429–438, doi:10.1007/978-1-84996-257-5_40.
- Apitz, N., T. C. McAloone, A. G. i Mateu, J. A. B. Andersen, K. Mougard, L. M. Neugebauer, and J. Hsuan, 2013: *PSS Organisation: A workbook in the PROTEUS Series*. Technical University of Denmark, 52 p pp.
- Aurich, J. C., C. Fuchs, and C. Wagenknecht, 2006: Life cycle oriented design of technical Product-Service Systems. *J. Clean. Prod.*, **14**, 1480–1494, doi:10.1016/j.jclepro.2006.01.019.
- Avlonitis, V., J. Hsuan, T. C. McAloone, A. G. i Mateu, J. B. Andersen, K. Mougard, L. Neugebauer, and T. Ahm, 2013: *PSS Readiness Manual: A workbook in the PROTEUS series*. 43 p pp.
- Ayadi, O., N. Cheikhrouhou, and F. Masmoudi, 2013: A decision support system assessing the trust level in supply chains based on information sharing dimensions. *Comput. Ind. Eng.*, **66**, 242–257, doi:10.1016/j.cie.2013.06.006.
- Ayala, N. F., C. A. Paslauski, A. Ghezzi, and A. G. Frank, 2017: Knowledge sharing dynamics in service suppliers' involvement for servitization of manufacturing companies. *Int. J. Prod. Econ.*, **193**, 538–553, doi:10.1016/j.ijpe.2017.08.019.
- Ayala, N. F., W. Gerstlberger, and A. G. Frank, 2018: Managing servitization in product companies: the moderating role of service suppliers. *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, IJOPM-08-2017-0484, doi:10.1108/IJOPM-08-2017-0484. <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/IJOPM-08-2017-0484>.
- Baines, T., and V. G. Shi, 2015: A Delphi study to explore the adoption of servitization in UK

- companies. *Prod. Plan. Control*, **26**, 1171–1187, doi:10.1080/09537287.2015.1033490. <http://dx.doi.org/10.1080/09537287.2015.1033490>.
- Baines, T. S., and Coauthors, 2007: State-of-the-art in product-service systems. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf.*, **221**, 1543–1552, doi:10.1243/09544054JEM858. <http://journals.sagepub.com/doi/10.1243/09544054JEM858> (Accessed April 8, 2019).
- Baines, T. S., H. Lightfoot, O. Benedettini, D. Whitney, and J. M. Kay, 2010: The adoption of servitization strategies by UK-based manufacturers. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf.*, **224**, 815–829, doi:10.1243/09544054JEM1567.
- Barnes, T. A., I. R. Pashby, and A. M. Gibbons, 2006: Managing collaborative R&D projects development of a practical management tool. *Int. J. Proj. Manag.*, **24**, 395–404, doi:10.1016/j.ijproman.2006.03.003.
- Barua, A., L. S. Mudunuri, and O. Kosheleva, 2014: Why trapezoidal and triangular membership functions work so well: Towards a theoretical explanation. *J. Uncertain Syst.*, **8**, 164–168.
- Bastl, M., M. Johnson, H. Lightfoot, and S. Evans, 2012: Buyer-supplier relationships in a servitized environment: An examination with Cannon and Perreault's framework. *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, **32**, 650–675, doi:10.1108/01443571211230916.
- Belkadi, F., 2006: Contribution au pilotage des compétences dans les activités de conception : de la modélisation des situations à la caractérisation des compétences. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00217404>.
- Belkadi, F., M. Messaadia, A. Bernard, and D. Baudry, 2016: Collaboration management framework for OEM – suppliers relationships: a trust-based conceptual approach. *Enterp. Inf. Syst.*, **11**, 1–25, doi:10.1080/17517575.2016.1250166. <http://dx.doi.org/10.1080/17517575.2016.1250166>.
- Benedetti, M., A. Rondini, V. Introna, V. Cesarotti, and S. Cavalieri, 2016: Service Engineering Methodology and Energy Services: Applicability Analysis and Case Study. *Procedia CIRP*, **47**, 358–363, doi:10.1016/j.procir.2016.03.072. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.072>.
- Bensaou, M., 1997: Interorganizational Cooperation: The Role of Information Technology An Empirical Comparison of U.S. and Japanese Supplier Relations. *Inf. Syst. Res.*, **8**, 107–124, doi:10.1287/isre.8.2.107.
- Beuren, F. H., T. T. Sousa-Zomer, and P. A. Cauchick-Miguel, 2017: Proposal of a framework for product-service systems characterization. *Production*, **27**, 1–12, doi:10.1590/0103-6513.20170052. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132017000100327&lng=en&tlng=en.
- Bidault, F., C. Despres, and C. Butler, 1998: *Leveraged Innovation*.
- Blessing, L. T. M., and A. Chakrabarti, 2009: *DRM: A Design Research Methodology*. Springer,.
- Bolino, M. C., W. H. Turnley, and J. M. Bloodgood, 2002: Citizenship behavior and the creation of social capital in organizations. *Acad. Manag. Rev.*, **27**, 505–522, doi:10.5465/AMR.2002.7566023.
- Van den Bossche, P., W. H. Gijsselaers, M. Segers, and P. A. Kirschner, 2006: Social and Cognitive Factors Driving Teamwork in Collaborative Learning Environments. *Small Gr. Res.*, **37**, 490–521, doi:10.1177/1046496406292938. <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1046496406292938>.
- Boughzala, I., and G. J. De Vreede, 2015: Evaluating Team Collaboration Quality: The Development and Field Application of a Collaboration Maturity Model. *J. Manag. Inf. Syst.*, **32**, 129–157, doi:10.1080/07421222.2015.1095042.
- Brady, T., A. Davies, and D. M. Gann, 2005: Creating value by delivering integrated solutions. *Int. J. Proj. Manag.*, **23**, 360–365, doi:10.1016/j.ijproman.2005.01.001.
- Bstieler, L., 2006: Trust formation in collaborative new product development. *J. Prod. Innov. Manag.*, **23**, 56–72, doi:10.1111/j.1540-5885.2005.00181.x.
- Büyükköçkan, G., and J. Arsenyan, 2012: Collaborative product development: a literature overview. *Prod. Plan. Control*, **23**, 47–66, doi:10.1080/09537287.2010.543169. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537287.2010.543169>.

- Camarinha-Matos, L. M., and H. Afsarmanesh, 2005: Collaborative networks: A new scientific discipline. *Virtual Organ. Syst. Pract.*, 73–80, doi:10.1007/0-387-23757-7_6.
- Cannon, J. P., P. M. Doney, M. R. Mullen, and K. J. Petersen, 2010: Building long-term orientation in buyer-supplier relationships: The moderating role of culture. *J. Oper. Manag.*, **28**, 506–521, doi:10.1016/j.jom.2010.02.002. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2010.02.002>.
- Cao, M., and Q. Zhang, 2011: Supply chain collaboration: Impact on collaborative advantage and firm performance. *J. Oper. Manag.*, **29**, 163–180, doi:10.1016/j.jom.2010.12.008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2010.12.008>.
- Carlile, P. R., 2004: Transferring, Translating, and Transforming: An Integrative Framework for Managing Knowledge Across Boundaries. *Organ. Sci.*, **15**, 555–568, doi:10.1287/orsc.1040.0094.
- Chang, H. H., and S. S. Chuang, 2011: Social capital and individual motivations on knowledge sharing: Participant involvement as a moderator. *Inf. Manag.*, **48**, 9–18, doi:10.1016/j.im.2010.11.001. <http://dx.doi.org/10.1016/j.im.2010.11.001>.
- Chang, K.-H., and D. F. Gotcher, 2007: Safeguarding investments and creation of transaction value in asymmetric international subcontracting relationships: The role of relationship learning and relational capital. *J. World Bus.*, **42**, 477–488, doi:https://doi.org/10.1016/j.jwb.2007.06.008.
- Chen, C. J., and S. W. Hung, 2010: To give or to receive? Factors influencing members' knowledge sharing and community promotion in professional virtual communities. *Inf. Manag.*, **47**, 226–236, doi:10.1016/j.im.2010.03.001. <http://dx.doi.org/10.1016/j.im.2010.03.001>.
- Cheriti, S., 2011: Conception collaborative : propositions pour construire et piloter des relations performantes avec les fournisseurs. doi:Doi 10.1081/Pln-200055550.
- Chin, K., B. L. Chan, and P. Lam, 2008: Identifying and prioritizing critical success factors for co-competition strategy. *Ind. Manag. Data Syst.*, **108**, 437–454, doi:10.1108/02635570810868326. <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/02635570810868326>.
- Chirumalla, K., A. Bertoni, A. Parida, C. Johansson, and M. Bertoni, 2013: Performance measurement framework for product-Service systems development: A balanced scorecard approach. *Int. J. Technol. Intell. Plan.*, **9**, 146–164, doi:10.1504/IJTIP.2013.058135.
- Chituc, C. M., and S. Y. Nof, 2007: The Join/Leave/Remain (JLR) decision in collaborative networked organizations. *Comput. Ind. Eng.*, **53**, 173–195, doi:10.1016/j.cie.2007.05.002.
- Chiu, C. M., M. H. Hsu, and E. T. G. Wang, 2006: Understanding knowledge sharing in virtual communities: An integration of social capital and social cognitive theories. *Decis. Support Syst.*, **42**, 1872–1888, doi:10.1016/j.dss.2006.04.001.
- Chow, W. S., and L. S. Chan, 2008: Social network, social trust and shared goals in organizational knowledge sharing. *Inf. Manag.*, **45**, 458–465, doi:10.1016/j.im.2008.06.007.
- Clark, K. B., 1989: Project Scope and Project Performance: The Effect of Parts Strategy and Supplier Involvement on Product Development. *Manage. Sci.*, **35**, 1247–1263.
- Coleman, J. S., 1988: “ Social Capital” and Schools. *Educ. Dig.*, **53**, 6.
- Coleman, J. S., 1990: Foundations of social theory. *Cambridge, MA Belkn.*,
- Comer, J. M., R. E. Plank, D. A. Reid, and E. B. Pullins, 1999: Methods in sales research: Perceived trust in business-to-business sales: A new measure. *J. Pers. Sell. Sales Manag.*, **19**, 61–71, doi:10.1080/08853134.1999.10754182.
- Coote, L. V., E. J. Forrest, and T. W. Tam, 2003: An investigation into commitment in non-Western industrial marketing relationships. *Ind. Mark. Manag.*, **32**, 595–604, doi:10.1016/S0019-8501(03)00017-8.
- Da Costa Fernandes, S., L. D. Martins, and H. Rozenfeld, 2019: Who are the Stakeholders Mentioned in Cases of Product-Service System (PSS) Design? *Proc. Des. Soc. Int. Conf. Eng. Des.*, **1**, 3131–3140, doi:10.1017/dsi.2019.320.
- Cuenca, L., A. Boza, M. M. E. Alemany, and J. J. M. Trienekens, 2013: Structural elements of coordination mechanisms in collaborative planning processes and their assessment through maturity models: Application to a ceramic tile company. *Comput. Ind.*, **64**, 898–911,

- doi:10.1016/j.compind.2013.06.019.
- Cummings, T. G., 1984: Transorganizational development. *Res. Organ. Behav.*, **6**, 367–422.
- Le Dain, M. A., and V. Merminod, 2014: A knowledge sharing framework for black, grey and white box supplier configurations in new product development. *Technovation*, **34**, 688–701, doi:10.1016/j.technovation.2014.09.005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.technovation.2014.09.005>.
- Le Dain, M. A., R. Calvi, and S. Cheriti, 2010: Developing an approach for design-or-buy-design decision-making. *J. Purch. Supply Manag.*, **16**, 77–87, doi:10.1016/j.pursup.2010.03.010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pursup.2010.03.010>.
- Davis-Sramek, B., A. Omar, and R. Germain, 2019: Leveraging supply chain orientation for global supplier responsiveness: The impact of institutional distance. *Int. J. Logist. Manag.*, **30**, 39–56, doi:10.1108/IJLM-09-2017-0225.
- Dietrich, P., P. Eskerod, D. Dalcher, and B. Sandhawalia, 2010: The dynamics of collaboration in multipartner projects. *Proj. Manag. J.*, **41**, 59–78, doi:10.1002/pmj.20194. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pmj.20053/full>.
- Donada, C., and G. Nogatchewsky, 2007: La confiance dans les relations interentreprises une revue des recherches quantitatives. *Rev. Fr. Gest.*, **175**, 111–124, doi:10.3166/RFG.175.111-124.
- Doney, P. M., and J. P. Cannon, 1997: An examination of the nature of trust in buyer-seller relationships. *J. Mark.*, **61**, 35–51, doi:10.2307/1251829.
- Dowlatshahi, S., 1998: Implementing early supplier involvement: a conceptual framework. *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, **18**, 143–167. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=5484745&site=ehost-live>.
- Durugbo, C., and J. C. K. H. Riedel, 2013: Readiness assessment of collaborative networked organisations for integrated product and service delivery. *Int. J. Prod. Res.*, **51**, 598–613, doi:10.1080/00207543.2012.658529.
- Durugbo, C., A. Tiwari, and J. R. Alcock, 2011: A review of information flow diagrammatic models for product-service systems. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, **52**, 1193–1208, doi:10.1007/s00170-010-2765-5.
- Dyer, J. H., and W. Chu, 2003: The role of trustworthiness in reducing transaction costs and improving performance: Empirical evidence from the United States, Japan, and Korea. *Organ. Sci.*, **14**, 57–68, doi:10.1287/orsc.14.1.57.12806.
- Dyer, J. H., and W. Chu, 2010: The determinants of trust in supplier-automaker relationships in the U.S. Japan and Korea. *J. Int. Bus. Stud.*, **31**, 259–285, doi:10.1057/palgrave.jibs.8490905. <http://dx.doi.org/10.1057/jibs.2010.34>.
- Van Echtelt, F. E. A., F. Wynstra, A. J. Van Weele, and G. Duysters, 2008: Managing supplier involvement in new product development: A multiple-case study. *J. Prod. Innov. Manag.*, **25**, 180–201, doi:10.1111/j.1540-5885.2008.00293.x.
- Emden, Z., R. J. Calantone, and C. Droge, 2006: Collaborating for new product development: Selecting the partner with maximum potential to create value. *J. Prod. Innov. Manag.*, **23**, 330–341, doi:10.1111/j.1540-5885.2006.00205.x.
- Fargnoli, M., F. Costantino, G. Di Gravio, and M. Tronci, 2018: Product service-systems implementation: A customized framework to enhance sustainability and customer satisfaction. *J. Clean. Prod.*, **188**, 387–401, doi:10.1016/j.jclepro.2018.03.315. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.315>.
- Fraser, P., J. Moultrie, and M. Gregory, 2002: The use of maturity models/grids as a tool in assessing product development capability. *IEEE International Engineering Management Conference*, Vol. 1 of, 244–249.
- Fraser, P., C. Farrukh, and M. Gregory, 2003: Managing product development collaborations—a process maturity approach. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf.*, **217**, 1499–1519, doi:10.1243/095440503771909890. <http://journals.pepublishing.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.1243/0954405037719098>

90.

- Gassenheimer, J., and C. Manolis, 2001: The Influence of Product Customization and Supplier Selection on Future Intentions: The Mediating Effects of Salesperson and Organizational Trust. *J. Manag. Issues*, **13**, 418.
- Gebauer, H., C. J. Saul, M. Haldimann, and A. Gustafsson, 2017: Organizational capabilities for pay-per-use services in product-oriented companies. *Int. J. Prod. Econ.*, **192**, 157–168, doi:10.1016/j.ijpe.2016.12.007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.12.007>.
- Glaister, K. W., and P. J. Buckley, 1997: Task-related and Partner-related Selection Criteria in UK International Joint Ventures. *Br. J. Manag.*, **8**, 199–222.
- Goedkoop, M. J., C. J. G. Van Halen, H. R. M. Te Riele, and P. J. M. Rommens, 1999: *Product Service systems, Ecological and Economic Basics*. 1–118 pp.
- Hall, L. O., and P. Lande, 1998: Generation of Fuzzy Rules from Decision Trees. *J. Adv. Comput. Intell. Intell. Informatics*, **2**, 128–133, doi:10.20965/jaciii.1998.p0128.
- Hartley, J., B. J. Zirger, and R. R. Kamath, 1997: Managing the buyer-supplier interface for on-time performance in product development. *J. Oper. Manag.*, **15**, 57–70, doi:10.1016/S0272-6963(96)00089-7.
- Hoegl, M., and S. M. Wagner, 2005: Buyer-supplier collaboration in product development projects. *J. Manage.*, **31**, 530–548, doi:10.1177/0149206304272291.
- Hou, L., D. Han, and Z. Lin, 2006: Research on supplier selection for inter-firm product collaborative development. *2006 6th World Congress on Intelligent Control and Automation*, Vol. 2 of, 6988–6992.
- Jean, R. J. B., R. R. Sinkovics, and T. P. Hiebaum, 2014: The effects of supplier involvement and knowledge protection on product innovation in customer-supplier relationships: A study of global automotive suppliers in China. *J. Prod. Innov. Manag.*, **31**, 98–113, doi:10.1111/jpim.12082.
- Johnsen, T. E., 2009: Supplier involvement in new product development and innovation: Taking stock and looking to the future. *J. Purch. Supply Manag.*, **15**, 187–197, doi:10.1016/j.pursup.2009.03.008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pursup.2009.03.008>.
- Johnsen, T. E., R. E. Johnsen, and R. C. Lamming, 2008: Supply relationship evaluation: The relationship assessment process (RAP) and beyond. *Eur. Manag. J.*, **26**, 274–287, doi:10.1016/j.emj.2007.10.001.
- Johnson, M., and C. Mena, 2008: Supply chain management for servitised products: A multi-industry case study. *Int. J. Prod. Econ.*, **114**, 27–39, doi:10.1016/j.ijpe.2007.09.011.
- Kleemann, F. C., and M. Essig, 2013: A providers' perspective on supplier relationships in performance-based contracting. *J. Purch. Supply Manag.*, **19**, 185–198, doi:10.1016/j.pursup.2013.03.001. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pursup.2013.03.001>.
- Kohtamäki, M., and J. Partanen, 2016: Co-creating value from knowledge-intensive business services in manufacturing firms: The moderating role of relationship learning in supplier – customer interactions. *J. Bus. Res.*, doi:10.1016/j.jbusres.2016.02.019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.02.019>.
- Kohtamäki, M., J. Partanen, V. Parida, and J. Wincent, 2013: Non-linear relationship between industrial service offering and sales growth: The moderating role of network capabilities. *Ind. Mark. Manag.*, **42**, 1374–1385, doi:10.1016/j.indmarman.2013.07.018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indmarman.2013.07.018>.
- Kowalkowski, C., D. Kindström, T. B. Alejandro, S. Brege, and S. Biggemann, 2012: Service infusion as agile incrementalism in action. *J. Bus. Res.*, doi:10.1016/j.jbusres.2010.12.014.
- Krause, D. R., R. B. Handfield, and B. B. Tyler, 2007: The relationships between supplier development, commitment, social capital accumulation and performance improvement. *J. Oper. Manag.*, **25**, 528–545, doi:10.1016/j.jom.2006.05.007.
- Lakemond, N., C. Berggren, and A. Van Weele, 2006: Coordinating supplier involvement in product development projects: A differentiated coordination typology. *R D Manag.*, **36**, 55–66,

- doi:10.1111/j.1467-9310.2005.00415.x.
- Lam, P. K., and K. S. Chin, 2005: Identifying and prioritizing critical success factors for conflict management in collaborative new product development. *Ind. Mark. Manag.*, **34**, 761–772, doi:10.1016/j.indmarman.2004.12.006.
- Lamnabhi, M., 2008: *Évaluer avec CMMI®: étape par étape*. AFNOR éd.,.
- Lawson, B., B. B. Tyler, and P. D. Cousins, 2008: Antecedents and consequences of social capital on buyer performance improvement. *J. Oper. Manag.*, **26**, 446–460, doi:10.1016/j.jom.2007.10.001.
- Lee, J.-N., and Y.-G. Kim, 1999: Effect of Partnership Quality on IS Outsourcing Success: Conceptual Framework and Empirical Validation. *J. Manag. Inf. Syst.*, **15**, 29–61, doi:10.1080/07421222.1999.11518221. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07421222.1999.11518221>.
- Lee, S., J. G. Park, and J. Lee, 2015: Explaining knowledge sharing with social capital theory in information systems development projects. *Ind. Manag. Data Syst.*, **115**, 883–900, doi:10.1108/IMDS-01-2015-0017.
- Li, H., Y. Yang, P. Singh, H. Sun, and Y. Tian, 2021: Servitization and performance: the moderating effect of supply chain integration. *Prod. Plan. Control*, **0**, 1–18, doi:10.1080/09537287.2021.1905900. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1905900>.
- Littler, D., F. Leverick, and M. Bruce, 1995: Factors Affecting the Process of Collaborative Product Development: A Study of UK Manufacturers of Information and Communications Technology Products. *J. Prod. Innov. Manag.*, **12**, 16–32, doi:10.1111/1540-5885.1210016.
- Littler, D., F. Leverick, and D. Wilson, 1998: Collaboration in new technology based product markets. *Int. J. Technol. Manag.*, **15**, 139–159.
- Lockett, H., M. Johnson, S. Evans, and M. Bastl, 2010: Product Service Systems and supply network relationships: an exploratory case study. *J. Manuf. Technol. Manag.*, doi:10.1108/IJMF-04-2016-0078.
- Luzzini, D., E. Brandon-Jones, A. Brandon-Jones, and G. Spina, 2015: From sustainability commitment to performance: The role of intra-and inter-firm collaborative capabilities in the upstream supply chain. *Int. J. Prod. Econ.*, **165**, 51–63.
- Machchhar, R. J., and A. Bertoni, 2021: Data-Driven Design Automation for Product-Service Systems Design: Framework and Lessons Learned From Empirical Studies. *Proc. Des. Soc.*, **1**, 841–850, doi:10.1017/pds.2021.84.
- Magdaleno, A. M., R. M. De Araujo, and C. M. L. Werner, 2011: A roadmap to the Collaboration Maturity Model (CollabMM) evolution. *Proc. 2011 15th Int. Conf. Comput. Support. Coop. Work Des. CSCWD 2011*, 105–112, doi:10.1109/CSCWD.2011.5960062.
- Mahdikhah, S., M. Messaadia, D. Baudry, T. Paquet, A. Louis, B. Mazari, R. D. Evans, and J. X. Gao, 2014: Towards Supplier Maturity Evaluation in Terms of PLM Collaboration. *IFIP Adv. Inf. Commun. Technol.*, **438**, 201–208, doi:10.1007/978-3-662-44739-0_25. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-44739-0_25.
- Ben Mahmoud-Jouini, S., and R. Calvi, 2004: Les coopérations interentreprises dans les projets de développement. *Faire de la recherche en management de projet*, Vuibert Fnege, 161–188 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00262705>.
- Maleki, E., 2018: Un modèle sémantique basé sur l'ingénierie des systèmes pour supporter le cycle de vie des Systèmes "Produit-Service." Ecole Centrale de Nantes, .
- Maleki, E., and Coauthors, 2018: Ontology-based framework enabling smart Product-Service Systems: Application of sensing systems for machine health monitoring. *IEEE Internet Things J.*, **4662**, doi:10.1109/JIOT.2018.2831279.
- Marxt, C., and P. Link, 2002: Success factors for cooperative ventures in innovation and production systems. *Int. J. Prod. Econ.*, **77**, 219–229, doi:10.1016/S0925-5273(01)00197-9.
- Medini, K., and X. Boucher, 2016: Configuration of Product-Service Systems value networks – Evidence from an innovative sector for sludge treatment. *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, **12**, 14–

- 24, doi:10.1016/j.cirpj.2015.10.003. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirpj.2015.10.003>.
- Meier, H., R. Roy, and G. Seliger, 2010: Industrial Product-Service systems-IPS2. *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, **59**, 607–627, doi:10.1016/j.cirp.2010.05.004.
- Melendez Gonzalez, S., 2019: Proposal of an experience feedback approach to improve collaboration in industrial processes. <http://oatao.univ-toulouse.fr/9278/>.
- Mohr, J., and R. Spekman, 1994: Characteristics of partnership success: Partnership attributes, communication behavior, and conflict resolution techniques. *Strateg. Manag. J.*, **15**, 135–152, doi:10.1002/smj.4250150205.
- Mollering, G., 2002: Perceived trustworthiness and inter-firm governance: empirical evidence from the UK printing industry. *Cambridge J. Econ.*, **26**, 139–160, doi:10.1093/cje/26.2.139.
- Mont, O. K., 2002: Clarifying the concept of product--service system. *J. Clean. Prod.*, **10**, 237–245.
- Mourtzis, D., S. Fotia, and M. Doukas, 2015: Performance indicators for the evaluation of product-service systems design: A review. *IFIP Adv. Inf. Commun. Technol.*, **460**, 592–601, doi:10.1007/978-3-319-22759-7_68.
- Nahapiet, J., and S. Ghoshal, 1998: Social Capital, Intellectual Capital, and the Organizational Advantage. *Acad. Manag. Rev.*, **23**, 242–266, doi:10.2307/259373.
- Najafi Tavani, S., H. Sharifi, S. Soleimanof, and M. Najmi, 2013: An empirical study of firms absorptive capacity dimensions, supplier involvement and new product development performance. *Int. J. Prod. Res.*, **51**, 3385–3403, doi:10.1080/00207543.2013.774480.
- Norman, P. M., 2002: Protecting knowledge in strategic alliances resource and relational characteristics. *J. High Technol. Manag. Res.*, **13**, 177–202, doi:10.1016/S1047-8310(02)00050-0.
- Nyaga, G. N., J. M. Whipple, and D. F. Lynch, 2010: Examining supply chain relationships: Do buyer and supplier perspectives on collaborative relationships differ? *J. Oper. Manag.*, **28**, 101–114, doi:10.1016/j.jom.2009.07.005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2009.07.005>.
- Orlikowski, W. J., 2002: Knowing in practice: Enacting a collective capability in distributed organizing. *Organ. Sci.*, **13**, 249–273, doi:10.1287/orsc.13.3.249.2776.
- Van Ostaeyen, J., A. Van Horenbeek, L. Pintelon, and J. R. Duflou, 2013: A refined typology of product-service systems based on functional hierarchy modeling. *J. Clean. Prod.*, **51**, 261–276.
- Pawar, K. S., A. Beltagui, and J. C. K. H. Riedel, 2009: The PSO triangle: Designing product, service and organisation to create value. *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, **29**, 468–493, doi:10.1108/01443570910953595.
- Pemartín, M., and A. I. Rodríguez-Escudero, 2020: Is the formalization of NPD collaboration productive or counterproductive? Contingent effects of trust between partners. *BRQ Bus. Res. Q.*, **24**, 2–18, doi:10.1177/2340944420916307.
- Pessôa, M. V. P., and J. M. J. Becker, 2017: Overcoming the Product-Service Model Adoption Obstacles. *Procedia CIRP*, **64**, 163–168, doi:10.1016/j.procir.2017.03.062. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.062>.
- Petersen, K. J., R. B. Handfield, and G. L. Ragatz, 2005: Supplier integration into new product development: Coordinating product, process and supply chain design. *J. Oper. Manag.*, **23**, 371–388, doi:10.1016/j.jom.2004.07.009.
- Pezzotta, G., S. Cavalieri, and D. Romero, 2018: Collaborative product-service systems engineering: Towards an active role of customers and stakeholders in value co-creation. *2017 Int. Conf. Eng. Technol. Innov. Eng. Technol. Innov. Manag. Beyond 2020 New Challenges, New Approaches, ICE/ITMC 2017 - Proc.*, **2018-Janua**, 1247–1254, doi:10.1109/ICE.2017.8280023.
- Pirayesh Neghab, A., A. Etienne, M. Kleiner, and L. Roucoules, 2015: Performance evaluation of collaboration in the design process: Using interoperability measurement. *Comput. Ind.*, **72**, 14–26, doi:10.1016/j.compind.2015.03.011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2015.03.011>.
- Putnam, R. D., 1995: (1995a). Bowling alone: America's declining social capital. *Journal of Democracy*, **6**, 65–78.

- Qiang, L., Y. F. Zhang, and A. Y. C. Nee, 2001: A distributive and collaborative concurrent product design system through the WWW/Internet. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, **17**, 315–322, doi:10.1007/s001700170165.
- Quinlan, J. R., 1986: Induction of decision trees. *Mach. Learn.*, **1**, 81–106.
- Quintero, M., and A. LeBoulluec, 2018: Missing Data Imputation for Ordinal Data. *Int. J. Comput. Appl.*, **181**, 10–16, doi:10.5120/ijca2018917522.
- Ragatz, G. L., R. B. Handfield, and K. J. Petersen, 2002: Benefits associated with supplier integration into new product development under conditions of technology uncertainty. *J. Bus. Res.*, **55**, 389–400, doi:10.1016/S0148-2963(00)00158-2.
- Reim, W., V. Parida, and D. Örtqvist, 2015: Product-Service Systems (PSS) business models and tactics - A systematic literature review. *J. Clean. Prod.*, **97**, 61–75, doi:10.1016/j.jclepro.2014.07.003.
- Resta, B., P. Gaiardelli, S. Cavalieri, and S. Dotti, 2017: Enhancing the Design and Management of the Product-Service System Supply Chain: An Application to the Automotive Sector. *Serv. Sci.*, **9**, 302–314, doi:10.1287/serv.2017.0193.
- Rosas, J., and L. M. Camarinha-Matos, 2008: Modeling collaboration preparedness assessment. *Collab. Networks Ref. Model.*, 227–252, doi:10.1007/978-0-387-79426-6_17.
- Rosas, J., and L. M. Camarinha-Matos, 2009: An approach to assess collaboration readiness. *Int. J. Prod. Res.*, **47**, 4711–4735, doi:10.1080/00207540902847298.
- Saccani, N., F. Visintin, and M. Rapaccini, 2014: Investigating the linkages between service types and supplier relationships in servitized environments. *Int. J. Prod. Econ.*, **149**, 226–238, doi:10.1016/j.ijpe.2013.10.001. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.10.001>.
- Santanen, E., G. Kolfschoten, and K. Golla, 2006: The collaboration engineering maturity model. *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, **1**, doi:10.1109/HICSS.2006.455.
- Schenkl, S. A., D. Schneider, M. Mörtl, and U. Lindemann, 2013: PSS For Preventing Product Imitation. *Philos. Stone Sustain.*, 483–488, doi:10.1007/978-3-642-32847-3_81.
- Schleimer, S. C., and A. D. Shulman, 2011: A comparison of new service versus new product development: Configurations of collaborative intensity as predictors of performance. *J. Prod. Innov. Manag.*, **28**, 521–535, doi:10.1111/j.1540-5885.2011.00823.x.
- Schnürmacher, C., H. Hayka, and R. Stark, 2015: Providing Product-Service-Systems - The long way from a product OEM towards an original solution provider (OSP). *Procedia CIRP*, **30**, 233–238, doi:10.1016/j.procir.2015.02.124. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.124>.
- Schuh, G., W. Boos, and M. Völker, 2011: Collaboration platforms to enable global service provision in the tooling industry. *Prod. Eng.*, **5**, 9–16, doi:10.1007/s11740-010-0274-x.
- Schweitzer, E., and J. C. Aurich, 2010: Continuous improvement of industrial product-service systems. *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, **3**, 158–164, doi:10.1016/j.cirpj.2010.04.002.
- Servajean-Hilst, R., 2018: Necessary governing practices for the success (and failure) of client-supplier innovation cooperation. *Contrib. to Manag. Sci.*, 79–100, doi:10.1007/978-3-319-74304-2_4.
- Shah, R. H., and V. Swaminathan, 2008: Factors influencing partner selection in strategic alliances: The moderating role of alliance context. *Strateg. Manag. J.*, **29**, 471–494, doi:10.1002/smj.656.
- Shankar, V., L. L. Berry, and T. Dotzel, 2009: A practical guide to combining products services. *Harv. Bus. Rev.*, **87**.
- Shimomura, Y., and F. Akasaka, 2013: Product-Service Integration for Sustainable Solutions. 27–40, doi:10.1007/978-3-642-30820-8. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-30820-8>.
- Smith, L., R. Maull, and I. C. L. Ng, 2014: Servitization and operations management: A service dominant-logic approach. *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, **34**, 242–269, doi:10.1108/IJOPM-02-2011-0053.
- Sosa, M. E. E., S. D. Eppinger, M. Pich, D. G. McKendrick, and S. K. K. Stout, 2002: Factors that Influence Technical Communication in Distributed Product Development: An Empirical Study in the Telecommunications Industry. *IEEE Trans. Eng. Manag.*, **49**, 45–58, doi:10.1109/17.985747.

- http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=985747.
- Sundin, E., and M. Lindahl, 2008: Rethinking product design for remanufacturing to facilitate integrated product service offerings. *IEEE Int. Symp. Electron. Environ.*, doi:10.1109/ISEE.2008.4562901.
- Taipale-Eräväla, K., M. Muhos, and K. Ala-Rämi, 2021: Competence development needs for micro-enterprises entering servitisation. *Int. J. Value Chain Manag.*, **12**, 86–105, doi:10.1504/IJVC.2021.112846.
- Takeuchi, H., and I. Nonaka, 1986: The new new product development game. *Harv. Bus. Rev.*, **64**, 137–146.
- Talas, Y., 2020: Contribution des technologies de l'information et de la communication au succès de la collaboration client-fournisseur en développement de produits nouveaux.
- Tanev, S., G. Liotta, and A. Kleismantas, 2015: A business intelligence approach using web search tools and online data reduction techniques to examine the value of product-enabled services. *Expert Syst. Appl.*, **42**, 7582–7600, doi:10.1016/j.eswa.2015.06.006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2015.06.006>.
- Tran, T. A., and J. Y. Park, 2014: Development of integrated design methodology for various types of product — service systems. *J. Comput. Des. Eng.*, **1**, 37–47, doi:10.7315/JCDE.2014.004. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2288430014500048>.
- Tukker, A., 2004: Eight types of product-service system: Eight ways to sustainability? Experiences from suspronet. *Bus. Strateg. Environ.*, **13**, 246–260, doi:10.1002/bse.414.
- Tukker, A., 2015: Product services for a resource-efficient and circular economy - A review. *J. Clean. Prod.*, **97**, 76–91, doi:10.1016/j.jclepro.2013.11.049. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.049>.
- Tukker, A., and U. Tischner, 2006: Product-services as a research field: past, present and future. Reflections from a decade of research. *J. Clean. Prod.*, **14**, 1552–1556, doi:10.1016/j.jclepro.2006.01.022.
- Vandermerwe, S., and J. Rada, 1988: Servitization of business: Adding value by adding services. *Eur. Manag. J.*, **6**, 314–324, doi:10.1016/0263-2373(88)90033-3.
- Vargo, S. L., and R. F. Lusch, 2004: Evolving to a New Dominant Logic for Marketing. *J. Mark.*, **68**, 1–17, doi:10.1509/jmkg.68.1.1.24036. <http://journals.sagepub.com/doi/10.1509/jmkg.68.1.1.24036>.
- Vargo, S. L., and M. A. Akaka, 2009: Service-Dominant Logic as a Foundation for Service Science: Clarifications. *Serv. Sci.*, **1**, 32–41, doi:10.1287/serv.1.1.32.
- Varoutsas, E., and R. W. Scapens, 2015: The governance of inter-organisational relationships during different supply chain maturity phases. *Ind. Mark. Manag.*, **46**, 68–82, doi:10.1016/j.indmarman.2015.01.006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indmarman.2015.01.006>.
- Vendrell-Herrero, F., Y. Vaillant, O. F. Bustinza, and E. Lafuente, 2021: Product lifespan: the missing link in servitization. *Prod. Plan. Control*, **0**, 1–17, doi:10.1080/09537287.2020.1867773. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1867773>.
- Vezzoli, C., C. Kohtala, A. Srinivasan, L. Xin, M. Fusakul, D. Sateesh, and J. C. Diehl, 2017: *Product-service system design for sustainability*. Routledge,.
- Villena, V. H., E. Revilla, and T. Y. Choi, 2011: The dark side of buyer-supplier relationships: A social capital perspective. *J. Oper. Manag.*, **29**, 561–576, doi:10.1016/j.jom.2010.09.001.
- Wagner, S. M., and M. Hoegl, 2006: Involving suppliers in product development: Insights from R&D directors and project managers. *Ind. Mark. Manag.*, **35**, 936–943, doi:10.1016/j.indmarman.2005.10.009.
- Wallin, J., A. Larsson, O. Isaksson, and T. Larsson, 2011: Measuring Innovation Capability – Assessing Collaborative Performance in Product-Service System Innovation. *Functional Thinking for Value Creation*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 207–212 http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-19689-8_37 (Accessed April 8, 2019).
- Wallin, J., V. Parida, and O. Isaksson, 2015: Understanding product-service system innovation

- capabilities development for manufacturing companies. *J. Manuf. Technol. Manag.*, **26**, 763–787, doi:10.1108/JMTM-05-2013-0055.
- Wang, X., and C. Durugbo, 2013: Analysing network uncertainty for industrial product-service delivery: A hybrid fuzzy approach. *Expert Syst. Appl.*, **40**, 4621–4636, doi:10.1016/j.eswa.2013.01.062. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2013.01.062>.
- Wasko, M. M., and S. Faraj, 2005: Why should I share? Examining social capital and knowledge contribution in electronic network of practice. *MIS Q.*, **29**, 35–57, doi:Article.
- van Weele, A. J., 2018: Mission impossible: How to make early supplier involvement work in new product development? *Contrib. to Manag. Sci.*, 141–162, doi:10.1007/978-3-319-74304-2_7.
- Weigel, S., and K. Hadwich, 2018: Success factors of service networks in the context of servitization – Development and verification of an impact model. *Ind. Mark. Manag.*, **74**, 254–275, doi:10.1016/j.indmarman.2018.06.002. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2018.06.002>.
- Westphal, I., K. D. Thoben, and M. Seifert, 2007: Measuring collaboration performance in virtual organizations. *IFIP International Federation for Information Processing*, Vol. 243 of, Springer US, Boston, MA, 33–42 http://link.springer.com/10.1007/978-0-387-73798-0_4 (Accessed May 22, 2018).
- Wibisono, Y. Y., R. Govindaraju, D. Irianto, and I. Sudirman, 2018: Interaction quality and the influence on offshore IT outsourcing success. *Proc. 2017 Int. Conf. Data Softw. Eng. ICoDSE 2017*, **2018-Janua**, 1–6, doi:10.1109/ICODSE.2017.8285879.
- Widén-Wulff, G., and M. Ginman, 2004: Explaining knowledge sharing in organizations through the dimensions of social capital. *J. Inf. Sci.*, **30**, 448–458, doi:10.1177/0165551504046997.
- Wilberg, J., C. Hollauer, and M. Omer, 2015: Supporting the performance assessment of Product-Service Systems during the use phase. *Procedia CIRP*, **30**, 203–208, doi:10.1016/j.procir.2015.02.119. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212827115002012> (Accessed April 8, 2019).
- Windahl, C., and N. Lakemond, 2006: Developing integrated solutions: The importance of relationships within the network. *Ind. Mark. Manag.*, **35**, 806–818, doi:10.1016/j.indmarman.2006.05.010.
- Wu, G., C. Liu, X. Zhao, and J. Zuo, 2017: Investigating the relationship between communication-conflict interaction and project success among construction project teams. *Int. J. Proj. Manag.*, **35**, 1466–1482, doi:10.1016/j.ijproman.2017.08.006. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.08.006>.
- Wu, I. L., and M. L. Chiu, 2018: Examining supply chain collaboration with determinants and performance impact: Social capital, justice, and technology use perspectives. *Int. J. Inf. Manage.*, **39**, 5–19, doi:10.1016/j.ijinfomgt.2017.11.004. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.11.004>.
- Yager, M., 2016: Processus d'Intégration des Fournisseurs dans le Développement de Systèmes de Produits-Services. Université Grenoble Alpes, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01863997>.
- Yan, T., and K. J. Dooley, 2014: Buyer-supplier collaboration quality in new product development projects. *J. Supply Chain Manag.*, **50**, 59–83, doi:10.1111/jscm.12032.
- Yeniyurt, S., J. W. Henke, and G. Yalcinkaya, 2014: A longitudinal analysis of supplier involvement in buyers' new product development: Working relations, inter-dependence, co-innovation, and performance outcomes. *J. Acad. Mark. Sci.*, **42**, 291–308, doi:10.1007/s11747-013-0360-7.
- Yip, M. H., R. Phaal, and D. R. Probert, 2014: Stakeholder engagement in early stage product-service system development for healthcare informatics. *EMJ - Eng. Manag. J.*, **26**, 52–62, doi:10.1080/10429247.2014.11432020.
- Young-Ybarra, C., and M. Wiersema, 1999: Strategic Flexibility in Information Technology Alliances: The Influence of Transaction Cost Economics and Social Exchange Theory. *Organ. Sci.*, **10**, 439–459, doi:10.1287/orsc.10.4.439.
- Zadeh, L. A., 1965: Fuzzy sets. *Inf. Control*, **8**, 338–353, doi:10.1016/S0019-9958(65)90241-X. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001999586590241X>.
- Zegai, M. L., 2017: Synthèses des techniques de commande DTC associée à l'Intelligence Artificielle appliquée au contrôle d'un moteur asynchrone alimenté par onduleur multi-niveaux. .

- Zhang, M., H. Guo, and X. Zhao, 2017: Effects of social capital on operational performance: impacts of servitisation. *Int. J. Prod. Res.*, **55**, 4304–4318, doi:10.1080/00207543.2016.1246764. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2016.1246764>.
- Zhao, Y., E. Cavusgil, and S. T. Cavusgil, 2014: An investigation of the black-box supplier integration in new product development. *J. Bus. Res.*, **67**, 1058–1064, doi:10.1016/j.jbusres.2013.06.006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.06.006>.
- Zou, W., S. A. Brax, and R. Rajala, 2018: Complexity in Product-Service Systems: Review and Framework. *Procedia CIRP*, **73**, 3–8, doi:10.1016/j.procir.2018.03.319. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.319>.
- Zou, W., S. A. Brax, M. Vuori, and R. Rajala, 2019: The influences of contract structure, contracting process, and service complexity on supplier performance. *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, **39**, 525–549, doi:10.1108/IJOPM-12-2016-0756.

Annexes

ANNEXES	a
<i>Annexe I : Parties prenantes des PSS (Da Costa Fernandes et al. 2019).....</i>	<i>b</i>
<i>Annexe II : Quelques variables impactées correspondantes aux facteurs cités</i>	<i>c</i>
<i>Annexe III : Guide des entretiens semi-structurés dans le cadre des études de cas industriels.....</i>	<i>d</i>
<i>Annexe IV : Fiches validation des facteurs, KPIs et génération de règles d'inférences dans le cadre des études de cas</i>	<i>g</i>
<i>Annexe V : Profils des interviewés</i>	<i>i</i>
<i>Annexe VI : Notions de base sur la logique floue</i>	<i>j</i>
<i>Annexe VII : Fonctions d'appartenance</i>	<i>o</i>
<i>Annexe VIII: Questionnaire</i>	<i>w</i>
<i>Annexe IX : Exemple d'arbre de décision avec le processus de sélection des règles.....</i>	<i>mm</i>
<i>Annexe X : Exemples de listes de règles d'inférence.....</i>	<i>vv</i>

Annexe I : parties prenantes des PSS (Da Costa Fernandes et al. 2019)

Stakeholders	References																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Customer / Consumer	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*	*		*		*	
Manufacturer	*	*	*					*	*	*			*	*	*	*	*			*
Installation and service partner	*	*	*				*	*	*				*		*	*			*	*
Supplier		*				*	*	*					*	*	*			*	*	*
User					*				*				*	*		*				
Financial partner	*				*				*	*								*		
Government	*				*	*											*	*		
Industry interest group/authority/standard /domain experts													*					*		*
Insurer	*							*						*						
Society		*		*						*								*		
Provider for checkout and terminals						*						*				*		*		
Local provider		*				*		*	*				*							
Competitors									*								*			
Shipping company										*										
Regulators/non-commercial relationship	*					*														
Environment		*																		
After service firm			*																	
Entertainment firm			*																	
Legal adviser									*											
Logistic provider									*											
Freight forwarder									*											
Universities / Research institutes					*			*												
Design partner								*												
Technological partner								*												
Payment service provider												*								
App developer														*						
Retailer																				*
Recycling company																				*
A. (Överholm, 2017)					I. (Rivas-Hermann, Köhler and Scheepens, 2015)					O. (Vasantha <i>et al.</i> , 2013)										
B. (Benedetti <i>et al.</i> , 2016)					J. (Zhang <i>et al.</i> , 2015)					P. (Kim <i>et al.</i> , 2012)										
C. (Ferreira <i>et al.</i> , 2016)					K. (Ziout and Azab, 2015)					Q. (Zonghu, Dandan and Jian, 2012)										
D. (Gilles and Christine, 2016)					L. (Zolnowski, Weiß and Böhmman, 2014)					R. (Bergema <i>et al.</i> , 2011)										
E. (Hannon, Foxon and Gale, 2015)					M. (Yip, Phaal and Probert, 2013)					S. (Tan, Mcaloone and Gall, 2007)										
F. (Hollauer, Venkataraman and Omer, 2015)					N. (Panarotto <i>et al.</i> , 2013)					T. (Williams, 2006)										
G. (Lucile, Alan and Daniel, 2015)																				
H. (Peruzzini, Marilungo and Germani, 2015)																				

Annexe II : quelques variables impactées correspondantes aux facteurs cités

Variable impactée	Auteurs
Buyer–supplier collaboration quality	(Yan and Dooley 2014)
Coordination	(Akgün et al. 2005)
Interorganizational cooperation	(Bensaou 1997)
Knowledge sharing	(Chiu et al. 2006; Chow and Chan 2008; Wasko and Faraj 2005; Chen and Hung 2010; Chang and Chuang 2011)
Project collaboration quality	(Dietrich et al. 2010)
Success of collaboration process	(Büyükoçkan and Arsenyan 2012)
Team effectiveness	(Van den Bossche et al. 2006)
Partnership Quality	(Lee and Kim 1999)
Success of Partnership	(Mohr and Spekman 1994)
Intensity of collaboration	(Schleimer and Shulman 2011)
Partnership efficacy	(Bstieler 2006)
Relationship Management	(Lam and Chin 2005)

Annexe III : guide des entretiens semi-structurés dans le cadre des études de cas industriels

Notre objectif dans cet entretien est de comprendre et d'analyser les pratiques industrielles dans le cadre d'une collaboration inter-organisationnelle pour le développement et la gestion des Systèmes Produit-Service (PSS).

Cette étude devrait nous permettre de développer un Framework de pilotage des collaborations inter-organisationnelles qui permettra aux entreprises d'évaluer et d'améliorer de la performance de leurs collaborations.

Note : l'entretien est semi-structuré, ce qui implique que les questions posées ne serviront qu'à diriger la discussion. L'intervieweur peut ainsi rebondir sur d'autres questions, selon l'évolution de la discussion.

Points de discussion:

1. Description du Système Produit-Service :

- Pourriez-vous décrire le système produit-service ainsi que ses composants ?
- Dans la première question, identifier la partie service et le type du PSS.

2. Caractéristiques du projet et des partenaires :

- *Informations générales sur le projet :* quelle est la durée (approximative) du projet ? Quelle est la taille de l'équipe ?
- Quelle sont les étapes principales du projet ? Et celles du processus de collaboration ?
- Qui sont les différents acteurs de l'écosystème ayant fait (ou faisant actuellement) partie du projet ? Quel a été le rôle de chaque acteur ?
- Sur quelle base le choix de ces partenaires a-t-il été fait ? Quelles sont les compétences qui ont influencé ce choix ? Y a-t-il eu d'autres compétences identifiées au cours du projet ?
- Durant quelle phase du projet a été intégré chacun des acteurs ? (Génération d'idées, définition du concept, conception détaillée, industrialisation/ production pilote)
- Concernant les partenaires de conception, quel est le niveau de responsabilité qui leur est accordé ? Quels partenaires sont impliqués dans les décisions stratégiques ?
- Une fois le PSS développé, quels sont les partenaires qui sont/seront impliqués dans la phase opérationnelle ? Y'a-t-il d'autres partenaires introduits durant cette phase ?

3. Environnement de la collaboration

- Comment jugez-vous la relation qu'il y a eu entre les partenaires ? Seriez-vous prêts à refaire l'expérience de collaboration avec ces mêmes partenaires ?
- Comment avez-vous adapté votre manière de communiquer ?
- Comment avez-vous géré la coordination entre les partenaires ? (objectifs, pratiques, tâches)

- y'a-t-il eu un partage de standards, nécessité d'adaptations, problèmes d'accès à l'information, fréquence d'échanges, outils de communication.

4. Particularités d'un projet de développement de système produit-service

- Comment avez-vous géré la diversité des domaines de connaissances présents dans ce projet ?
- Quelles ont été les particularités de la gestion des contrats et la gestion des risques dans ce type de projets ?
- Quelles phases antérieures du cycle de vie du PSS ont été prises en compte dès les phases amont de la conception (ex. SAV, maintenance, réutilisation...) ? Quels ont été les défis par rapport à cela ?
- Quels sont les principaux défis que vous avez rencontrés lors de ce projet ?
- Selon vous, quelles sont les particularités qui caractérisent ce type de projet par rapport à un projet de développement de produit pure ? Et quelles compétences seraient nécessaires dans ce type de projets ?

Annexe IV : fiches validation des facteurs, KPIs et génération de règles d'inférences dans le cadre des études de cas

- Veuillez noter de 1 à 5 l'importance des facteurs suivants lors de ce projet collaboratif :

1 => Peu important

5 => Très important

Facteurs impactant la qualité de la collaboration	Importance (de 1 à 5)
Confiance	
Engagement	
Qualité de la communication	
Coordination	
Langage commun	
Objectifs communs	
Vision et valeurs communes	
Interdépendance	
Liens sociaux	

- D'autres facteurs qui vous semblent importants ?
- Dire si vous êtes d'accord ou pas d'accord avec les propositions suivantes (avec justification) :
 - *Le temps perdu dans la négociation excessive lors des transactions avec les partenaires* indique une **faible confiance**
 - *L'historique des collaborations réussies* indique **une confiance élevée**
 - *Un degré élevé de restriction de l'information (info stratégique, technique, plan marketing)* indique **une faible confiance**,
 - *Inversement, un accès libre à l'information* indique **une confiance élevée**
 - *Une participation élevée du partenaire dans les décisions du projet* indique **un engagement élevé** de sa part
 - *Un non-respect des délais du planning* indique souvent un **engagement faible/moyen du partenaire**
 - *La réactivité des partenaires face aux demandes de modifications* indique **un engagement élevé**
 - *Des réunions efficaces* indiquent **une bonne qualité de la communication**

Efficacité des réunions = Nombre de réunions générant une idée ou des décisions / Nombre total des réunions

- *Des restrictions des canaux de communication* indiquent **une faible qualité de la communication**
- *La fréquence d'échange d'information est plus élevée* pour les business modèles PSS
- Il y a **plus d'interactions clients et une collecte de données clients plus élevée**. Dans les business modèles PSS
- *La fréquence d'ajustement du planning (dates, tâches)* est indicateur d'une **coordination efficace**
- La capacité de l'équipe projet à résoudre les conflits/problèmes sans les remonter à la direction est un indicateur d'une **coordination efficace**
- *Les adaptations des partenaires aux processus/procédures/pratiques de l'OEM* sont **plus élevées** dans le cas PSS
- *Les compétences en consulting* sont **particulièrement nécessaires** dans les business modèles PSS

- *La pluridisciplinarité (maitrise technique des différents composants du PSS) est **particulièrement importante** dans les business modèles PSS*
 - *Des soft skills en partenariat sont **d'autant plus importants** dans les business modèles PSS*
- Veuillez noter de 1 à 5 l'importance des facteurs suivants lors de ce projet collaboratif :

1 => Peu pertinent

5 => Très pertinent

Indicateurs de performance	Pertinence (de 1 à 5)
Confiance	
Coûts de pré-transaction	
Coûts de post-transaction	
Historique des collaborations	
% de protection de l'information : <ul style="list-style-type: none"> - Informations stratégiques - Plans marketing - Informations techniques 	
Engagement des partenaires	
% de participation aux décisions	
Respect du planning	
% de réactivité	
Equilibre du risque	
Communication	
% de l'efficacité des réunions	
% d'ouverture des canaux de communication	
Fréquence de partage d'informations	
% de réciprocité dans le partage des connaissances	
% de collecte de données par rapport aux interactions-clients	
Fréquence des problèmes liés au manque d'informations	
Coordination	
Fréquence d'ajustement du planning	
Remontée des problèmes	
Considération du cycle de vie par rapport aux différentes fonctions	
Interopérabilité	
Adaptations mutuelles	
Adéquation aux standards	

Annexe V : profils des interviewés

Afin de limiter le biais, nous avons fait le choix lors de la description des études de cas de ne pas mentionner l'identité des interviewés et celle des entreprises. Ces dernières sont de ce fait présentées dans cette annexe.

Cas A : Chaussure connectée

Interview 1 :

Nom : Joslain Brisseau

Poste occupé : Responsable de programme

Entreprise : Parade Connect (Groupe Eram)

Interview 2 :

Noms : Ludovic Marquet et Patrick Plainchault

Poste occupé : Ingénieur commercial (Ludovic), directeur scientifique (Patrick)

Entreprise : We Network (partenaire de Parade Connect)

Cas B : robot de perçage

Interview 1 :

Nom : Guy Caverot

Poste occupé : Directeur innovation et robotique

Entreprise : Alstef Group

Interview 2 :

Nom : Patrice Robert

Poste occupé : Responsable R&D robotique

Entreprise : Bouygues Travaux Publiques (partenaire de Alstef Group)

Cas C : Robot de chirurgie

Interview :

Nom : Guy Caverot

Poste occupé : Directeur innovation et robotique

Entreprise : Alstef Group

OEM dans le cas C : General Electric

Annexe VI : notions de base sur la logique floue

Nous présentons ici les notions de base des calculs de la logique floue (Belkadi 2006) effectués tout au long du processus d'évaluation proposé.

ENSEMBLES CLASSIQUES VS ENSEMBLES FLOUS

Dans la théorie des ensembles classiques, un ensemble est représenté par la liste de ses composants. Pour représenter l'appartenance d'un élément X à un ensemble classique (ou net) A , on définit la fonction caractéristique $\gamma_A(x)$ telle que :

$$\gamma_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in A \\ 0 & \text{si } x \notin A \end{cases}$$

La valeur de vérité est dite dans ce cas complètement bivalente, vraie ou fausse. Considérons un produit assemblé en France. Son appartenance à un ensemble flou est vraie si les composants sont tous fabriqués en France, fausse s'ils sont fabriqués à l'étranger. De même, une personne peut être considérée comme habitant prêt de Paris si elle habite par exemple dans un rayon inférieur à 80 km, loin si elle habite dans un rayon supérieur à 80 km.

Cette façon de représenter la distance peut engendrer des ambiguïtés dans les cas limites : quelle sera l'appartenance d'une personne habitant à 78 km ou à 82 km de Paris ? La logique classique est dans ce cas incapable de représenter des connaissances vagues, imprécises ou approximatives. La logique floue est venue combler ce vide, elle permet par ses propriétés d'intégrer les aspects subjectifs et incertains associés au jugement de l'expert humain, son raisonnement, ainsi qu'à ses appréciations de l'environnement qui l'entoure. Elle permet par ce fait, de modéliser l'incertitude et les imprécisions dans la connaissance :

- Incertitude sur la connaissance : Dans ce cas, on connaît la valeur de x mais on ne sait pas à quel ensemble elle appartient. x peut appartenir à plusieurs ensembles avec différents (ou mêmes) degrés d'appartenance.
- Imprécision sur la connaissance : Dans ce cas, on connaît l'ensemble (ou les ensembles) auquel appartient x mais on ne connaît pas la valeur exacte de x . L'ensemble flou représente la possibilité pour que $x = x'$.

Considérons le produit mentionné plus haut, très souvent les composants ne sont pas tous fabriqués dans le même lieu. Dans ce contexte on peut choisir comme critère représentatif de l'appartenance du produit à un ensemble donné « nombre de composants du produit fabriqués en France ». De ce fait 3 ensembles peuvent être définis, l'appartenance à chaque ensemble n'est pas stricte (absolue), mais comporte des transitions graduelles de l'appartenance (vrai degré 1) ou de la non appartenance (faux degré 0). :

- Produit de fabrication locale dont le taux de composants fabriqués en France est supérieur à 60 %,
- Produit de fabrication mixte correspond aux produits dont le taux de pièces fabriquées en France se situe entre 20 et 80 %,
- Produit de fabrication étrangère dont le taux est inférieur à 20 %.

Cette forme de représentation introduit des espaces de chevauchement représentant les zones d'ambiguïté dans la classification.

LES VARIABLES LINGUISTIQUES

Comme son nom l'indique, une variable linguistique (ou floue) est une variable dont les valeurs sont de nature linguistique. Ces valeurs sont exprimées en langage naturel ou artificiel et non pas avec des nombres. L'ensemble des différentes valeurs associées à une variable linguistique **définit l'univers de discours**.

Dans l'exemple de la classification du produit, type de fabrication est une variable linguistique, l'univers de discours de cette variable est composé des valeurs linguistiques (ou floues) : « fabrication locale » ; « fabrication étrangère » et « fabrication mixte ». La structure associée à une variable linguistique est la suivante :

{ **L** , **A** , χ , μ_A } telle que :

- **L** : Nom de la variable exemple : « type de fabrication »,
- **A** : Valeurs floue de la variable linguistique { fabrication locale, ... },
- χ : Intervalle des valeurs numériques réelles associées à la variable,
- μ_A : Interprétation de la valeur linguistique en fonction des valeurs quantitative x de χ et leur degré d'appartenance à cette valeur (notée : $\mu_A(x)$ tel que $\mu_A(x) \in [0, 1]$).

$$\mu_A = \sum_{x \in \chi} [\mu_A(x) / x] = \mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n + \dots$$

Exemple : la variable logique « type de fabrication » prend l'interprétation suivante :

$$\mu_{\text{(fabrication locale)}} = 0/0\% + \dots + 0/60\% + \dots + 0,5/70\% \dots + 1/80\% + \dots 1/100\%.$$

$$\mu_{\text{(fabrication mixte)}} = 0/0\% + \dots + 0/20\% + \dots + 0,5/30\% \dots + 1/30\% + \dots 1/70\% + \dots$$

$$\mu_{\text{(fabrication étrang.)}} = 1/10\% + \dots + 1/15\% + \dots + 0,5/22,5\% \dots + 0/30\% + \dots 0/100\%.$$

La première ligne signifie : un produit possédant un nombre de composants variant entre 0% et 60% n'appartient pas à l'ensemble « fabrication locale », un produit dont le nombre de

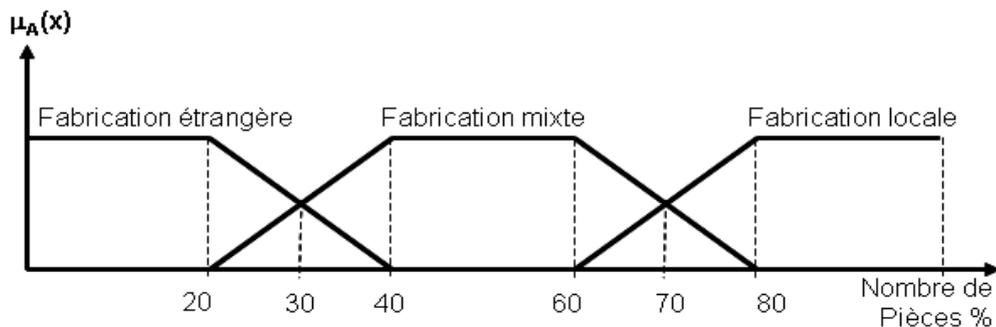
composant est de 70% est considéré de fabrication locale avec un degré d'appartenance de 0,50. Le même produit est considéré de fabrication mixte avec un degré d'appartenance de 0,5.

LES FONCTIONS D'APPARTENANCE

La fonction d'appartenance exprime la variation du degré d'appartenance $\mu_A(x)$ sur l'intervalle $[0,1]$ en fonction des variations de x sur l'intervalle χ des valeurs réelles associée à la variable linguistique. Elle représente la fonction mathématique associée à un sous ensemble flou. Par exemple, la fonction d'appartenance de la valeur floue « fabrication mixte » est donnée par la fonction qui s'exprime comme suit :

$$\mu_{(\text{fabrication mixte})}(X) = \begin{cases} 0 & x \in [00, 20] \% \cup [80, 100] \% \\ 0,05 \cdot X - 1 & x \in [20, 40] \% \\ 1 & x \in [40, 60] \% \\ -0,05 \cdot X + 4 & x \in [60, 80] \% \end{cases}$$

Dans la littérature, plusieurs formes particulières de fonctions d'appartenance sont proposées, les plus utilisées sont les formes triangulaires, trapézoïdales, gaussiennes ou gaussiennes, ... Dans notre exemple, la forme choisie est de type trapézoïde (figure A-86):



Fonctions d'appartenance pour la variable « type de fabrication »

Une fonction d'appartenance est définie par sa hauteur, son noyau et son support. Le complément d'un sous ensemble flou est donné par : $Comp(A) = \{ x \in X / \mu_{CA}(x) = 1 - \mu_A(x) \}$.

**** Remarque importante : (fonction d'appartenance et loi de probabilité) ****

Bien que les deux concepts : « fonction d'appartenance » et « loi de probabilité » affectent toutes les deux des valeurs dans l'intervalle $[0,1]$ avec des formes de distributions similaires

(gaussienne, triangulaire, ...), il s'agit en réalité de deux disciplines totalement différentes, un degré d'appartenance constitue une mesure de **croiance** par rapport à une notion vague telle que grand, intelligent, loin, ... Par contre, une probabilité est inévitablement associée à la notion d'événement aléatoire, elle représente **l'éventualité de l'occurrence** de cet événement.

RAISONNEMENT APPROXIMATIF ET DEDUCTIONS FLOUES

Le principal objectif de la logique floue est de pouvoir modéliser, imiter et simuler les fonctionnalités du raisonnement humain dans des situations incertaines ou imprécises. La logique floue permet aussi de manipuler des valeurs qualitatives plutôt que quantitatives. Dans ses travaux, Zadeh a initié le développement d'une nouvelle méthodologie de computation qui exprime le processus général du raisonnement approximatif à partir d'un système d'inférences floues. Un système d'inférences est composé par un ensemble de règles floues, dites règles d'inférences. Une règle d'inférences prend la forme générale suivante :

{ **SI** *Prémises* **ALORS** *Conséquences* }

La partie « Prémises » comporte un ensemble de propositions (P est Vp) à vérifier, elle regroupe les conditions qui dirigent une possibilité de solution du problème à résoudre. La partie « Conséquences » contient les conclusions relatives à ces conditions (solution), elle représente les décisions à prendre si une possibilité se présente. La forme globale d'un système à base de règles d'inférences est obtenue par une combinaison de toutes les règles possibles :

SI $P1$ est $V11$ (**ET/OU**) $P2$ est $V21$ (**ET/OU**) **ALORS** C est $C1$,
OU **SI** $P1$ est $V12$ (**ET/OU**) $P2$ est $V22$ (**ET/OU**) **ALORS** C est $C2$,
OU
OU **SI** $P1$ est $V1n$ (**ET/OU**) $P2$ est $V2n$ (**ET/OU**) **ALORS** C est Cn .

L'interprétation du raisonnement flou revient à déduire les résultats des implications associées aux règles floues à l'aide des opérateurs triangulaires T -norme, T -conorme. Le résultat global est une agrégation de toutes les implications à l'aide d'un T -conorme adapté [Dubois & al., 1991]. Une implication floue ($A \rightarrow B$) peut être représentée soit par une implication classique (c.à.d. l'opération ($\text{NON}(A) \text{ OU } B$)), soit par une opération d'intersection ($A \cap B$). L'interprétation d'une implication floue est obtenue par une application des opérateurs T -norme et T -conorme.

LES OPERATIONS FLOUES

Comme dans le cas des ensembles classiques, plusieurs opérations sont possibles sur les ensembles flous telles que : l'intersection, l'union et le complément. Toutes les propriétés définies dans la logique classique (associativité, distributivité, Morgan, ...) sont extensibles à la théorie de la logique floue. On retrouve dans la littérature une multitude de définitions des opérateurs T -norme et T -conorme (S -norme) implémentant ces opérations.

Un opérateur T-norme est une fonction quelconque de $([0,1] \times [0,1])$ vers $[0,1]$ permettant de définir la valeur d'une intersection de deux sous-ensembles (ou un opérateur logique ET). Une fonction est dite *T-norme* si elle satisfait les quatre critères suivants :

Associativité : $T(T(a,b),c) = T(a,T(b,c))$; Isotonie : $T(a, b) \leq T(c,d)$ si $a \leq c$ et $b \leq d$;
 Commutativité : $T(a,b) = T(b,a)$; Élément neutre 1 : $T(a, 1) = a$.

Un opérateur *T-conorme* (*S-norme*) est une fonction quelconque de $([0,1] \times [0,1])$ vers $[0,1]$ permettant de définir la valeur d'une union de deux sous-ensembles (ou un opérateur logique OU). Une fonction est dite *T-norme* si elle satisfait les propriétés d'associativité, d'isotonie, de commutativité et possède comme élément neutre la valeur 0 : $S(a, 0) = a$.

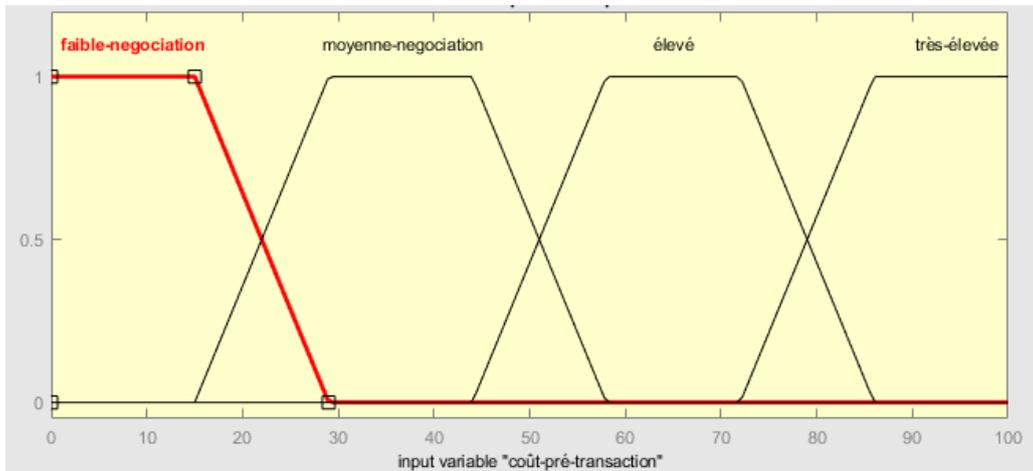
Les principaux opérateurs arithmétiques affectés aux opérateurs flous sont : le min, le max, la somme et le produit. Le tableau suivant résume les majeures propositions dans la littérature :

{E : sous-ensemble flou, P : proposition floue ; $a = \mu_A(x)$; $b = \mu_B(x)$; $T(a,b)$: T-norme ; $S(a,b)$: S-norme ; min : opération minimum ; max : opération maximum}.

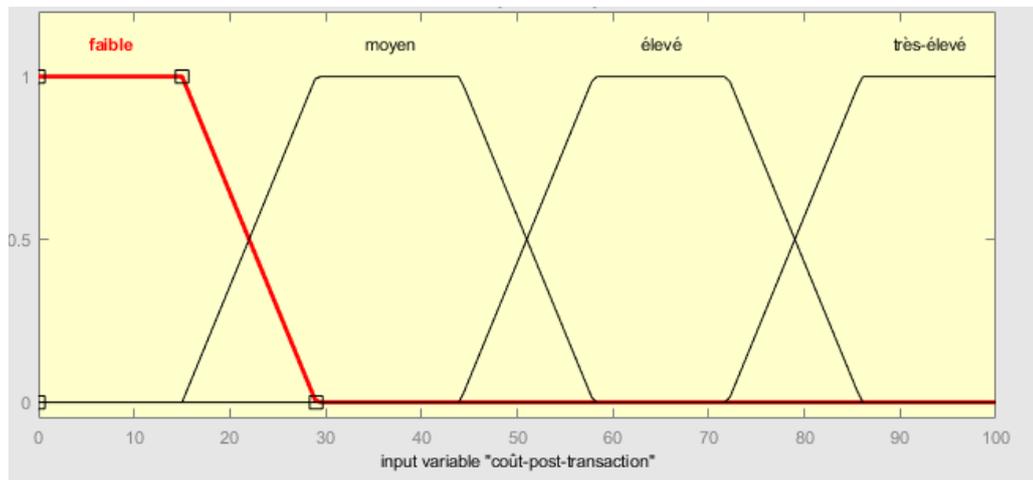
Différentes formalisations des opérateurs flous T-norme et S-norme

AUTEUR	$E_A \cap E_B ; P_A \wedge P_B \Leftrightarrow T(a,b)$	$E_A \cup E_B ; P_A \vee P_B \Leftrightarrow S(a,b)$
Zadeh 1973	Min (a,b)	Max (a,b)
Lukasiewicz 1976	Max (a + b - 1, 0)	Min (a + b - 1, 0)
Bandler 1980	a.b	a + b - a.b
Hamacher 1978	$a.b/(\gamma + (1 - \gamma)) ; a + b - ab$ $\gamma \geq 0$	$(a+b - (2 - \gamma).ab)/(1 - (1 - \gamma).ab)$ $\gamma \geq 0$
Weber 1983	a si b = 1 ; b si a = 1 ; 0 sinon	a si b = 0 ; b si a = 0 ; 1 sinon
Arithmétique	a . b	(a + b) / 2
ET et OU flou	$\gamma \min (a,b) + (1-\gamma)(a + b)/2$	$\gamma \max (a,b) + (1-\gamma)(a + b)/2$

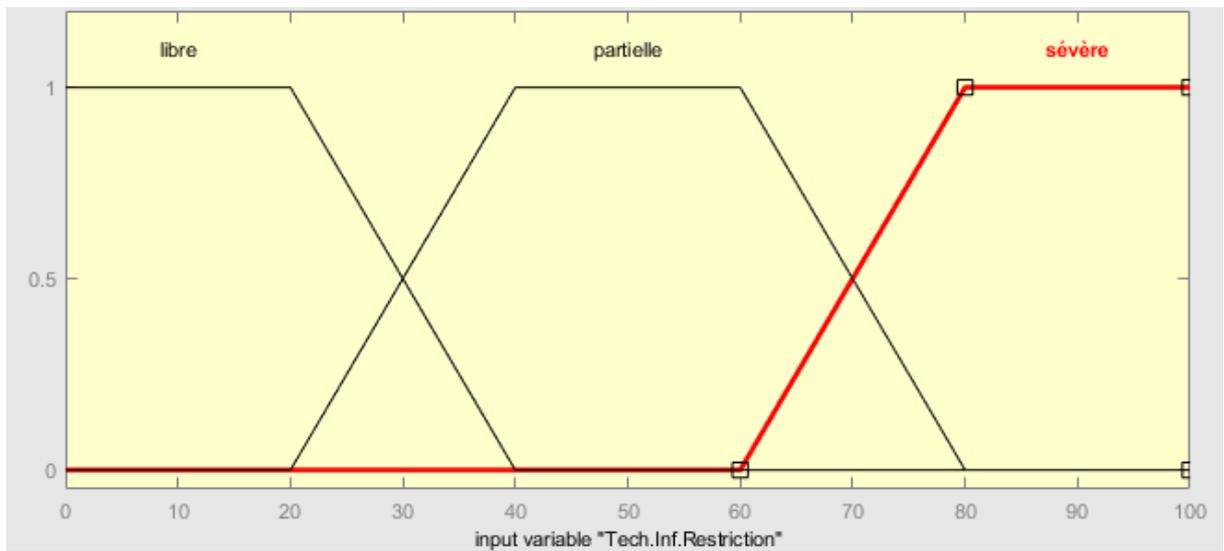
Annexe VII : fonctions d'appartenance



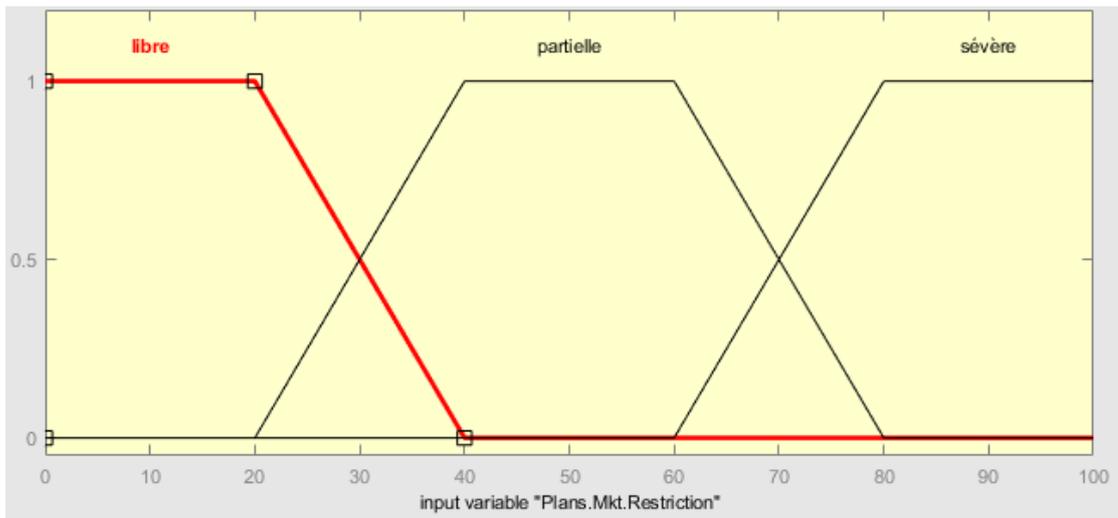
Fonctions d'appartenance pour la variable « coûts de pré-transaction »



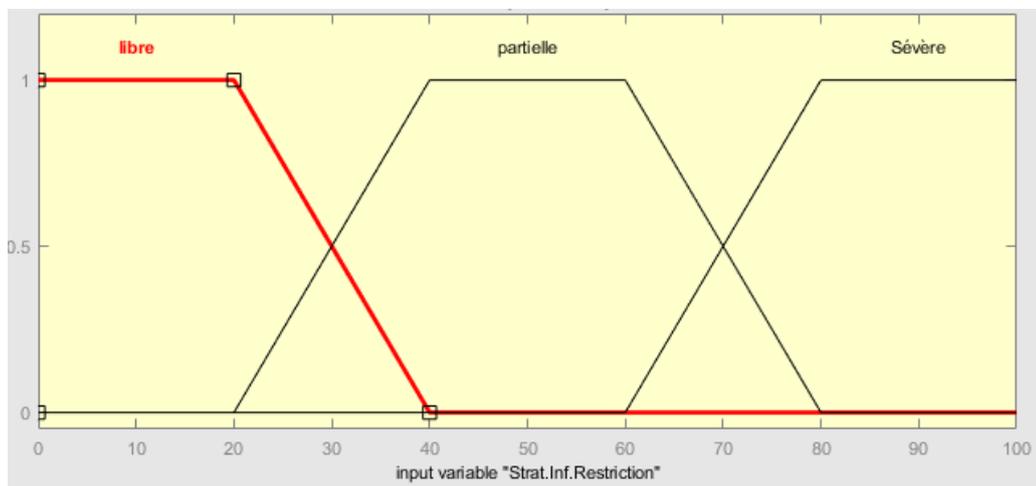
Fonctions d'appartenance pour la variable « coûts de post-transaction »



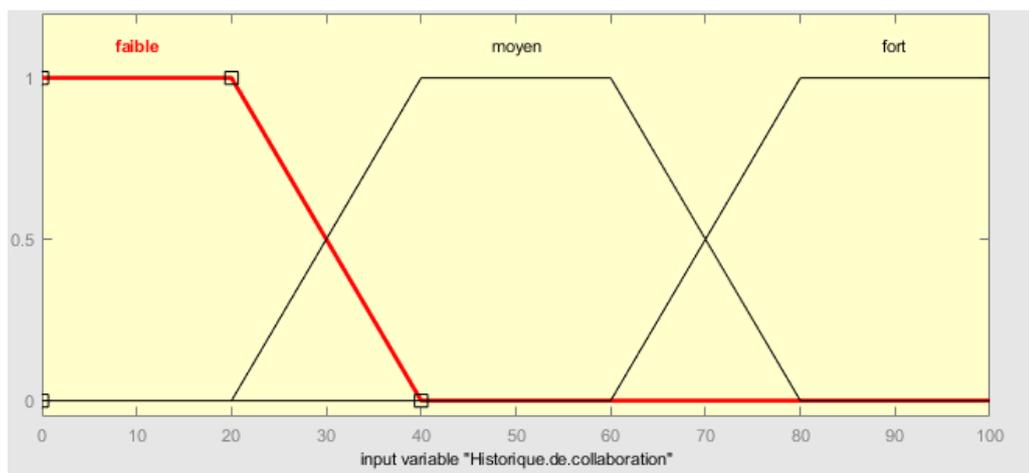
Fonctions d'appartenance pour la variable « protection des informations techniques »



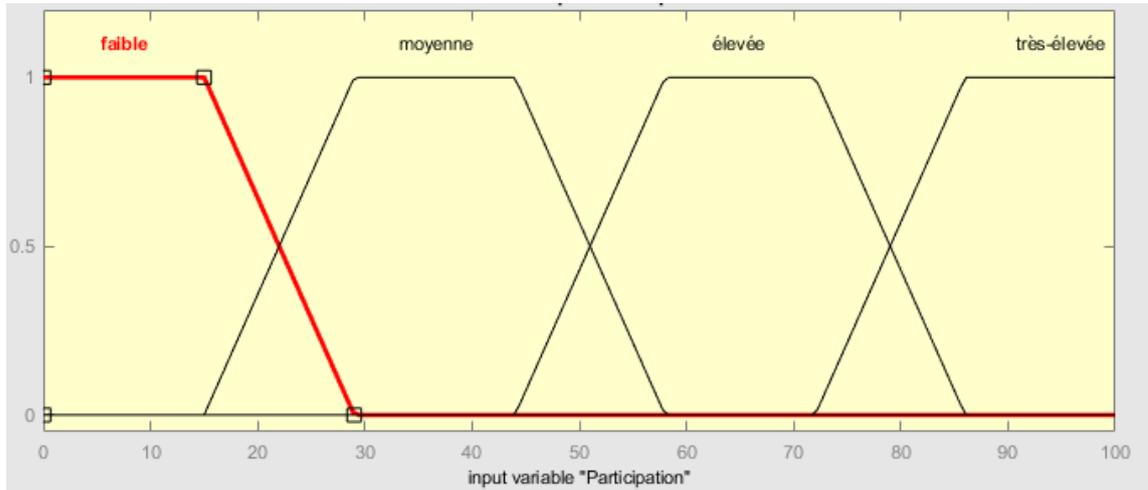
Fonctions d'appartenance pour la variable « protection des plans marketing »



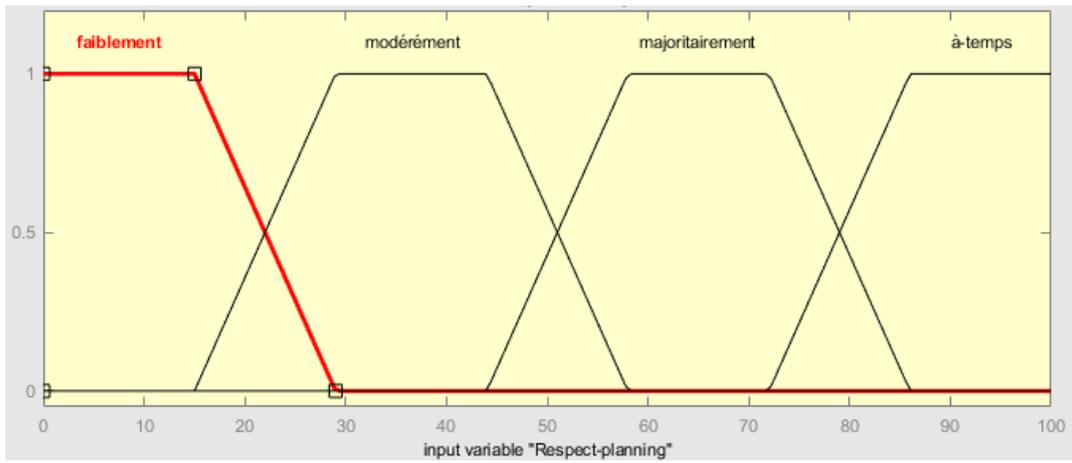
Fonctions d'appartenance pour la variable « protection des informations stratégiques »



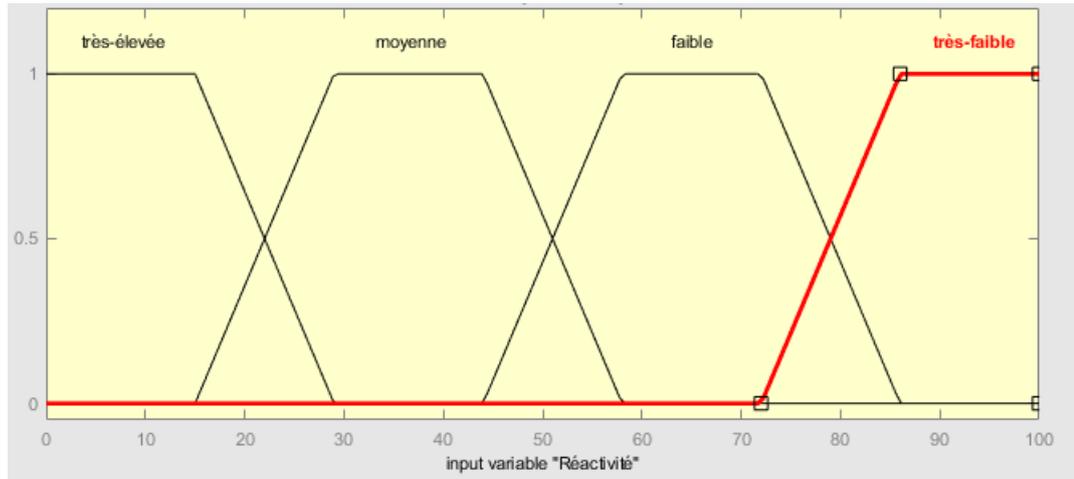
Fonctions d'appartenance pour la variable « historique des collaborations »



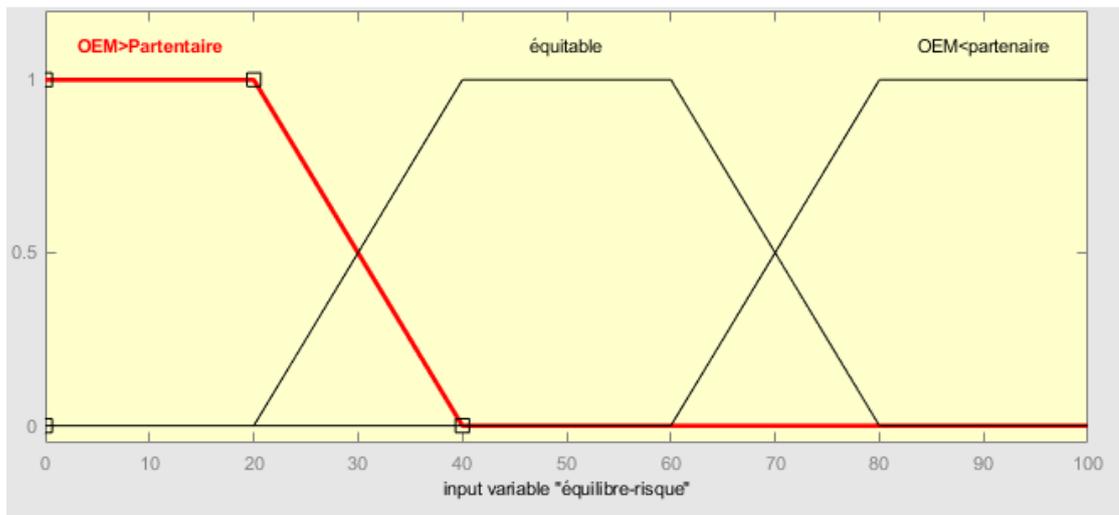
Fonctions d'appartenance pour la variable « participation aux décisions du projet »



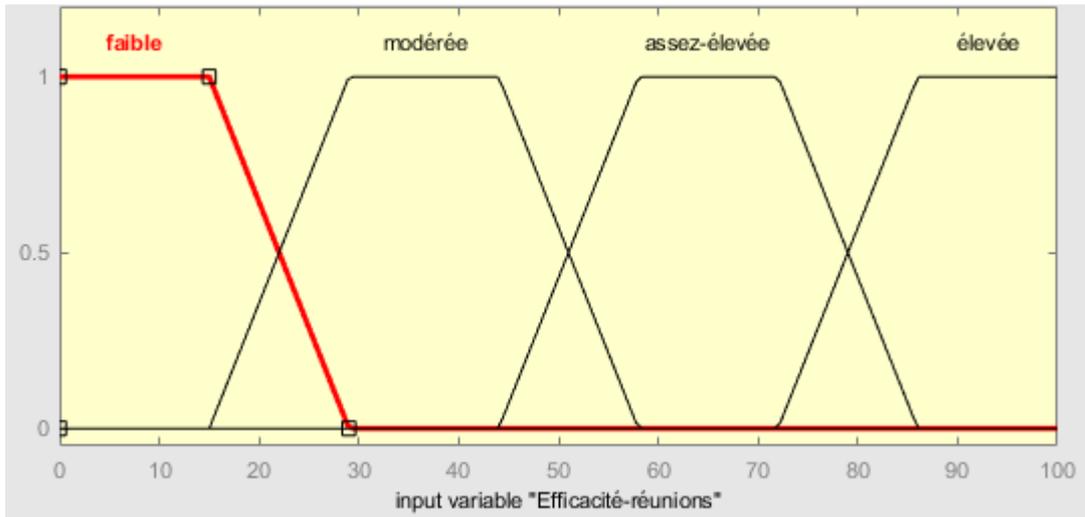
Fonctions d'appartenance pour la variable « Respect du planning »



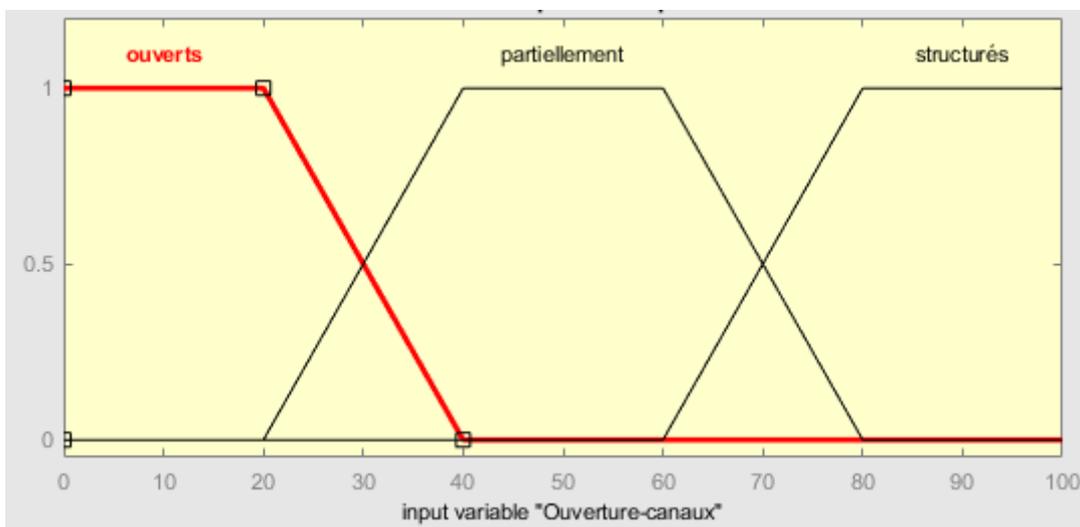
Fonctions d'appartenance pour la variable « Réactivité »



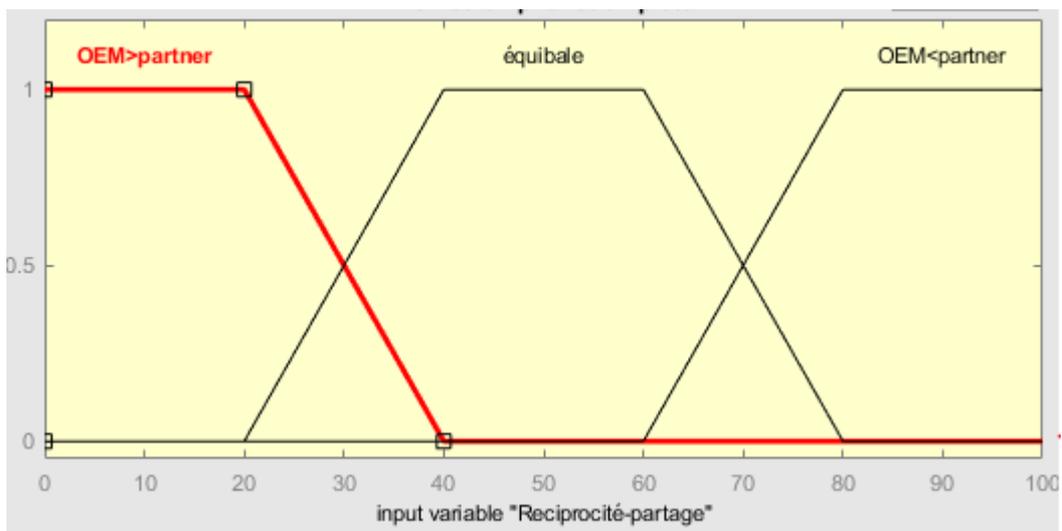
Fonctions d'appartenance pour la variable « Equilibre des risques »



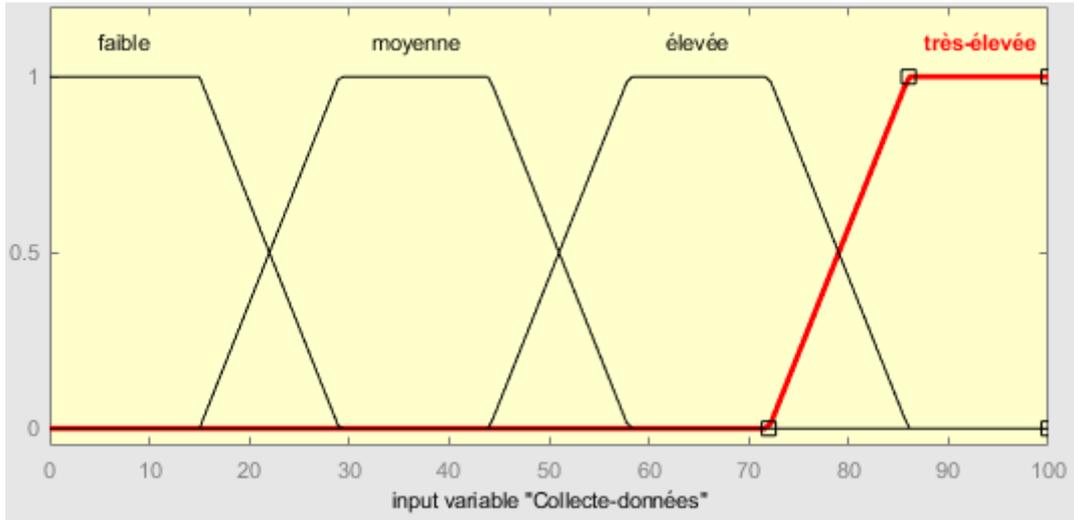
Fonctions d'appartenance pour la variable « Efficacité des réunions »



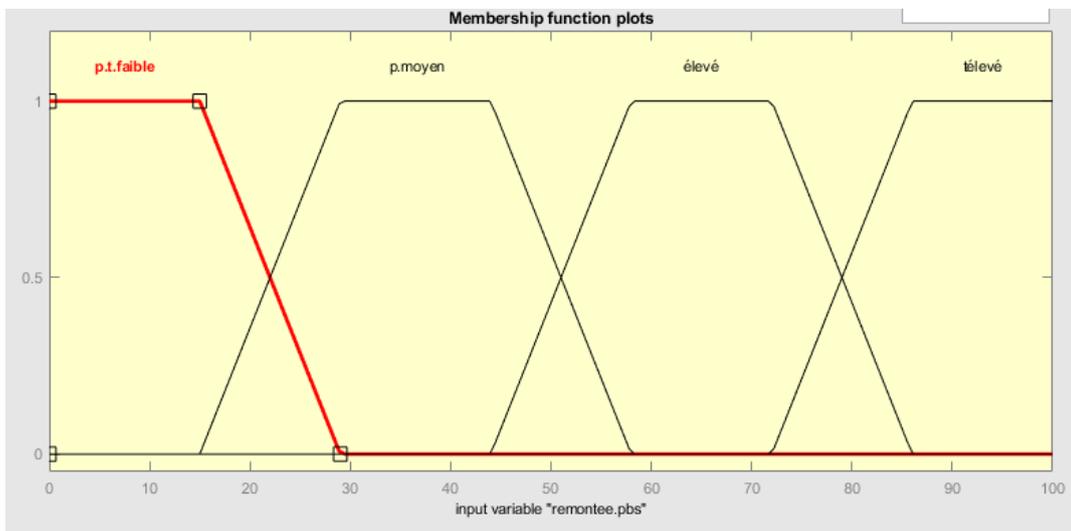
Fonctions d'appartenance pour la variable « Ouverture des canaux de communication »



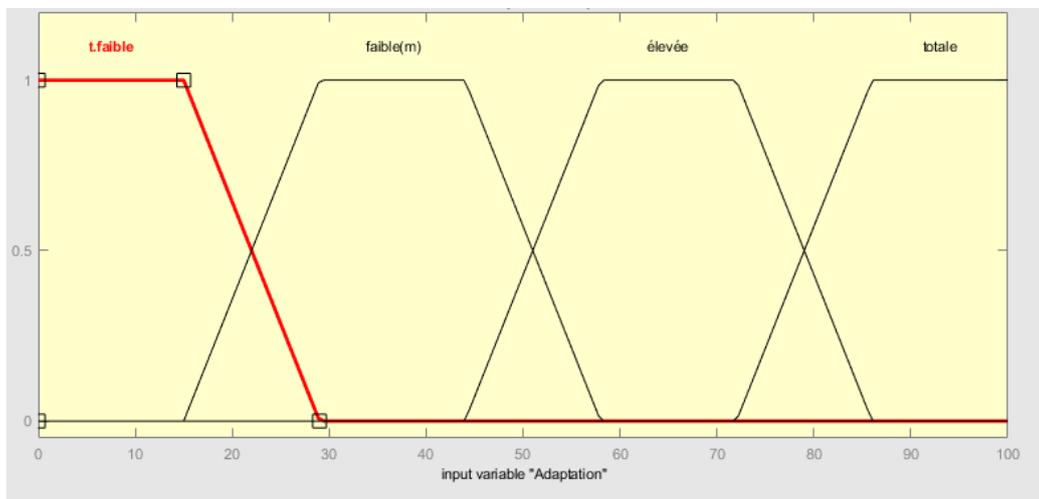
Fonctions d'appartenance pour la variable « Réciprocité dans le partage d'informations »



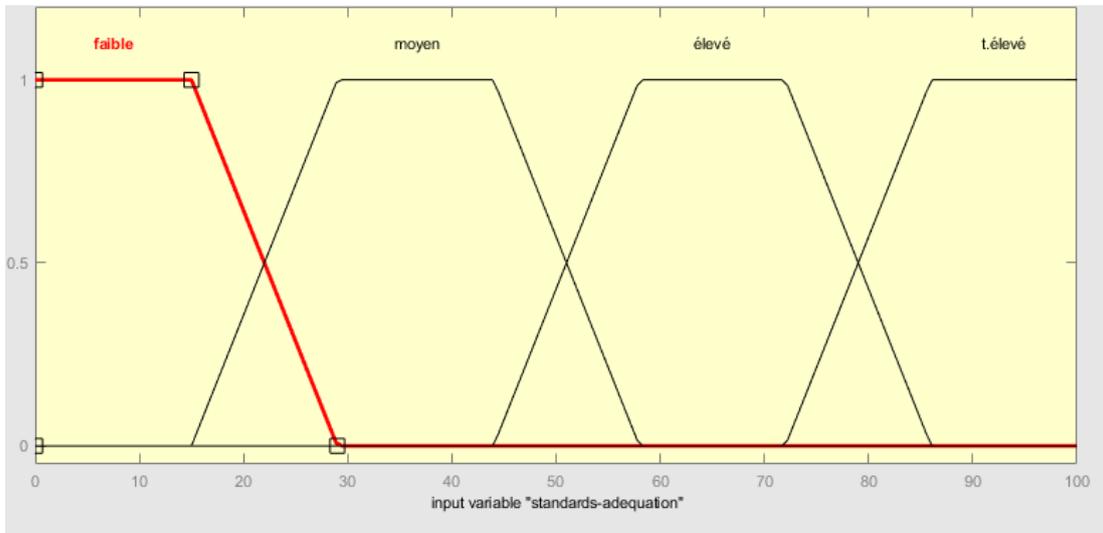
Fonctions d'appartenance pour la variable « Collecte de données clients »



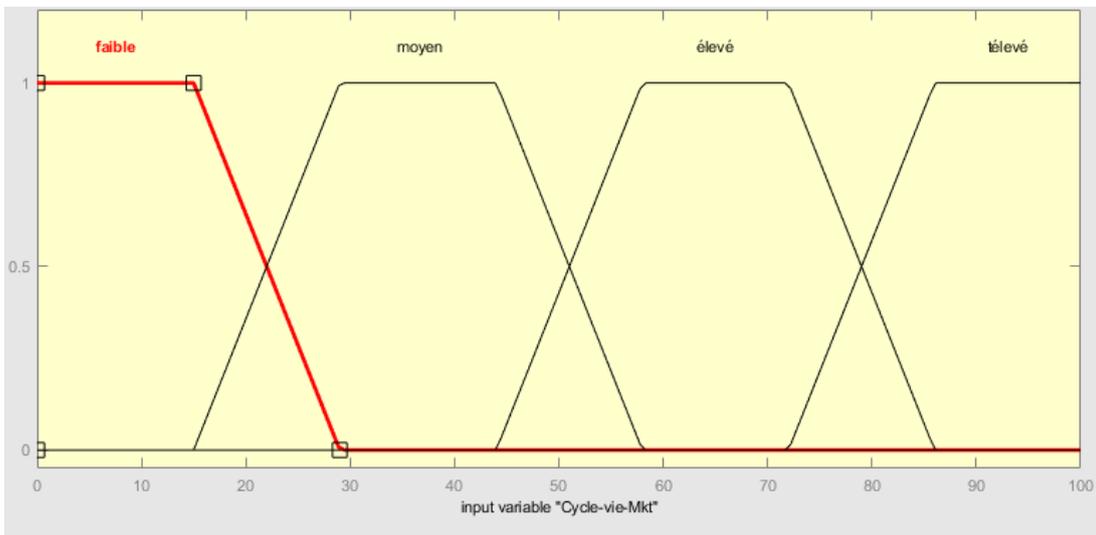
Fonctions d'appartenance pour la variable « Remontée des problèmes »



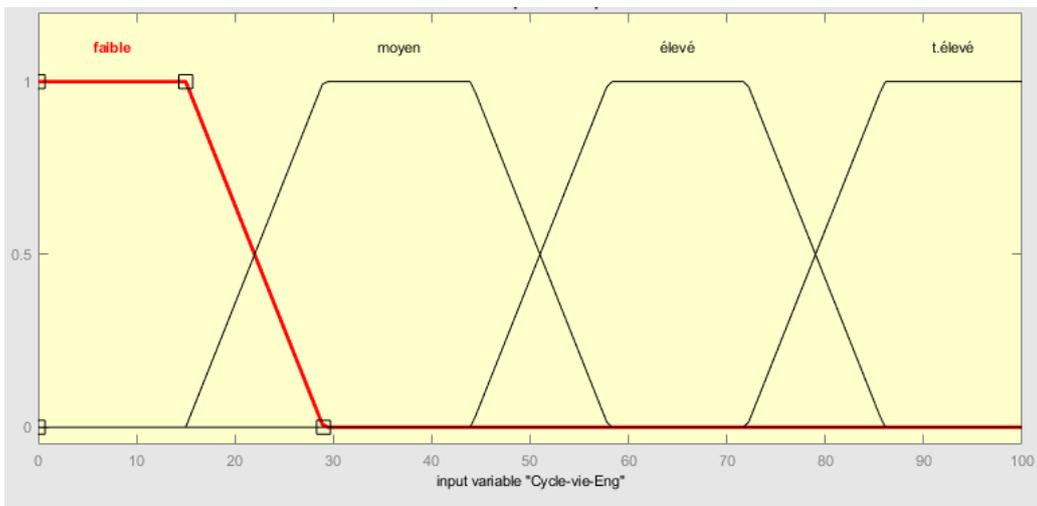
Fonctions d'appartenance pour la variable « Adaptation aux processus »



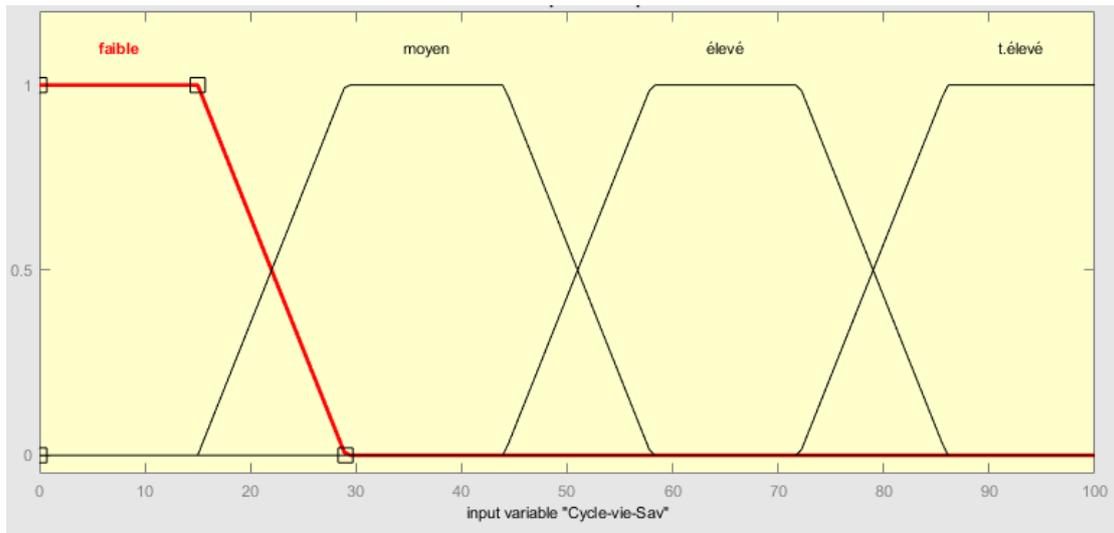
Fonctions d'appartenance pour la variable « Adéquation des standards »



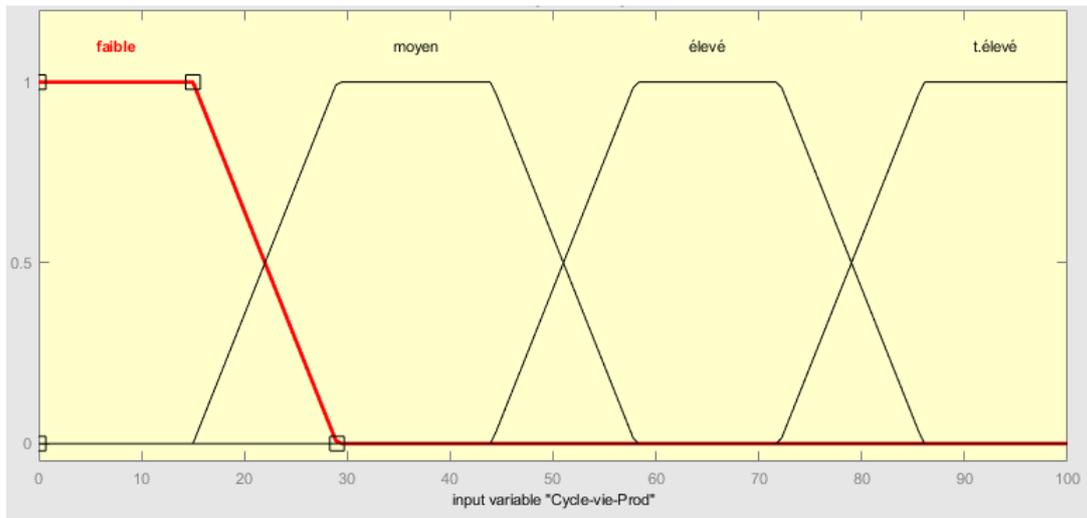
Fonctions d'appartenance pour la variable « implication de la fct marketing en conception »



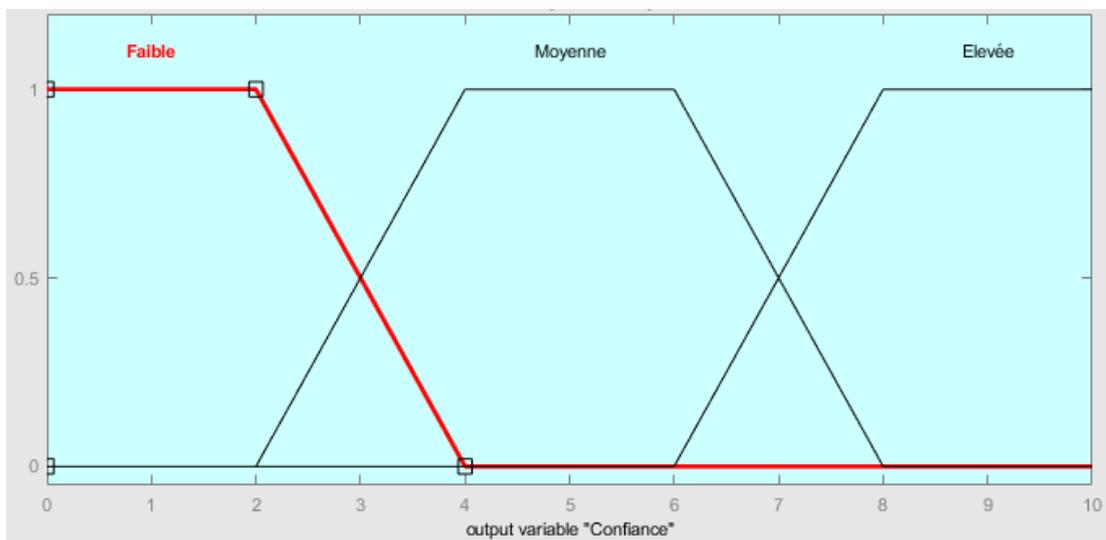
Fonctions d'appartenance pour la variable « implication de la fct engineering en conception »



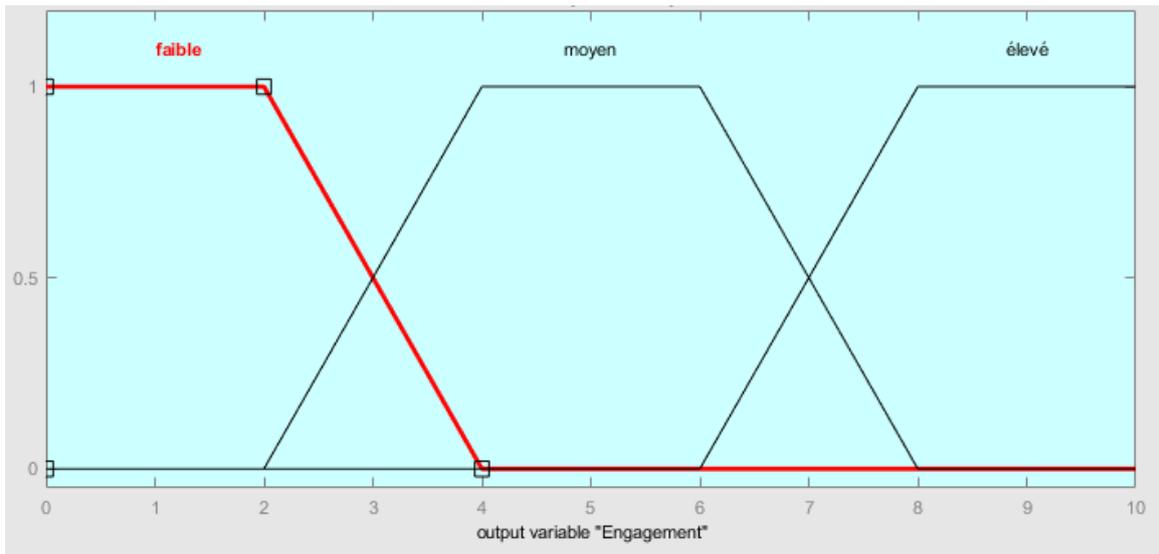
Fonctions d'appartenance pour la variable « implication de la fct service après-vente en conception »



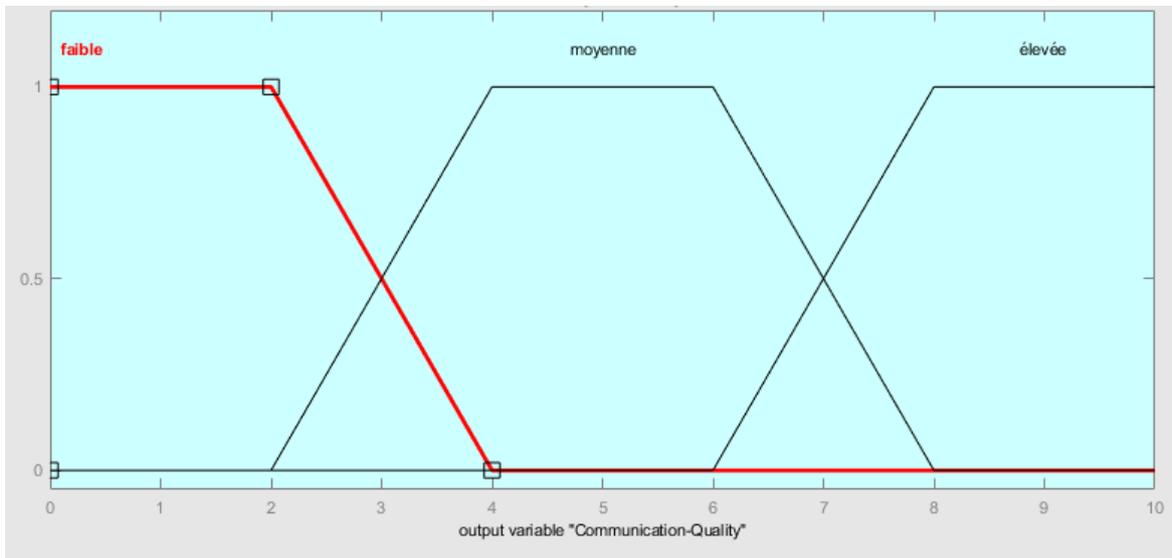
Fonctions d'appartenance pour la variable « implication de la fct production en conception »



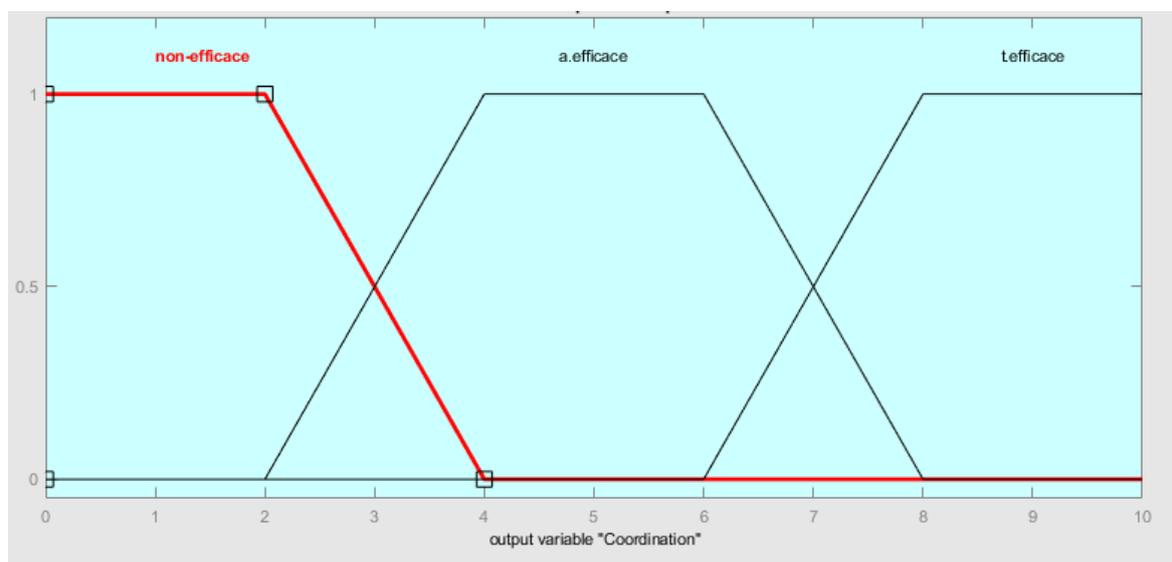
Fonctions d'appartenance pour la variable « Confiance »



Fonctions d'appartenance pour la variable « Engagement »



Fonctions d'appartenance pour la variable « Qualité de la communication »



Fonctions d'appartenance pour la variable « Coordination »

Annexe VIII : questionnaire

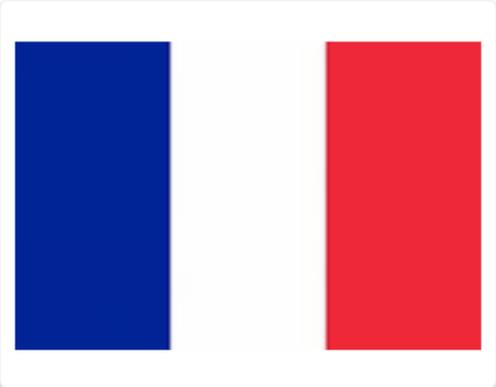
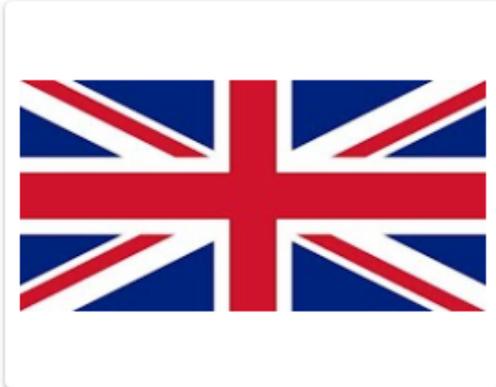


Collaboration inter-entreprises dans le développement de solutions - - - - -
Inter-enterprise collaboration in development of solutions. (Enquête - Survey)

 mourad.harrat4@gmail.com (non partagé) [Changer de compte](#) 

*Obligatoire

Sélectionner votre langue / Select your language *

	
<input type="radio"/> Français	<input type="radio"/> English

[Suivant](#) [Effacer le formulaire](#)

Enquête sur l'évaluation de la performance - Collaboration inter-entreprises dans le développement de solutions (produits-services)

Temps maximal estimé : 20 min. Seulement 1 page. Pas de long paragraphe à écrire.

Contexte :

Ce questionnaire s'inscrit dans le cadre d'un projet de thèse de doctorat. Il s'adresse aux membres des équipes projet multi-partenaires (acteurs R&D et Ingénierie, Achats, Fournisseurs, Prestataires de services, Logistique, Fabrication, Ventes/marketing, Maintenance, etc.), délivrant des solutions de type produits et/ou services.

Objectifs de l'étude :

- Connaître les facteurs d'impact et indicateurs de performance des collaborations inter-entreprises.
- Outiller les industriels d'une méthodologie structurée de pilotage de la performance des collaborations inter-entreprises dans les projets de développement de solutions nouvelles.

Intérêt pour le répondant :

Les résultats de notre étude seront communiqués aux répondants qui le souhaitent. Nous leur présenterons des éléments de notre méthodologie permettant de supporter le choix de la meilleure stratégie de collaboration pour la réussite de leurs projets de développement de solutions nouvelles.

Avant de répondre, merci de choisir :

- Un projet de développement d'un produit ou d'un service ou idéalement d'une solution combinant les deux.
- Jusqu'à 3 partenaires considérés importants dans votre projet.

Pour plus de détails/questions, veuillez me contacter par mail :

mourad.harrat@ls2n.fr

Adresse e-mail (si vous voulez obtenir les résultats de l'enquête)

Votre réponse

Description du répondant

Le secteur d'activité de votre entreprise : *

- Industrie automobile et autres matériels de transport
- Bois, papier et imprimerie
- Chimie, pharmacie
- Machines et équipements électriques
- Industrie agro-alimentaire
- Métallurgie et produits métalliques
- Plastique, caoutchouc et produits minéraux non métalliques
- Produits informatiques, électroniques et optiques
- Textile, habillement, cuir et chaussures
- Autre

La taille de votre entreprise *

- PME (Petites et moyennes entreprises, <250 employés)
- ETI (Entreprise de taille intermédiaire, entre 250 et 5000 employés)
- GE (Grande Entreprise, >5000 employés)

La zone géographique de votre entreprise *

Sélectionner ▼

La zone géographique de vo

Sélectionner ▲

Sélectionner

Allemagne

Canada

Chine

Etats-Unis

France

Suisse

Afrique

Amérique (autre)

Asie/Océanie (autre)

Europe (autre)

Quel est le nombre d'année d'expérience de votre entreprise dans les projets collaboratifs (inter-entreprises) ? *

- < 1 an
- Entre 1 et 3 ans
- Entre 3 et 5 ans
- > 5 ans

Caractéristiques du projet de développement (Choisissez un projet dans lequel vous avez participé)

Votre choix peut être un projet de développement d'un produit ou d'un service ou idéalement le développement d'une solution combinant les deux à la fois.

Dans le projet considéré, vous êtes : *

- Le porteur de la solution (donneur d'ordre)
- Un fournisseur ou autre partenaire
- Un client participant au projet

Ce projet vise à la livraison d'une solution de type : *

- Produit(s)
- Produit(s) dans lequel sont intégrés des services (exemples : objet connecté, services de maintenance ou de consultations intégrés)
- Service permettant l'usage d'un produit (exemples : partages de vélos/véhicules, location, leasing)
- Un ensemble de produits et services permettant conjointement d'atteindre un résultat voulu (exemples : paiement par unité de service, sous-traitance)
- Service(s)

Quel est la durée de votre projet ? *

Note : durée réelle si le projet est terminé, ou durée planifiée si le projet n'est pas encore terminé

Votre réponse

Quel est le degré de complexité de votre projet concernant les critères suivants ?

*

Merci de faire une estimation moyenne par comparaison à d'autres projets.

	Complexité faible	Complexité moyenne	Complexité élevée
Nombre de rôles dans le projet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nombre de composants produit/service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Taille du budget	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Quelle est le niveau d'efficacité perçue de la coordination entre les acteurs du projet ? *

La coordination fait référence à l'identification et à la classification des interdépendances existantes. Elle comprend la pré-articulation des tâches, leur suivi, les règles de synchronisation, et la post-articulation des activités de groupe.

- Coordination non-efficace
- Coordination assez efficace
- Coordination très efficace

Qui sont les acteurs externes ayant participé à ce projet ? *

- Client ayant participé à la conception
- Fournisseur de composants produit
- Fournisseur de composants divers
- Fournisseur de service
- Partenaire financier
- Fournisseur d'installations
- Autre : _____

Combien avez-vous de partenaires (entreprises) dans ce projet ? *

Votre réponse _____

Caractéristiques du/des partenaire(s) externe(s) (Choisissez le nombre de partenaires à considérer)

Pour répondre aux questions suivantes, vous pourrez considérer au plus 3 partenaires importants dans le projet. Si vous ne considérez par exemple qu'un seul partenaire, pour les lignes "Partenaire 2" et "Partenaire 3" veuillez cocher la dernière colonne "Pas de partenaire 2 ou 3".

Secteur d'activité des partenaires *

	Industrie automobile et autres matériels de transport	Bois, papier et imprimerie	Chimie, pharmacie	Machines et équipements électriques	Industrie agro-alimentaire	Métallurgie et produits métalliques	Plastique, caoutchouc et produits minéraux non métalliques	Produits informatiques, électroniques et optiques	Textile, habillement, cuir et chaussures	Autre	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

La collaboration avec votre/vos partenaires est-elle performante lors de votre projet ? *

	Collaboration peu performante	Performance moyenne	Performance élevée	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Quel niveau de confiance global accordez-vous au(x) partenaire(s) ? *

	Confiance faible	Confiance moyenne	Confiance élevée	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Quel est le niveau perçu d'engagement de votre/vos partenaire(s) lors votre projet ? *

L'engagement est l'effort déployé dans la collaboration, ainsi que l'intention de maintenir cette dernière.

	Engagement faible	Engagement moyen	Engagement élevé	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Quelle est la qualité perçue de la communication avec votre/vos partenaire(s) durant votre projet ? *

	Qualité faible de la communication	Qualité moyenne de la communication	Qualité élevée de la communication	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Considérations budgétaires

Par rapport au temps total d'une importante transaction réalisée avec votre/vos partenaire(s), quel est le pourcentage de temps accordé à la négociation (pré-transaction) ? *

	Temps de négociation minimal (inférieur à 25% du temps)	Temps de négociation modéré (Entre 25% et 50%)	Temps de négociation élevé (Entre 50% et 75%)	Temps de négociation très élevé (Supérieur à 75%)	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Par rapport au temps total d'une importante transaction réalisée avec votre/vos partenaire(s), quel est le pourcentage de temps accordé au marchandage (post-transaction) ? *

	Temps de marchandage minimal (inférieur ou égal à 25% du temps)	Temps de marchandage modéré (Entre 25% et 50%)	Temps de marchandage élevé (Entre 50% et 75%)	Temps de marchandage très élevé (Supérieur à 75%)	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Quel a été la valeur de cette transaction-là ?

	Faible (Inférieur ou égal à 1000€)	Moyen (Entre 1000€ et 10000€)	Élevé (Entre 10000€ et 100000€)	Très élevé (Supérieur à 100000€)	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Quel est le pourcentage des actifs spécifiquement investis pour le projet par votre/vos partenaire(s) par rapport au total de ses investissements (estimation) ?

*

Spécificité des actifs = Coûts des investissements du partenaire qui seraient retirés s'il le projet n'avait pas lieu / Coûts des investissements totaux du partenaire

	Inférieur à 25%	Entre 25% et 50%	Entre 50% et 75%	Supérieur à 75%	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>				
Partenaire 2	<input type="radio"/>				
Partenaire 3	<input type="radio"/>				

Partage d'informations

A quel degré protégez-vous vos informations stratégiques vis-à-vis de votre/vos partenaire(s) ? *

	Les informations circulent librement	Informations partiellement communiquées	Sévères restrictions de l'information	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

A quel degré protégez-vous vos plans marketing vis-à-vis de votre/vos partenaire(s) ? *

	Les informations circulent librement	Informations partiellement communiquées	Sévères restrictions de l'information	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

A quel degré protégez-vous vos informations techniques vis-à-vis de votre/vos partenaire(s) ? *

	Les informations circulent librement	Informations partiellement communiquées	Sévères restrictions de l'information	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Relativement à d'autres projets, à combien estimez-vous en moyenne la fréquence du partage d'information avec votre/vos partenaire(s) ? *

	Fréquence faible	Fréquence moyenne	Fréquence forte	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Comment estimez-vous la réciprocité dans le partage d'informations ? *

	Moins de partage du côté de votre partenaire(s)	Partage équitable	Plus de partage du côté de votre partenaire(s)	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Implication et engagement du/des partenaire(s)

A quelle phase du projet votre/vos partenaire(s) a-t-il/ont-ils été impliqué(s) ? *

	Génération d'idées	Définition du concept	Développement détaillé	Industrialisation	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

A quel degré votre/vos partenaire(s) est-il/sont-ils impliqué(s) dans la conception de la solution ? *

	Le partenaire répond au cahier de charges établi et détaillé par le donneur d'ordre	La conception est établie de manière conjointe avec le partenaire	C'est le partenaire qui dirige la conception	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Quelle est la nature des décisions auxquelles le(s) partenaire(s) prend/prennent part ? *

Vous pouvez cocher plusieurs cases par partenaire.

	Stratégique	Tactique	Opérationnelle	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Partenaire 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Partenaire 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A quel pourcentage le(s) partenaire(s) participe(nt)-t'il(s) aux décisions du projet ? *

	Faible participation (Moins de 25%)	Participation moyenne (Entre 25% et 50%)	Participation élevée (Entre 50% et 75%)	Participation très élevée (Supérieur à 75%)	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Comment estimez-vous le niveau du partage du risque global pour lequel le(s) partenaire(s) s'est/se sont engagé(s) contractuellement ? *

	Moins de risque pris par le partenaire	Risque partagé équitablement	Plus de risque pris par le partenaire	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

A quel pourcentage le(s) partenaire(s) respecte(nt)-t'il(s) ses/leurs engagements quant au planning ? *

	Planning faiblement respecté (inférieur à 25%)	Planning moyennement respecté (Entre 25% et 50%)	Planning majoritairement respecté (Entre 50% et 75%)	Engagements respectés à temps (Supérieur à 75%)	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Face aux exigences du projet, des formations ont été élaborées/suivies par le(s) partenaire(s) *

	Non	Oui	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Qualité de la communication

Quel est le degré d'ouverture des canaux de communication entre vous et votre/vos partenaire(s) ? *

	Canaux de communication complètement ouverts	Canaux partiellement ouverts ou semi-structurés	Canaux hautement structurés	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Par rapport au nombre total des réunions, quel est le pourcentage de celles ayant mené à un résultat de conceptualisation collaborative (efficacité des réunions) ? *

- Efficacité faible (Inférieur à 25%)
- Efficacité faible/moyenne (Entre 25% et 50%)
- Efficacité moyenne/élevée (Entre 50% et 75%)
- Efficacité élevée (Supérieures à 75%)

Par rapport au nombre total d'interactions-clients, quel est le pourcentage de celles ayant mené à une collecte de données clients ? *

- Collecte de données faible par rapport aux interactions (Inférieure à 25%)
- Collecte de données moyenne par rapport aux interactions (Entre 25% et 50%)
- Collecte de données élevée par rapport aux interactions (Entre 50% et 75%)
- Collecte de données très élevée par rapport aux interactions (Supérieure à 75%)

Coordination

Par rapport au nombre total de problèmes rencontrés, quel est le pourcentage de ceux ayant nécessité une remontée à la direction pour être résolus ? *

- Pourcentage faible de problèmes remontés (Inférieur à 25%)
- Pourcentage moyen de problèmes remontés (Entre 25% et 50%)
- Pourcentage élevé de problèmes remontés (Entre 50% et 75%)
- Pourcentage très élevé de problèmes remontés (Supérieur à 75%)

Y'a-t-il eu un partage de procédures ou d'un mode de fonctionnement au début de la collaboration avec votre/vos partenaires ? *

	Oui	Non	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

A quel pourcentage votre/vos partenaire(s) s'est-il/se sont-ils adapté(s) à votre mode de fonctionnement (processus, procédures, pratiques...) lors de votre projet ? *

	Adaptation très faible (Inférieure à 25%)	Adaptation faible (Entre 25% et 50%)	Adaptation élevée (Entre 50% et 75%)	Adaptation totale (Supérieure à 75%)	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Par rapport à tous les standards utilisés dans le projet, quel est le pourcentage estimé de standards en communs avec votre/vos partenaire(s) ? *

	Partage de standards faible (Inférieur à 25%)	Partage de standards moyen (Entre 25% et 50%)	Partage de standards élevé (Entre 50% et 75%)	Partage de standards très élevé (Supérieur à 75%)	Pas de partenaire 2 ou 3 (lignes 2 et 3)
Partenaire 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partenaire 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Par rapport au total des réunions de conception, quel est le pourcentage des réunions considérant chaque fonction (marketing, ingénierie...) ci-dessous ? *

	Considération faible (Inférieur à 25%)	Considération moyenne (Entre 25% et 50%)	Considération élevée (Entre 50% et 75%)	Considération élevée (Supérieur à 75%)
Marketing et commerciale	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ingénierie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fabrication/opérations	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Maintenance et services-après-vente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Retour](#)

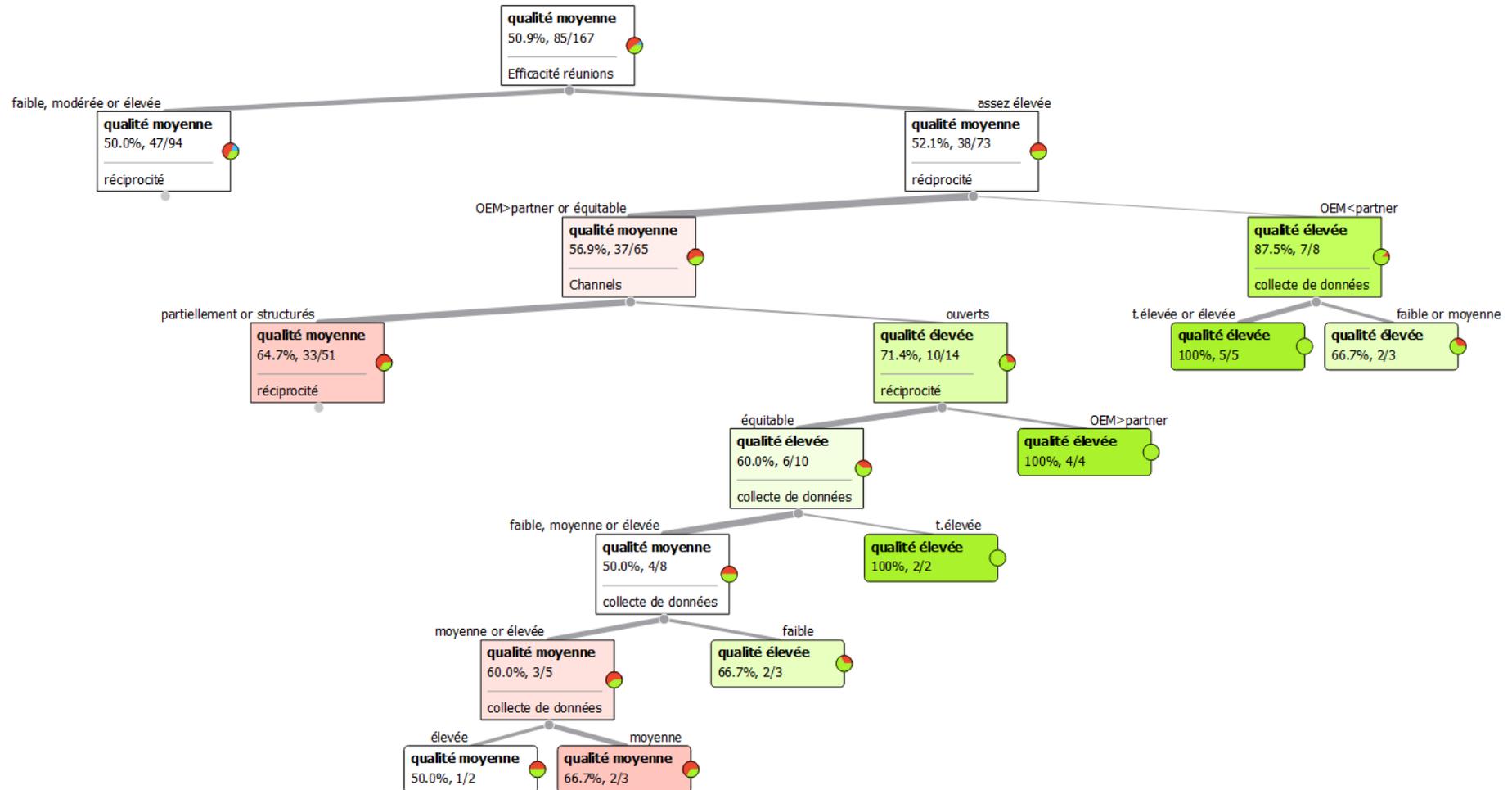
[Envoyer](#)

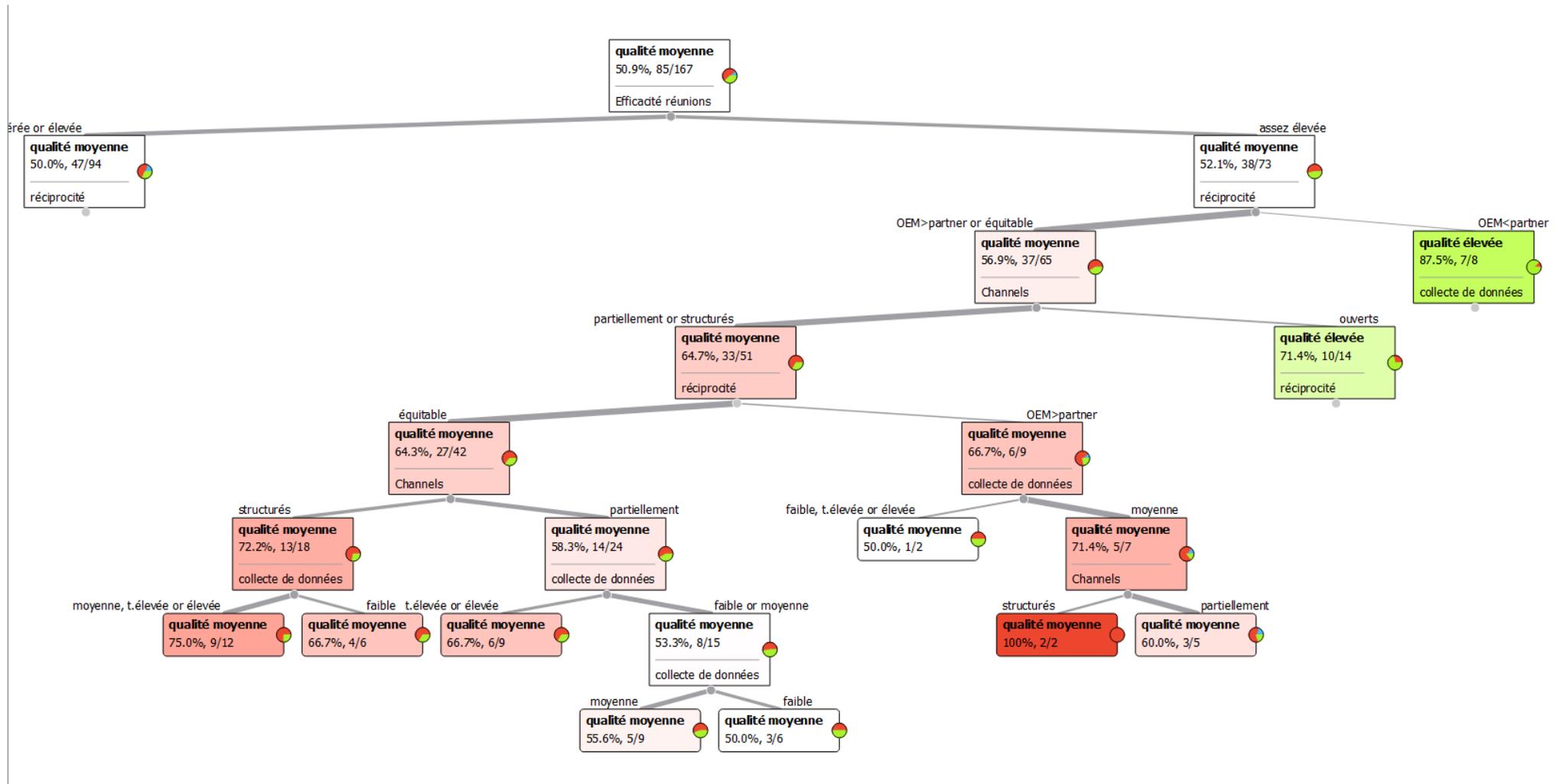
[Effacer le formulaire](#)

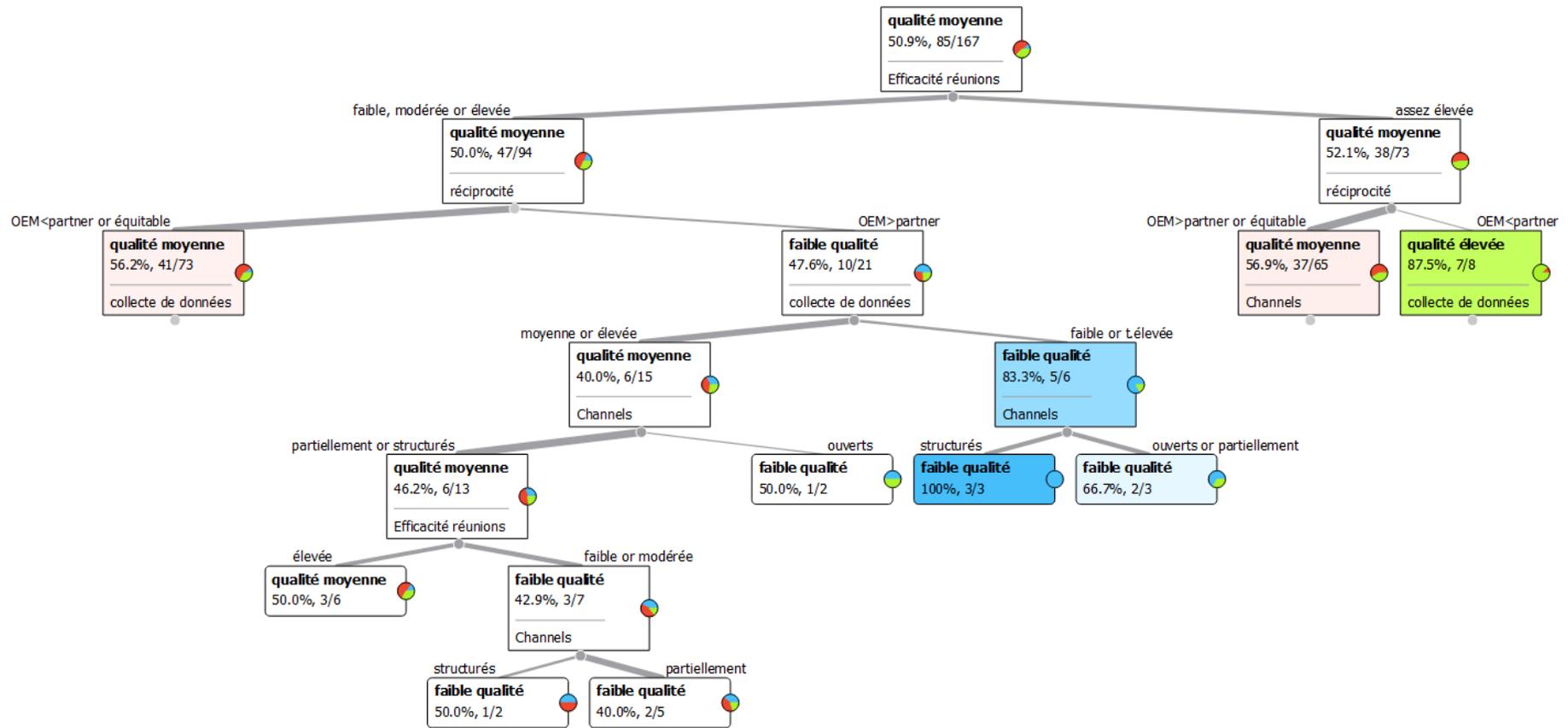
Remarque : le même formulaire a été disponible également en anglais.

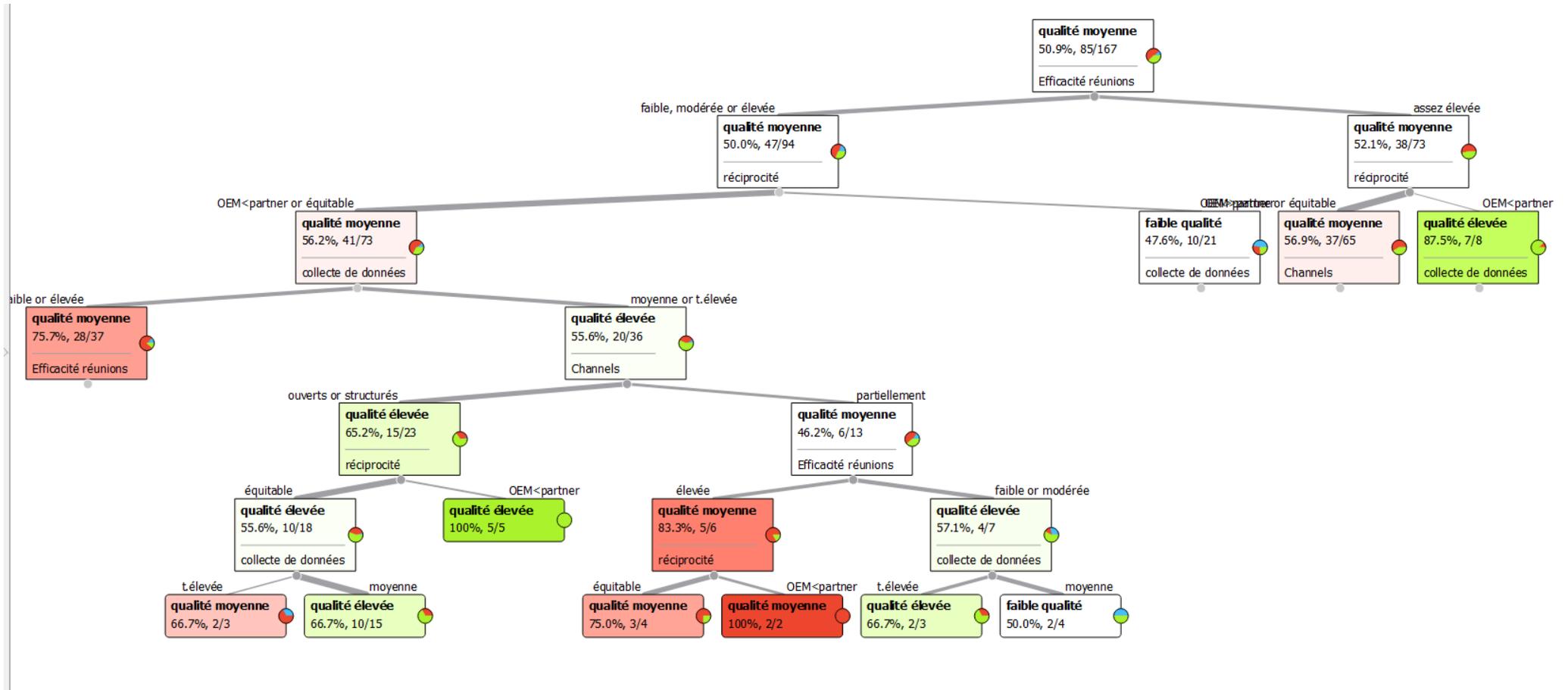
Annexe IX : exemple d'arbre de décision avec le processus de sélection des règles

L'exemple présenté concerne le facteur « Qualité de la Communication ».

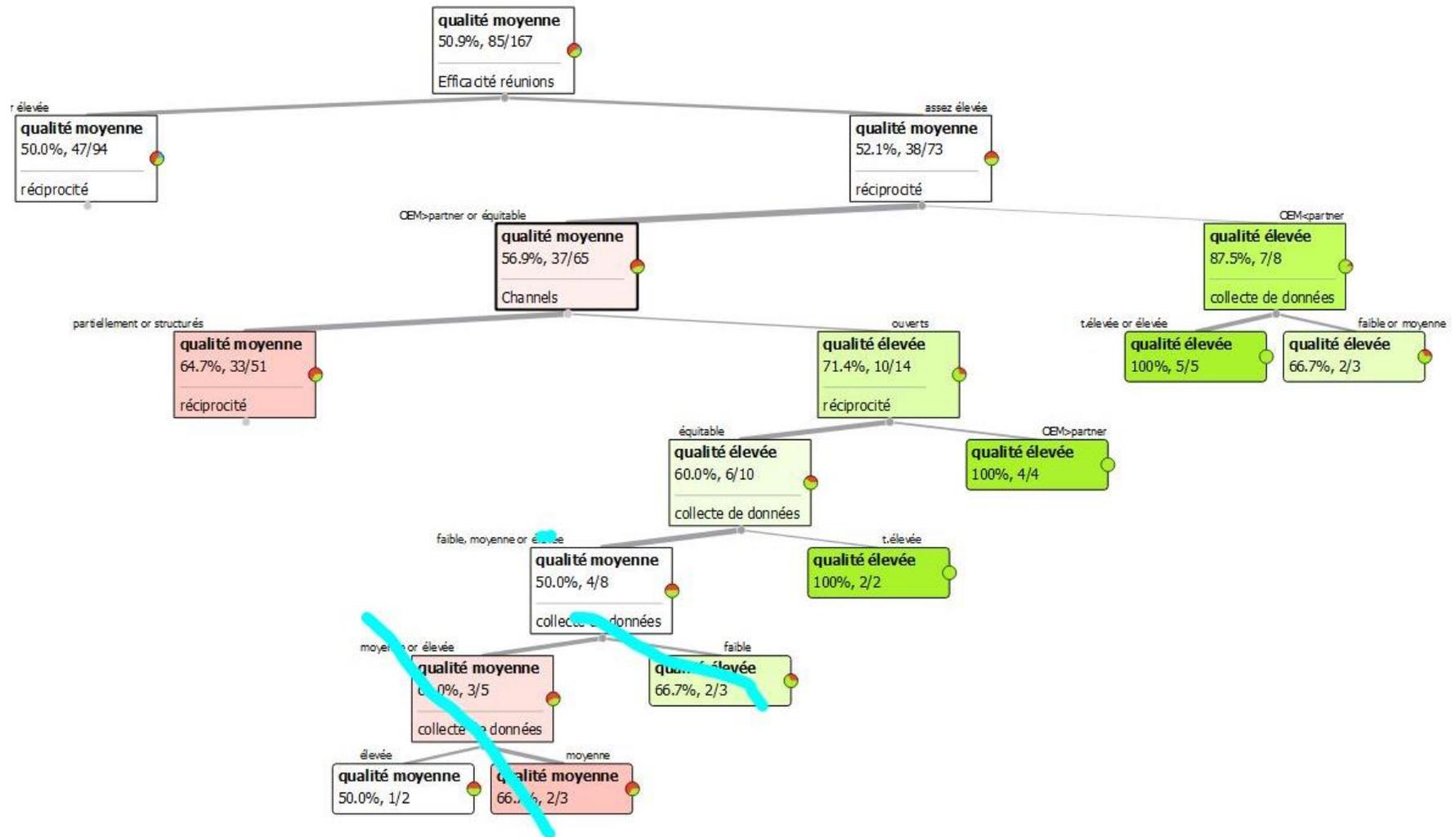


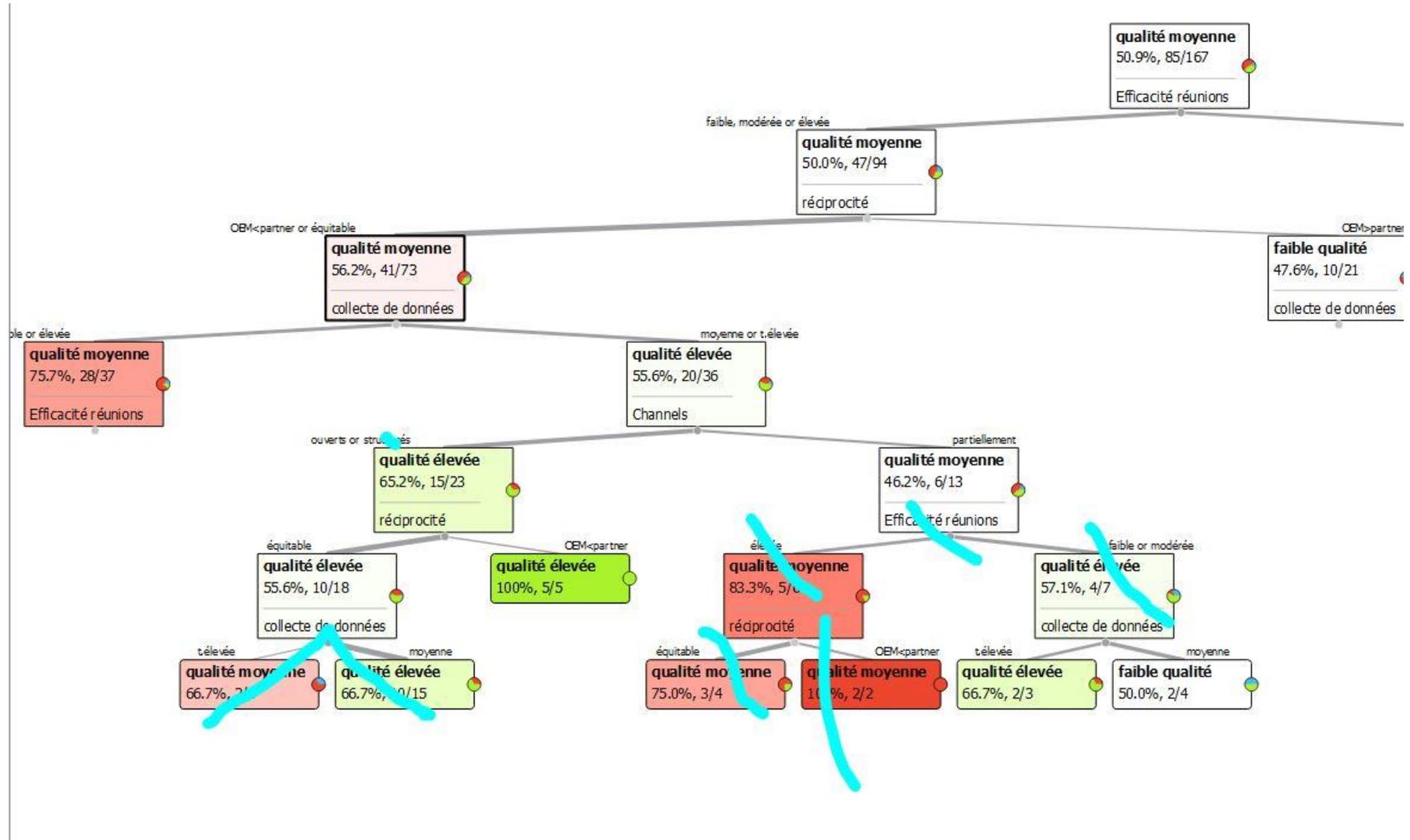


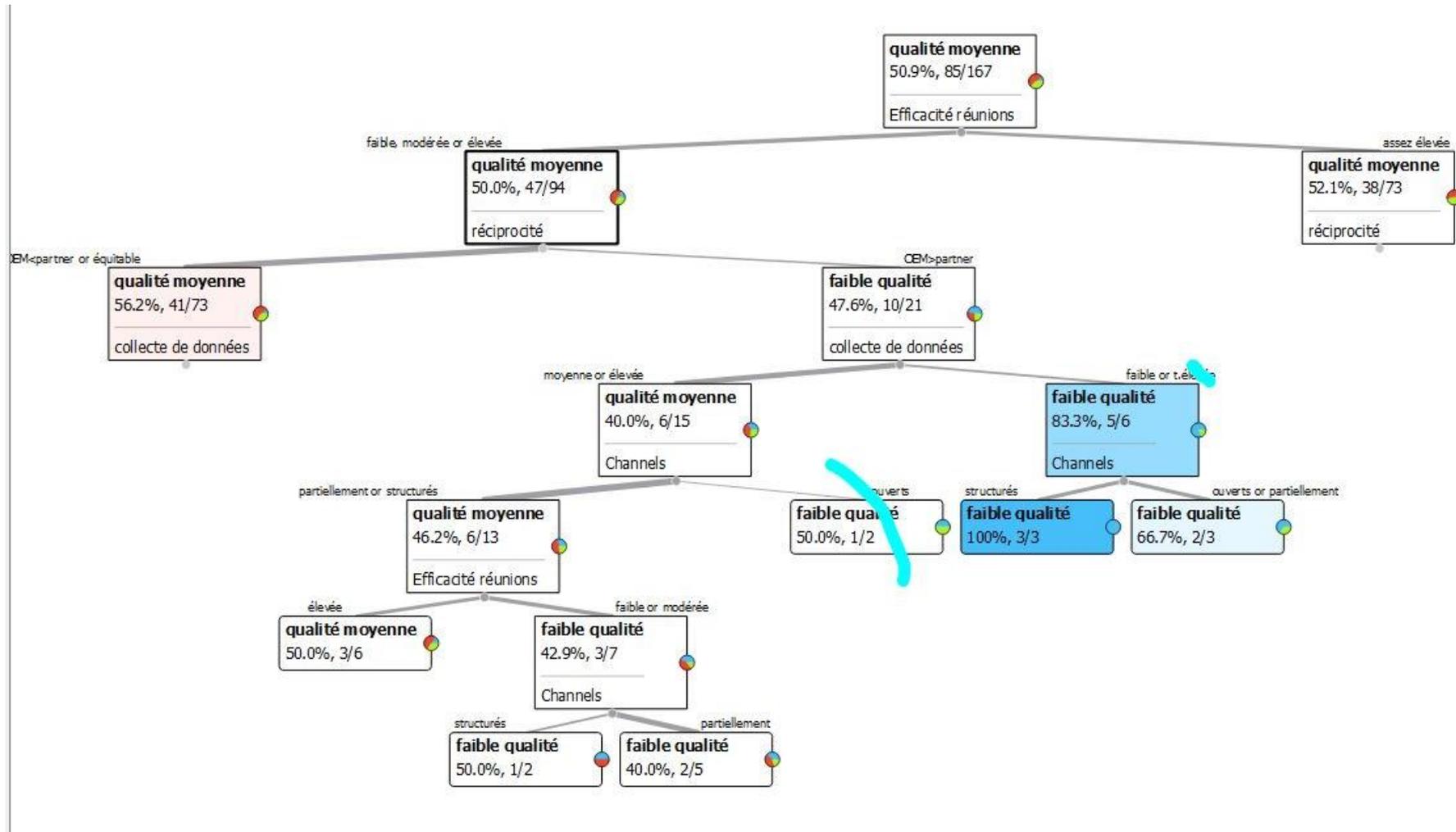


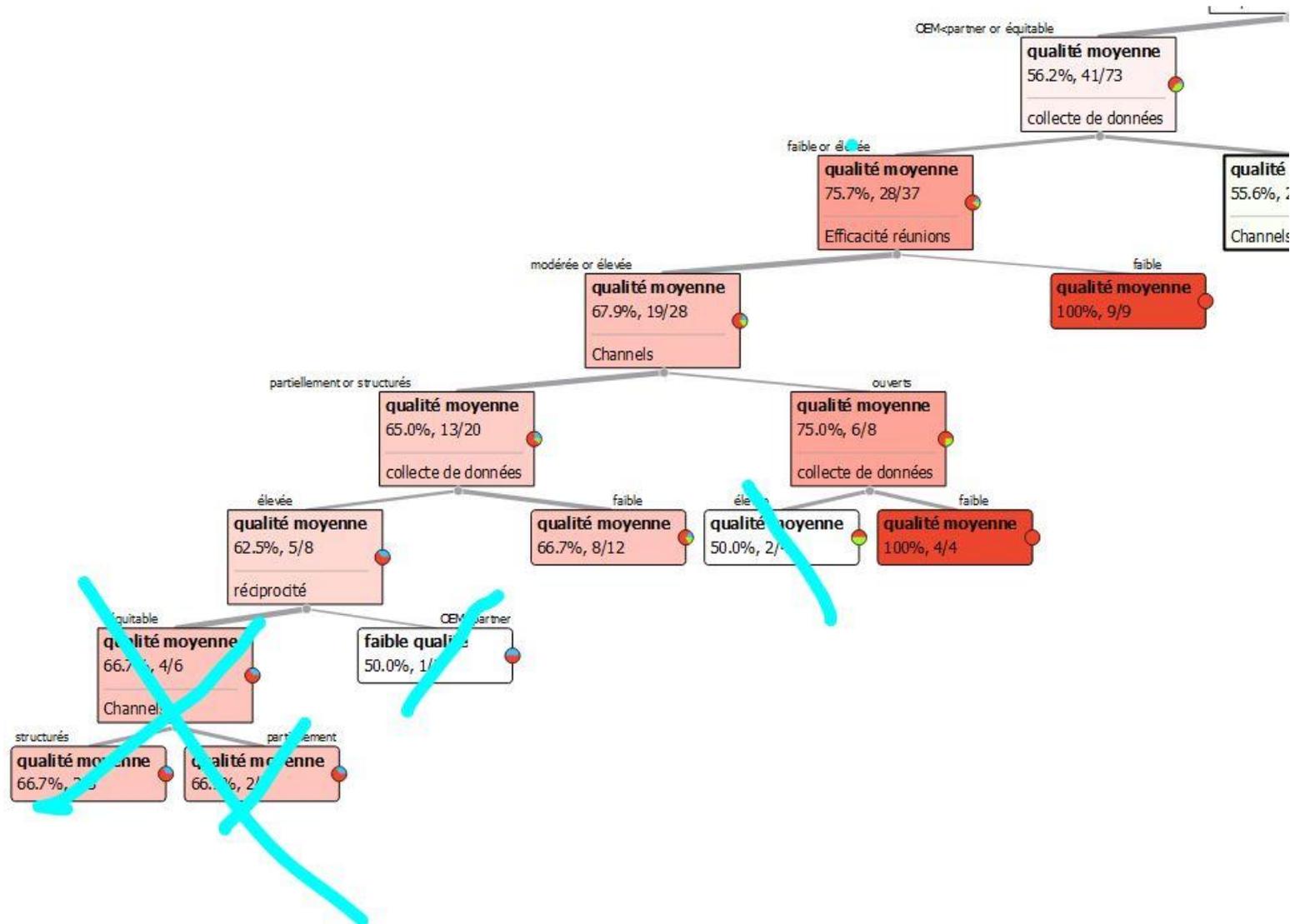


Sélection des règles : les nœuds barrés en bleu correspondent aux règles non considérées dans le modèle.









Annexe X : exemples de listes de règles d'inférence

Exemple 1 : qualité de la communication

Règles extraites de l'arbre de décision

1. If (Efficacité-réunions is assez-élevée) and (Reciprocité-partage is OEM<partner) and (Collecte-données is très-élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
2. If (Efficacité-réunions is assez-élevée) and (Reciprocité-partage is OEM<partner) and (Collecte-données is élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
3. If (Efficacité-réunions is élevée) and (Reciprocité-partage is OEM<partner) and (Collecte-données is élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
4. If (Efficacité-réunions is élevée) and (Reciprocité-partage is OEM<partner) and (Collecte-données is très-élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
5. If (Efficacité-réunions is élevée) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is très-élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
6. If (Efficacité-réunions is élevée) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
7. If (Efficacité-réunions is assez-élevée) and (Ouverture-canaux is ouverts) and (Reciprocité-partage is OEM>partner) and (Collecte-données is élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
8. If (Efficacité-réunions is assez-élevée) and (Ouverture-canaux is ouverts) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is très-élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
9. If (Efficacité-réunions is élevée) and (Ouverture-canaux is ouverts) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is très-élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
10. If (Efficacité-réunions is élevée) and (Ouverture-canaux is ouverts) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
11. If (Efficacité-réunions is assez-élevée) and (Ouverture-canaux is partiellement) and (Reciprocité-partage is OEM>partner) and (Collecte-données is moyenne) then (Communication-Quality is moyenne) (1)
12. If (Efficacité-réunions is assez-élevée) and (Ouverture-canaux is structurés) and (Reciprocité-partage is OEM>partner) and (Collecte-données is moyenne) then (Communication-Quality is moyenne) (1)
13. If (Efficacité-réunions is assez-élevée) and (Ouverture-canaux is structurés) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is moyenne) (1)
14. If (Efficacité-réunions is faible) and (Ouverture-canaux is structurés) and (Reciprocité-partage is OEM>partner) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is faible) (1)
15. If (Efficacité-réunions is faible) and (Ouverture-canaux is partiellement) and (Reciprocité-partage is OEM>partner) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is faible) (1)
16. If (Efficacité-réunions is modérée) and (Ouverture-canaux is partiellement) and (Reciprocité-partage is OEM>partner) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is faible) (1)
17. If (Efficacité-réunions is modérée) and (Ouverture-canaux is partiellement) and (Reciprocité-partage is OEM>partner) and (Collecte-données is moyenne) then (Communication-Quality is faible) (1)
18. If (Efficacité-réunions is modérée) and (Ouverture-canaux is structurés) and (Reciprocité-partage is OEM>partner) and (Collecte-données is moyenne) then (Communication-Quality is faible) (1)
19. If (Efficacité-réunions is modérée) and (Ouverture-canaux is ouverts) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is très-élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)

20. If (Efficacité-réunions is modérée) and (Ouverture-canaux is ouverts) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
21. If (Efficacité-réunions is modérée) and (Ouverture-canaux is ouverts) and (Reciprocité-partage is OEM<partner) and (Collecte-données is très-élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
22. If (Efficacité-réunions is faible) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is élevée) then (Communication-Quality is moyenne) (1)
23. If (Efficacité-réunions is faible) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is moyenne) (1)
24. If (Efficacité-réunions is modérée) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is moyenne) (1)
25. If (Efficacité-réunions is modérée) and (Ouverture-canaux is ouverts) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is moyenne) (1)
26. If (Efficacité-réunions is modérée) and (Ouverture-canaux is ouverts) and (Reciprocité-partage is OEM<partner) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is moyenne) (1)
27. If (Efficacité-réunions is modérée) and (Ouverture-canaux is partiellement) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is moyenne) (1)

Règles extraites de la littérature combinée à l'avis des experts :

28. If (Efficacité-réunions is élevée) and (Ouverture-canaux is ouverts) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is très-élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
29. If (Efficacité-réunions is élevée) and (Ouverture-canaux is ouverts) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
30. If (Efficacité-réunions is élevée) and (Ouverture-canaux is partiellement) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
31. If (Efficacité-réunions is élevée) and (Ouverture-canaux is ouverts) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is moyenne) then (Communication-Quality is élevée) (1)
32. If (Efficacité-réunions is élevée) and (Ouverture-canaux is structurés) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is élevée) then (Communication-Quality is élevée) (1)
33. If (Efficacité-réunions is faible) and (Ouverture-canaux is structurés) and (Reciprocité-partage is OEM>partner) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is faible) (1)
34. If (Efficacité-réunions is modérée) and (Ouverture-canaux is structurés) and (Reciprocité-partage is OEM>partner) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is faible) (1)
35. If (Efficacité-réunions is modérée) and (Ouverture-canaux is structurés) and (Reciprocité-partage is OEM<partner) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is faible) (1)
36. If (Efficacité-réunions is faible) and (Ouverture-canaux is structurés) and (Reciprocité-partage is OEM<partner) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is faible) (1)
37. If (Efficacité-réunions is élevée) and (Ouverture-canaux is structurés) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is moyenne) (1)
38. If (Efficacité-réunions is élevée) and (Ouverture-canaux is ouverts) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is élevée) (1)
39. If (Efficacité-réunions is assez-élevée) and (Ouverture-canaux is ouverts) and (Reciprocité-partage is équilibrée) and (Collecte-données is faible) then (Communication-Quality is élevée) (1)

Exemple 2 : Confiance

Règles extraites de l'arbre de décision

1. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Elevée) (1)
2. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Elevée) (1)
3. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Elevée) (1)
4. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Elevée) (1)
5. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Elevée) (1)
6. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Elevée) (1)
7. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Elevée) (1)
8. If (coût-pré-transaction is moyenne-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Elevée) (1)
9. If (coût-pré-transaction is moyenne-negociation) and (coût-post-transaction is moyen) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Elevée) (1)
10. If (coût-pré-transaction is moyenne-negociation) and (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Elevée) (1)
11. If (coût-pré-transaction is moyenne-negociation) and (coût-post-transaction is très-élevé) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Elevée) (1)
12. If (coût-pré-transaction is moyenne-negociation) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Moyenne) (1)
13. If (coût-pré-transaction is moyenne-negociation) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Moyenne) (1)
14. If (coût-post-transaction is très-élevé) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Faible) (1)
15. If (coût-post-transaction is très-élevé) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Faible) (1)
16. If (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Faible) (1)

17. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)
18. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Elevée) (1)
19. If (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Faible) (1)
20. If (coût-post-transaction is très-élevé) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Faible) (1)
21. If (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Faible) (1)
22. If (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Faible) (1)
23. If (coût-post-transaction is très-élevé) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Faible) (1)
24. If (coût-pré-transaction is moyenne-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Elevée) (1)
25. If (coût-pré-transaction is moyenne-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)
26. If (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)
27. If (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)
28. If (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Moyenne) (1)
29. If (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Moyenne) (1)
30. If (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Moyenne) (1)
31. If (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Moyenne) (1)
32. If (coût-pré-transaction is moyenne-negociation) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Moyenne) (1)
33. If (coût-pré-transaction is moyenne-negociation) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Moyenne) (1)
34. If (coût-pré-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Moyenne) (1)
35. If (coût-pré-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Moyenne) (1)
36. If (coût-pré-transaction is très-élevée) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Faible) (1)

37. If (coût-pré-transaction is très-élevée) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Faible) (1)
38. If (coût-pré-transaction is très-élevée) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Faible) (1)
39. If (coût-pré-transaction is très-élevée) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Faible) (1)
40. If (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Moyenne) (1)
41. If (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Moyenne) (1)
42. If (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Elevée) (1)
43. If (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)
44. If (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)
45. If (coût-post-transaction is moyen) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)
46. If (coût-post-transaction is moyen) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)
47. If (coût-post-transaction is moyen) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Elevée) (1)
48. If (coût-post-transaction is moyen) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Elevée) (1)

Règles extraites de la littérature

49. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Elevée) (1)
50. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Elevée) (1)
51. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)
52. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)
53. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)
54. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)
55. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Plans.Mkt.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)

56. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Plans.Mkt.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)

57. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is moyen) then (Confiance is Elevée) (1)

58. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Elevée) (1)

59. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Elevée) (1)

60. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Plans.Mkt.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Elevée) (1)

61. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Plans.Mkt.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Elevée) (1)

62. If (coût-pré-transaction is élevé) and (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

63. If (coût-pré-transaction is élevé) and (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

64. If (coût-pré-transaction is élevé) and (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Plans.Mkt.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

65. If (coût-pré-transaction is élevé) and (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

66. If (coût-pré-transaction is élevé) and (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

67. If (coût-pré-transaction is élevé) and (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

68. If (coût-pré-transaction is élevé) and (coût-post-transaction is élevé) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

69. If (coût-pré-transaction is très-élevée) and (coût-post-transaction is très-élevé) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

70. If (coût-pré-transaction is très-élevée) and (coût-post-transaction is très-élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

71. If (coût-pré-transaction is très-élevée) and (coût-post-transaction is très-élevé) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

72. If (coût-pré-transaction is très-élevée) and (coût-post-transaction is très-élevé) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Plans.Mkt.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

73. If (coût-pré-transaction is très-élevée) and (coût-post-transaction is très-élevé) and (Strat.Inf.Restriction is partielle) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

74. If (coût-pré-transaction is très-élevée) and (coût-post-transaction is très-élevé) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

75. If (coût-pré-transaction is très-élevée) and (coût-post-transaction is élevé) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

76. If (coût-pré-transaction is élevé) and (coût-post-transaction is très-élevé) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

Règles extraites de l'avis des experts

77. If (coût-pré-transaction is moyenne-negotiation) and (coût-post-transaction is faible) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Elevée) (1)

78. If (coût-pré-transaction is faible-negotiation) and (coût-post-transaction is moyen) and (Strat.Inf.Restriction is libre) and (Plans.Mkt.Restriction is libre) and (Tech.Inf.Restriction is libre) and (Historique.de.collaboration is fort) then (Confiance is Elevée) (1)

79. If (coût-pré-transaction is moyenne-negotiation) and (coût-post-transaction is moyen) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

80. If (coût-pré-transaction is moyenne-negotiation) and (coût-post-transaction is moyen) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

81. If (coût-pré-transaction is moyenne-negotiation) and (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

82. If (coût-pré-transaction is moyenne-negotiation) and (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

83. If (coût-pré-transaction is moyenne-negotiation) and (coût-post-transaction is très-élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

84. If (coût-pré-transaction is élevé) and (coût-post-transaction is très-élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

85. If (coût-pré-transaction is moyenne-negotiation) and (coût-post-transaction is très-élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

86. If (coût-pré-transaction is élevé) and (coût-post-transaction is moyen) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

87. If (coût-pré-transaction is très-élevée) and (coût-post-transaction is moyen) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

88. If (coût-pré-transaction is très-élevée) and (coût-post-transaction is moyen) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

89. If (coût-pré-transaction is élevé) and (coût-post-transaction is moyen) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

90. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

91. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is très-élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is sévère) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

92. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is très-élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

93. If (coût-pré-transaction is faible-negociation) and (coût-post-transaction is élevé) and (Strat.Inf.Restriction is Sévère) and (Plans.Mkt.Restriction is sévère) and (Tech.Inf.Restriction is partielle) and (Historique.de.collaboration is faible) then (Confiance is Faible) (1)

Titre : Construction d'un Framework de pilotage des collaborations inter-entreprises : application au développement des Systèmes Produit-Service

Mots clés : Collaboration inter-entreprises, Systèmes Produit-Services (PSS), Évaluation

Résumé : Le processus de développement des Systèmes Produit-Services (PSS) exige aux entreprises l'acquisition de nouvelles compétences provenant le plus souvent d'entreprises externes afin de prendre en charge le développement des composants hétérogènes d'un PSS.

Cette collaboration dans ce contexte présente cependant plusieurs caractéristiques particulières qui diffèrent du contexte de Développement de Produits Nouveaux (DPN), notamment une complexité plus élevée pouvant imposer plus de défis de collaboration et conduire à l'échec du projet de développement.

Le but de cette thèse est de supporter les collaborations inter-entreprises dans le contexte PSS à travers la construction d'un Framework de pilotage et d'évaluation de la performance de la collaboration.

Dans le Framework proposé, cette performance est mesurée par des facteurs qui sont basés sur le Capital Social. Une mesure objective de ces facteurs est effectuée grâce à des indicateurs de performance (KPIs) dont certains sont liés au contexte organisationnel des PSS. Par ailleurs, les techniques de la logique floue sont utilisées pour construire le modèle d'évaluation. Enfin, ce Framework est testé et validé quantitativement et qualitativement à travers trois études de cas industriels.

Title: Construction of a Framework for managing interfirm collaborations: application to the development of Product-Service Systems

Keywords: Interfirm collaboration, Product-Service Systems (PSS), Assessment

Abstract: The Product-Service Systems (PSS) development process requires companies to acquire new skills, most often from external companies, in order to support the development of the heterogeneous components of a PSS.

However, this collaboration in this context has several unique characteristics that differ from the New Product Development (NPD) context, including higher complexity that can impose more collaborative challenges and lead to development project failure.

The aim of this thesis is to support inter-company collaborations in the PSS context through the construction of a Framework for managing and evaluating the performance of the collaboration.

In the proposed Framework, this performance is measured by factors that are based on Social Capital. An objective measurement of these factors is carried out through performance indicators (KPIs), some of which are linked to the organizational context of the PSS. In addition, fuzzy logic techniques are used to build the evaluation model. Finally, this Framework is tested and validated quantitatively and qualitatively through three industrial case studies.