



HAL
open science

Contribution à la caractérisation et à l'évaluation de l'interopérabilité pour les entreprises collaboratives

Séverine Blanc

► **To cite this version:**

Séverine Blanc. Contribution à la caractérisation et à l'évaluation de l'interopérabilité pour les entreprises collaboratives. Sciences de l'ingénieur [physics]. Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, 2006. Français. NNT: . tel-00399408

HAL Id: tel-00399408

<https://theses.hal.science/tel-00399408>

Submitted on 26 Jun 2009

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.

THESE

Présentée à

L'UNIVERSITE BORDEAUX 1

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES PHYSIQUES
ET DE L'INGENIEUR

Par Mlle Séverine BLANC

Agrégée de Génie Mécanique

POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR

Spécialité : Productique

Contribution à la caractérisation et à l'évaluation de
l'interopérabilité pour les entreprises collaboratives

Soutenance le : 20 décembre 2006

Après avis de MM. **Dominique BREUIL** Rapporteur
Professeur à l'EIGSI de La Rochelle
Didier GOURC Rapporteur
Maître de conférences, HDR à l'Ecole des Mines d'Albi - Carmaux

Devant la commission d'examen formée de :

MM. **Dominique BREUIL** Rapporteur
Professeur à l'EIGSI de La Rochelle
Didier GOURC Rapporteur
Maître de conférences, HDR à l'Ecole des Mines d'Albi - Carmaux
Eric DUBOIS Examineur
Professeur au Centre de Recherche Public Henri Tudor de Luxembourg-Kirchnberg
Bruno VALLESPER Directeur de thèse
Professeur à l'Université Bordeaux 1
Yves DUCQ Co-directeur de thèse
Maître de conférences à l'Université Bordeaux 1
Jean-Paul BOURRIERES Examineur
Professeur à l'Université Bordeaux 1

*A Pascal,
A Maud.*

*La science consiste à oublier ce qu'on croit savoir,
et la sagesse à ne pas s'en soucier.
Nodier Charles*

Remerciements

Les travaux présentés dans ce mémoire ont été menés au Laboratoire d'Automatique, Productique et Signal (LAPS) de l'Université Bordeaux I. A ce titre, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur Alain Oustaloup, Professeur à l'ENSEIRB, pour m'avoir accueillie au sein du LAPS et Monsieur Jean-Paul Bourrières, Professeur à l'Université Bordeaux 1, pour m'avoir accueilli au sein de son équipe.

Je tiens à remercier Messieurs Bruno Vallespir, Professeur à l'Université Bordeaux 1, et Yves Ducq, Maître de conférences à l'Université Bordeaux 1, pour avoir encadré ce travail de thèse et Monsieur Guy Doumeingts, Professeur Emérite à l'Université Bordeaux 1, pour m'avoir transmis sa passion pour le domaine de la modélisation d'entreprise.

Je remercie Monsieur Dominique BREUIL, Professeur à l'EIGSI et Monsieur Didier GOURC, Maître de conférences, HDR à l'Ecole des Mines d'Albi pour avoir accepté d'être rapporteurs de mon mémoire de thèse. L'attention qu'ils ont portée à mes travaux, leurs conseils et leurs remarques constructives ont assurés la qualité de ces travaux.

Je souhaite exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur Eric DUBOIS, Professeur au Centre de Recherche Public Henri Tudor de Luxembourg-Kirchnberg, pour sa participation, dans mon jury de thèse, en tant qu'examineur.

Je tiens également à dire un grand merci à tous mes collègues doctorants ou jeunes docteurs des équipes GRAI, CRONE et ARIA qui ont su faire régner la bonne humeur au sein du laboratoire et ont ainsi contribué à rendre ces travaux plus agréables.

Je réserve enfin mes plus tendres pensées à mon fiancé, Pascal, qui a su me soutenir dans les moments de doute.

Table des matières

Chapitre 1 : Des entreprises réseaux aux problèmes d'interopérabilité

I Introduction.....	31
II Les entreprises aujourd'hui.....	32
II.1 Le rôle accru des fournisseurs.....	32
II.2 Les alliances stratégiques.....	33
II.3 L'entreprise réseau.....	35
II.4 La gestion logistique intégrée.....	37
II.5 L'entreprise virtuelle.....	40
II.6 Conclusion.....	42
III La chaîne logistique.....	44
III.1 De la chaîne logistique au pilotage.....	44
III.2 Le mode collaboratif	46
III.3 Les avantages de la chaîne logistique.....	47
III.4 Les obstacles à la mise en place d'une chaîne logistique	48
III.5 Conclusion.....	49
IV L'interopérabilité	51
IV.1 Compréhension de l'interopérabilité.....	51
IV.1.1 Interopérabilité et intégration.....	51
IV.1.2 Interopérabilité et collaboration/coopération.....	52
IV.1.3 Les barrières d'interopérabilité.....	52
IV.1.4 Les domaines concernés par l'interopérabilité.....	53
IV.2 Pilotage et mesure de l'interopérabilité.....	54
V La mesure de performance.....	56
V.1 Les modèles de la performance.....	56
V.2 Les principales difficultés liées au pilotage de la performance d'une chaîne logistique.....	57
V.3 Pourquoi mesurer la chaîne logistique?.....	58
V.3.1 Mesure : intérêt et conséquence.....	59
V.3.2 De la création de valeur au partage des coûts	60
V.3.3 Mesure de la chaîne logistique : entre complexité et visibilité.....	60

V.3.4 La cohérence des objectifs.....	61
V.3.5 Protection de la compétitivité	62
V.4 Conclusion.....	62
VI Gestion de l'évolution des entreprises	64
VI.1 Caractérisation de l'évolution.....	64
VI.2 Re-engineering et évolution continue	65
VI.3 Modèle de référence du processus d'évolution.....	65
VI.3.1 Etat Initial.....	66
VI.3.2 Cible.....	67
VI.3.3 Etat Etape.....	68
VI.3.4 Concept d'horizon / période.....	68
VI.4 Formalisation : Les trois niveaux de gestion.....	68
VI.5 Conclusion.....	69
VII Conclusion.....	70

Chapitre 2 : Modèles de référence et évaluation de la performance des chaînes logistiques

I Introduction.....	77
II Outils dédiés à la chaîne logistique et qui devraient permettre la caractérisation de l'interopérabilité.....	79
II.1 Les modèles de référence de la chaîne logistique.....	79
II.1.1 Le modèle SCOR.....	80
II.1.2 Le modèle AFNOR NF X50-600.....	85
II.1.3 Conclusion.....	89
II.2 Diagnostic de la chaîne logistique : Les méthodes d'audit.....	89
II.2.1 Guide de l'évaluation logistique dans l'industrie automobile : Global EVALOG	89
II.2.2 Le référentiel d'audit logistique de l'ASLOG.....	92
II.2.3 Conclusion.....	96
II.3 Les Typologies.....	97
II.3.1 Grille de caractérisation.....	97
II.3.2 Les dimensions d'une relation collaborative.....	102

II.3.3 La collaboration et la notion de dépendance des ressources.....	104
II.4 Conclusion.....	106
III Les méthodes de modélisation d'entreprise.....	108
III.1 Méthodes et outils.....	108
III.2 Modélisation d'entreprise et interopérabilité.....	111
III.2.1 La standardisation des pratiques.....	111
III.2.2 Ajustement mutuel des pratiques.....	112
III.2.3 Coordination et objectifs d'interopérabilité.....	113
III.3 Conclusion.....	113
IV Outils de représentation de l'interopérabilité.....	114
IV.1 Hétérogénéité sémantique.....	114
IV.1.1 Définition : les différentes Hétérogénéités.....	114
IV.1.2 Description des outils de représentation de l'hétérogénéité sémantique.....	115
IV.1.3 Représentation par les complexes	119
IV.1.4 Conclusion.....	121
IV.2 Théorie des graphes.....	121
IV.2.1 Définition élémentaire du graphe.....	121
IV.2.2 Liens et attributs.....	123
IV.2.3 Propriétés descriptives.....	125
IV.2.4 Propriétés structurelles élémentaires.....	126
IV.3 Caractérisation de l'interopérabilité par les barrières et niveaux.....	128
IV.3.1 Les barrières d'interopérabilité.....	129
IV.3.2 Les niveaux d'interopérabilité.....	129
IV.4 Conclusion.....	130
V La mesure de performance	132
V.1 Structure pour l'évaluation de la performance.....	132
V.2 Distinction entre système de mesure de performance traditionnel et moderne.....	133
V.3 Les principaux outils d'évaluation de performance.....	135
V.4 Les approches de mesure de performance dédiés à la chaîne logistique.....	136
V.4.1 Mesure et dimensions de la performance logistique : deux points de vue.....	136
V.4.2 Méthodologie de développement d'un système de mesure de performance pour les entreprises réseau.....	141

V.4.3 Méthodologie pour la définition de systèmes d'indicateurs de performance pour le pilotage de la chaîne logistique.....	146
V.5 La gestion de l'évolution dans les systèmes de mesure de performance	148
V.5.1 Phase 1 : identification des facteurs affectant l'évolution des systèmes de mesure de performance.....	148
V.5.2 Phase 2 : gestion de l'évolution du système de mesure de performance.....	150
V.6 ECOGRAI : une méthode de conception et d'implantation d'indicateurs de performance.....	151
V.7 Conclusion.....	154
VI Conclusion.....	155

Chapitre 3 : Outils de caractérisation de l'interopérabilité

I Introduction.....	161
II Typologie des collaborations.....	162
II.1 Les accords commerciaux.....	164
II.2 Les types d'entreprise.....	165
II.3 Les types de communication.....	166
II.4 Les types de relation.....	167
II.5 Caractéristiques des relations.....	168
II.6 Conclusion.....	169
III Interopérabilité et modélisation.....	170
III.1 Les types d'interopérabilités.....	170
III.1.1 L'interopérabilité sémantique.....	170
III.1.2 L'interopérabilité informatique.....	171
III.1.3 L'interopérabilité organisationnelle.....	171
III.2 Relations et interopérabilité.....	172
III.3 Modélisation.....	173
III.4 Conclusion.....	174
IV Caractérisation de l'interopérabilité par les graphes.....	175
IV.1 Projection des modèles GIM en graphes.....	176
IV.2 Enrichissement des modèles.....	176
IV.3 Principe et exemples de transformation de modèles en graphes.....	176

IV.3.1 Les processus modélisés par les actigrammes étendus.....	177
IV.3.2 Les modèles décisionnels modélisés par les grilles GRAI.....	182
IV.3.3 Les modèles de données modélisés par les diagrammes de classes.....	184
IV.4 Conclusion.....	187
V Les règles génériques d'interopérabilité.....	188
V.1 Généralités sur la théorie des graphes.....	189
V.2 Règle générique d'interopérabilité N°1	189
V.3 Règle générique d'interopérabilité N°2.....	191
V.4 Règle générique d'interopérabilité N°3.....	194
V.4.1 La recherche du plus long chemin dans le graphe peut se faire par itérations successives.....	194
V.4.2 La recherche du plus long chemin dans le graphe peut se faire par l'utilisation des algorithmes matriciels.....	196
V.5 Règle générique d'interopérabilité N°4.....	197
V.5.1 Le chemin où il y a le plus grand nombre d'arcs.....	197
V.5.2 Le chemin où les nœuds qui le composent totalisent le plus grand nombre de connexions avec les autres nœuds du graphe.....	198
V.5.3 Le chemin qui comptabilise le plus grand nombre d'échanges dans un laps de temps donné en prenant en compte la périodicité d'envoi indiquée sur chaque lien	198
V.6 Conclusion.....	199
VI Mesure du niveau d'effort d'interopérabilité.....	200
VI.1 Définition du niveau d'effort de l'interopérabilité.....	200
VI.2 Les niveaux d'interopérabilité et les critères d'effort	200
VI.2.1 Les niveaux d'interopérabilité.....	201
VI.2.2 Les critères d'effort.....	204
VI.2.3 Interprétation du niveau d'effort.....	207
VI.3 Conclusion.....	208
VII Conclusion.....	209

Chapitre 4 : Démarche de caractérisation de l'interopérabilité et de gestion de l'évolution

I Introduction.....	215
II Démarche de caractérisation de l'interopérabilité.....	217
II.1 Démarche adoptée pour le déroulement de l'étude.....	217
II.1.1 Les différents groupes.....	218
II.1.2 Phase 1 : Initialisation de l'étude.....	219
II.1.3 Phase 2 : Modélisation et analyse de l'existant.....	220
II.1.4 Phase 3 : Application des outils spécifiques à l'interopérabilité.....	221
II.1.5 Phase 4 : Contexte et objectif du futur système.....	221
II.1.6 Phase 5 : Conception du futur système.....	221
II.2 Modélisation de l'entreprise.....	222
II.3 Transformation des modèles sous forme de graphes.....	222
II.4 Respect des règles d'interopérabilité.....	222
II.4.1 Les règles spécifiques.....	223
II.4.2 Diagnostic des problèmes d'interopérabilité.....	223
II.5 Mesure de l'interopérabilité « sans effort ».....	224
II.5.1 L'exploitation des résultats.....	225
III Gestion de l'évolution.....	226
III.1 Une méthode progressive.....	226
III.2 GEM : Cadre de l'évolution.....	229
III.2.1 Niveau « définition stratégique » : Application de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité.....	230
III.2.2 Niveau « planning d'action » : Analyse de cohérence des objectifs pour chaque niveau.....	232
III.2.3 Niveau « planning d'action » : Définition du système de mesure de performance pour la gestion de l'évolution.....	238
III.2.4 Niveau « gestion de projet » : Mise à jour des données concernant l'interopérabilité.....	241
IV Conclusion.....	242

Chapitre 5 : Application de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité

I Introduction.....	248
II Cadre de l'étude.....	249
II.1 Présentation du groupe AIDIMA.....	249
II.2 Problématique.....	250
II.3 Présentation du cas d'étude.....	251
III Application de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité.....	253
III.1 Définition de l'organisation et des objectifs de l'étude.....	253
III.1.1 Définition du niveau d'interopérabilité souhaité.....	253
III.1.2 Définition du périmètre de l'étude.....	253
III.2 Modélisation des entreprises.....	254
III.3 Transformation de la grille sous forme d'un graphe.....	256
III.4 Application des règles d'interopérabilité.....	257
III.4.1 Les règles génériques.....	257
III.4.2 Les règles spécifiques.....	262
III.5 Mesure de l'interopérabilité sans effort.....	262
III.5.1 Calcul du niveau d'interopérabilité.....	262
III.5.2 Quantification du niveau d'effort.....	263
III.5.3 Exploitation des résultats.....	273
IV Conclusion.....	275

Liste des figures

Figure 1. Les différentes formes de relations interorganisationnelles [Julien 94].....	34
Figure 2. L'entreprise réseau.....	37
Figure 3. La logistique intégrée.....	39
Figure 4. Processus d'évolution.....	66
Figure 5. Trois niveaux de gestion de l'évolution.....	69
Figure 6. Modèle de décomposition de processus.....	82
Figure 7. Le modèle SCOR.....	83
Figure 8. La logistique et le cycle de vie du produit [NF X50-600].....	88
Figure 9. La structure du référentiel d'audit logistique de l'ASLOG.....	92
Figure 10. L'intelligence logistique.....	93
Figure 11. Grille de caractérisation de la chaîne logistique [Gruat La Forme 05].....	99
Figure 12. Principales dimensions explicatives de la construction d'une relation collaborative.....	103
Figure 13. Trois types de base de relation de dépendance entre activités.....	106
Figure 14. La standardisation des pratiques [Vallespir 05].....	112
Figure 15. Ajustement mutuel des pratiques au travers d'un processus additionnel de synchronisation [Vallespir 05].....	112
Figure 16. Trois situations possibles de communication	116
Figure 17. Eradication de l'hétérogénéité.....	116
Figure 18. Confrontation de l'hétérogénéité sémantique.....	117
Figure 19. Graphe de concepts lexicaux.....	118
Figure 20. Complexes simpliciaux	118
Figure 21. Comparaison Complexes / Graphes.....	119
Figure 22. Exemple de chaîne logistique multiple.....	119
Figure 23. Représentation sous forme de complexe.....	120

Figure 24. Position du système de mesure de performance dans un projet d'intégration d'entreprise virtuelle.....	142
Figure 25. Méthodologie de développement d'un système de mesure de performance....	145
Figure 26. Typologie d'échange au sein des chaînes logistiques globales.....	164
Figure 27. Représentation des différents types d'échanges.....	175
Figure 28. Méta-modèle des processus [UEML 03].....	178
Figure 29. Formalismes d'entrée/sortie de graphes.....	179
Figure 30. exemple de processus.....	180
Figure 31. Graphe des activités du processus de la figure 30.....	181
Figure 32. Graphe des ressources humaines de la figure 30.....	181
Figure 33. Méta-modèle de la grille GRAI [UEML 03].....	182
Figure 34. Exemple de grille GRAI.....	183
Figure 35. Traduction de la grille de la figure 34 sous forme de graphe.....	184
Figure 36. Méta-modèle des diagrammes de classes [UEML 03].....	185
Figure 37. Schéma du cas d'étude.....	186
Figure 38. Diagramme de classe du cas d'étude.....	186
Figure 39. Transformation sous forme de graphe du diagramme de classes de la figure 38	187
Figure 40. Graphe G.....	190
Figure 41. Exemple de chaîne de longueur 2.....	191
Figure 42. Exemple de graphe ayant un point d'articulation.....	192
Figure 43. Protocole d'échange d'information.....	203
Figure 44. Protocole d'échange de produits.....	204
Figure 45. Organisation générale d'une chaîne logistique.....	216
Figure 46. Lien entre le modèle d'entreprise de l'état existant, la caractérisation de l'interopérabilité et le modèle de reconception.....	218

Figure 47. Articulation entre les différents groupes [Vallespir 02].....	219
Figure 48. Décomposition de la trajectoire d'évolution du niveau global au niveau local.	227
Figure 49. Principe de la méthode d'évolution des entreprises vers l'interopérabilité.....	228
Figure 50. Trois niveaux de gestion de l'évolution.....	229
Figure 51. GEM pour la chaîne logistique.....	230
Figure 52. Méthode de caractérisation appliquée au cas de deux entreprises ayant déjà collaboré.....	231
Figure 53. Méthode de caractérisation appliquée au cas de deux entreprises n'ayant jamais collaboré dans le passé.....	232
Figure 54. Articulation entre les deux matrices d'impact.....	233
Figure 55. Matrice d'impact Objectifs globaux/ Objectifs locaux	234
Figure 56. Matrice d'impact Objectifs locaux/ Projets.....	237
Figure 57. Système de mesure de performance de la chaîne logistique.....	239
Figure 58. Système de mesure de performance de l'évolution	241
Figure 59. Grille inter-relationnelle de l'état existant.....	255
Figure 60. Transformation de la grille inter-relationnelle sous forme de graphes.....	256
Figure 61. Application de la règle générique N°1.....	257
Figure 62. Application de la règle générique N°2.....	258
Figure 63. Application de la règle générique N°3.....	259
Figure 64. Application de la règle générique N°4.1 - Chemin N°1.....	260
Figure 65. Application de la règle générique N°4.1 - Chemin N°2.....	260
Figure 66. Application de la règle générique N°4.2.....	261
Figure 67. Application de la règle générique N°4.3.....	262
Figure 68. Calcul du niveau d'interopérabilité pour chaque arc.....	263
Figure 69. Numérotation des arcs du graphe.....	264

Liste des tableaux

Tableau 1. Définition des attributs de la chaîne logistique.....	101
Tableau 2. Définition des dimensions.....	101
Tableau 3. Logique de description.....	117
Tableau 4. Outils de représentation de l'interopérabilité.....	128
Tableau 5. Une structure pour l'évaluation de performance de la chaîne logistique	133
Tableau 6. Comparaison entre mesure de performance traditionnelle et non traditionnelle [Ghalayini 96].....	134
Tableau 7. Les dimensions de la qualité, du délai, du coût et de la flexibilité.....	136
Tableau 8. Principales différences entre l'entreprise traditionnelle et l'entreprise virtuelle	144
Tableau 9. Les barrières de l'évolution.....	149
Tableau 10. Tableau récapitulatif des notes par lien de chaque critère.....	207
Tableau 11 :. Quantification de l'effort déployé pour l'interopérabilité sémantique.....	267
Tableau 12. Quantification de l'effort déployé pour l'interopérabilité informatique.....	269
Tableau 13. Quantification de l'effort déployé pour l'interopérabilité organisationnelle...	273
Tableau 14. Classement des arcs.....	274

Introduction générale

Introduction générale

Aujourd'hui, face à la mondialisation, les entreprises n'ont d'autres choix que d'innover toujours plus pour rester compétitives dans un environnement économique particulièrement agressif. Dans ce contexte difficile, les entreprises tendent à se regrouper en développant des partenariats forts avec leurs fournisseurs et clients directs et indirects. Ce nouveau type d'association, communément appelé « entreprise réseau » ou « chaîne logistique », induit une profonde modification des organisations et du fonctionnement des entreprises impliquées. En effet, chaque entreprise, prise individuellement, doit faire évoluer sa structure interne ainsi que ses habitudes de travail afin de répondre au mieux à l'objectif principal de la chaîne logistique, à savoir, la satisfaction des besoins du client final. De cet objectif ambitieux découlent deux défis que la chaîne logistique devra absolument relever avec succès si elle désire pérenniser sa structure.

Tout d'abord, elle doit assurer des échanges parfaitement synchronisés tant au niveau des produits que des informations. En effet, recevoir la bonne information au bon moment permet une meilleure gestion des produits donc une meilleure satisfaction du client. Ce principe est d'autant plus vrai s'il s'applique au travers de toute la chaîne logistique. Ainsi, si une entreprise est informée d'un incident chez l'un de ces fournisseurs bien avant qu'elle n'en ressente l'effet en son sein, elle peut alors prendre ses dispositions afin d'en minimiser l'impact sur sa production. De plus, une parfaite synchronisation et une parfaite circulation des produits au sein de la chaîne logistique permettent une optimisation globale des stocks bien au-delà des seules frontières d'une entreprise. Ce sont donc de véritables économies d'échelles qui pourront être réalisées. Ces deux aspects sont deux facettes d'une notion plus large, que nous nous attacherons à définir et à développer dans ce mémoire, appelée : « interopérabilité ».

D'autre part, les importantes modifications, engendrées par la mise en œuvre de l'interopérabilité, impliquent une évolution profonde des entreprises concernées. Or, cette évolution doit s'accompagner d'une méthodologie afin, d'une part, de la gérer et, d'autre part, de la valider au fur et à mesure de sa progression.

Ces deux défis, que doivent relever les chaînes logistiques, sont les deux piliers de ce mémoire.

Le premier chapitre présente le contexte politico-socio-économique qui a naturellement conduit les entreprises à se regrouper sous forme de chaînes logistiques. Nous décrivons ce type d'organisation avec ses modes de fonctionnement propres ainsi que ses avantages et les difficultés qu'elle génère, notamment au niveau de la mise en place de l'interopérabilité. Par la suite, nous nous attacherons à définir et à présenter cette notion, notamment en la comparant à des notions connexes plus communes. Nous montrerons que l'interopérabilité peut être considérée comme une performance de l'entreprise. C'est pourquoi, nous nous intéresserons à la mesure de l'interopérabilité en tant que performance au travers des modèles de performance existants et des difficultés liées à la mise en place des mesures, mais également à leurs raisons d'être et à leurs justifications dans une telle organisation. Enfin, nous expliquerons le besoin de gérer l'évolution des entreprises pour leur permettre d'évoluer vers l'interopérabilité et nous proposerons une méthode de gestion de l'évolution des entreprises au travers la mise en œuvre de micro-projets ordonnés.

Le deuxième chapitre identifie les différents outils et méthodes pouvant être utiles pour la caractérisation et la mesure de l'interopérabilité en tant que performance. Nous présenterons des outils dédiés à la chaîne logistique et qui apportent des pistes de réflexion pour la caractérisation de l'interopérabilité. De plus, l'interopérabilité a besoin d'un cadre méthodologique pour la représenter, c'est pourquoi nous présenterons succinctement, par la suite, les principales méthodes de modélisation d'entreprise. Cependant, ces méthodes, même si elles permettent une modélisation des pratiques, ne permettent pas une modélisation des seules informations qui concernent l'interopérabilité. Dans cet objectif, nous proposerons ensuite deux outils génériques pouvant servir à la représentation de l'interopérabilité tant d'un point de vue graphique que d'un point de vue mathématique. Une fois l'interopérabilité caractérisée et représentée, il est important de la valider tout au long du processus d'évolution de l'entreprise et au-delà. Pour cela, nous nous intéresserons aux principales méthodes de mesure de performance existantes afin de pouvoir en déduire par la suite un système de mesure et de validation de l'interopérabilité en tant que performance.

Le troisième chapitre développe les outils nécessaires à la caractérisation et à la mesure de l'interopérabilité. Dans un premier temps, nous proposerons une typologie des collaborations possibles entre plusieurs entreprises. Cette typologie, basée sur celles présentées au chapitre précédent, a un triple objectif :

- offrir un support visuel qui est une aide à la détermination du niveau actuel des relations entre les entreprises;
- permettre d'identifier clairement le niveau d'interopérabilité recherché par les entreprises concernées;
- permettre de décomplexifier le problème en le décomposant en sous-problèmes (ou problèmes élémentaires) que nous savons traiter individuellement.

Par la suite, nous définirons précisément l'interopérabilité selon notre point de vue. Nous verrons qu'il est possible de la classer en trois catégories : l'interopérabilité sémantique, l'interopérabilité organisationnelle et l'interopérabilité informatique. La définition claire de l'interopérabilité nous permettra de la caractériser grâce à l'utilisation de la théorie des graphes, présentée au chapitre 2. Nous verrons comment nous projetons des modèles utilisés en modélisation d'entreprise en graphes. Puis nous développerons des « règles génériques d'interopérabilité » qui, appliquées aux graphes, nous permettront de mettre en évidence les problèmes d'interopérabilité ainsi que d'identifier les zones sensibles d'un point de vue interopérabilité. Enfin, nous présenterons des outils permettant de mesurer le niveau d'effort d'interopérabilité que doivent actuellement fournir les entreprises afin de permettre l'effectivité de leur interopérabilité.

Le quatrième chapitre propose une démarche permettant la caractérisation, la mesure et la validation de l'interopérabilité. Cette démarche s'inscrit dans le cadre plus large de la gestion de l'évolution des entreprises. Nous verrons les détails de la méthodologie qui utilise les outils de caractérisation présentés au chapitre 3 ainsi que la chronologie d'emploi de ces différents outils. Par la suite, nous verrons comment s'insère la démarche de caractérisation dans une démarche plus globale de gestion de l'évolution. Nous montrerons qu'une fois la démarche de caractérisation appliquée, nous devons continuer à mettre à jour les modèles afin de s'assurer que les actions menées n'entraînent pas un effet indésirable et contraire à l'objectif d'interopérabilité.

Le dernier chapitre présente une application de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité. Cette application a été réalisée dans le cadre du projet européen intégré ATHENA (Advanced Technologies for interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Applications) auquel j'ai participé activement pendant toute la durée de la thèse. Dans le cadre de ce projet, nous avons pu modéliser des entreprises du consortium AIDIMA (consortium espagnol de PME du meuble). Après une présentation du contexte industriel et du contexte de l'étude, nous retrouverons toutes les étapes de la démarche de caractérisation de l'interopérabilité présentée au chapitre 4. Enfin, nous conclurons et nous présenterons les perspectives de recherche liées à ce travail.

D'autre part, nous avons fait le choix de ne pas prendre en compte ni les réticences des industriels vis à vis de ce nouveau mode d'organisation constitué par la chaîne logistique, ni les exemples existant où tout est imposé par une entreprise dominante sans véritable négociation avec les autres partenaires ou véritable recherche d'un intérêt commun, ni les conflits d'intérêts ou de pouvoir qui sont omniprésents dans la vie quotidienne des entreprises. Ce choix a été fait de façon à ne pas brider notre travail de recherche et à en faire un objectif vers lequel doivent tendre les entreprises.

Chapitre 1

Des entreprises réseaux aux problèmes d'interopérabilité

Table des matières du chapitre 1

I Introduction.....	31
II Les entreprises aujourd'hui.....	32
II.1 Le rôle accru des fournisseurs.....	32
II.2 Les alliances stratégiques.....	33
II.3 L'entreprise réseau.....	35
II.4 La gestion logistique intégrée.....	37
II.5 L'entreprise virtuelle.....	40
II.6 Conclusion.....	42
III La chaîne logistique.....	44
III.1 De la chaîne logistique au pilotage.....	44
III.2 Le mode collaboratif	46
III.3 Les avantages de la chaîne logistique.....	47
III.4 Les obstacles à la mise en place d'une chaîne logistique	48
III.5 Conclusion.....	49
IV L'interopérabilité	51
IV.1 Compréhension de l'interopérabilité.....	51
IV.1.1 Interopérabilité et intégration.....	51
IV.1.2 Interopérabilité et collaboration/coopération.....	52
IV.1.3 Les barrières d'interopérabilité.....	52
IV.1.4 Les domaines concernés par l'interopérabilité.....	53
IV.2 Pilotage et mesure de l'interopérabilité.....	54
V La mesure de performance.....	56
V.1 Les modèles de la performance.....	56
V.2 Les principales difficultés liées au pilotage de la performance d'une chaîne logistique.....	57
V.3 Pourquoi mesurer la chaîne logistique?.....	58
V.3.1 Mesure : intérêt et conséquence.....	59
V.3.2 De la création de valeur au partage des coûts	60
V.3.3 Mesure de la chaîne logistique : entre complexité et visibilité.....	60
V.3.4 La cohérence des objectifs.....	61

V.3.5 Protection de la compétitivité	62
V.4 Conclusion.....	62
VI Gestion de l'évolution des entreprises	64
VI.1 Caractérisation de l'évolution.....	64
VI.2 Re-engineering et évolution continue	65
VI.3 Modèle de référence du processus d'évolution.....	65
VI.3.1 Etat Initial.....	66
VI.3.2 Cible.....	67
VI.3.3 Etat Etape.....	68
VI.3.4 Concept d'horizon / période.....	68
VI.4 Formalisation : Les trois niveaux de gestion.....	68
VI.5 Conclusion.....	69
VII Conclusion.....	70

I Introduction

L'objet de ce premier chapitre est, dans un premier temps, d'identifier les spécificités des entreprises actuelles en analysant l'évolution du marché et des relations inter-entreprises. Nous verrons que les entreprises tendent à se regrouper en chaîne logistique et, dans ce contexte, l'interopérabilité devient une notion clé.

Suite à ce constat, nous chercherons à décrire plus précisément cette notion et nous nous attacherons à identifier les domaines permettant la réalisation de l'interopérabilité. Nous verrons qu'ils sont au nombre de trois et nous les présenterons en détails. Nous montrerons qu'interopérabilité et mesure de performance sont indissociables.

Enfin, nous verrons également que pour que les entreprises puissent atteindre cette interopérabilité recherchée, il faudra qu'elles évoluent, c'est pourquoi nous présenterons un cadre d'évolution.

II Les entreprises aujourd'hui

II.1 Le rôle accru des fournisseurs

Alors que pendant longtemps les dirigeants de nombreuses entreprises considéraient qu'il était primordial que l'entreprise possède tous les savoirs et compétences dont elle avait besoin, la tendance s'est aujourd'hui inversée car les grands donneurs d'ordres de différents secteurs industriels ont décidé de concentrer leurs énergies sur leurs compétences de base, par exemple l'assemblage et le marketing, en délaissant la fabrication de pièces qui demandent des expertises trop diversifiées [ODE 01]. Cependant, ces changements ne touchent pas que la fabrication, et de nombreux donneurs d'ordres ont de plus en plus recours à leurs fournisseurs pour la conception et le développement des produits. En raison d'une sophistication accrue, la fabrication de produits complexes exige des technologies et des compétences qui ne sont pas disponibles dans toutes les entreprises ou qui sont difficiles à acquérir. Les besoins en pièces sur mesure, de haute qualité et performantes, s'accroissent, ce qui augmente considérablement l'importance stratégique des fournisseurs dans le succès global de l'entreprise [Shenas 94]. L'interaction de plus en plus importante entre les donneurs d'ordres et leurs fournisseurs et l'interdépendance technologique signifient donc que l'approvisionnement à distance basé uniquement sur des considérations de coût ne peut plus gouverner la relation entre les fournisseurs et les donneurs d'ordres.

Il y a quelques années, la relation entre les entreprises et leurs fournisseurs était faite de méfiance et de suspicion [Dyer 96]. Dans ce type de relations, les ingénieurs de l'entreprise concevaient les composants, et les fournisseurs n'avaient que la seule tâche de les fabriquer sans être impliqués dans l'ensemble de la production. Le suivi de la qualité, ou de la performance d'un fournisseur était relativement négligé. L'entreprise, au lieu de sélectionner ses fournisseurs sur le critère de la qualité des relations antérieurs ou celle des produits livrés, sélectionnait ceux capables de réaliser le produit au coût le moins élevé selon un système d'appel d'offre concurrentiel. Plusieurs donneurs d'ordres se sont toutefois rendus compte que les relations avec leurs fournisseurs devaient changer, et ils

sont nombreux à tenter actuellement d'impliquer leurs fournisseurs dans le développement des produits et l'amélioration continue du processus industriel [ODE 01].

Cette démarche nécessite une modification radicale de la relation fournisseur / fabricant dans laquelle on privilégie au premier plan un partenariat, ce qui permet en particulier une plus grande circulation des idées dans les deux sens. Cependant, ceci est très difficile à réaliser compte tenu des pratiques antérieures qui consistaient à exploiter au mieux les fournisseurs, très souvent en les dressant les uns contre les autres (mise en concurrence des fournisseurs) [Dyer 96]. De plus, comme le souligne [Spekman 98], le comportement de collaboration exige des niveaux élevés de confiance et d'engagement, un partage d'informations parmi les partenaires, ainsi que le partage d'une vision commune du futur.

II.2 Les alliances stratégiques

L'alliance stratégique est une forme de coordination inter-entreprises se situant entre l'internalisation complète (coordination hiérarchique) et l'externalisation complète (coordination par le marché) [ODE 01]. L'alliance stratégique constitue un cas particulier de relation interorganisationnel misant sur la décision de « faire ensemble » plutôt que de « faire » (internalisation) ou de « faire-faire » (externalisation).

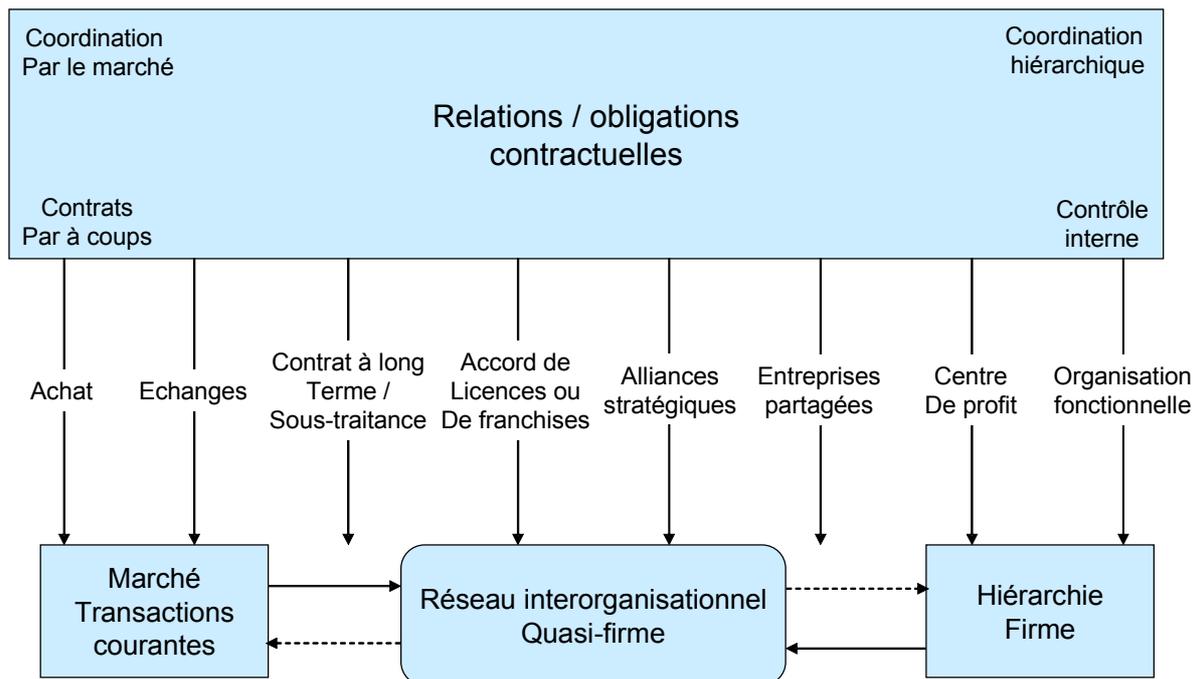


Figure 1. Les différentes formes de relations interorganisationnelles [Julien 94]

Il existe une multitude de formes de relations interorganisationnelles entre le marché et la hiérarchie. La figure 1 présente ces différentes formes sur un continuum tout en positionnant l'alliance stratégique [Julien 94].

Pour que l'alliance soit qualifiée de stratégique il faut qu'elle implique au minimum une des ressources clés de l'entreprise telles que sa technologie, ses marques de commerce, ses brevets, ses outils de production ou ses réseaux de distribution. En reprenant les différents aspects et dimensions des relations interorganisationnelles, nous pouvons donc définir l'alliance stratégique comme étant : « Un accord explicite de long terme, à l'aide duquel des entreprises indépendantes échangent, partagent ou combinent des ressources stratégiques dans l'atteinte d'un ou plusieurs objectifs, et ce, afin de bâtir ou maintenir des avantages et positions concurrentiels favorables » [Julien 94]. Cette définition reprend l'aspect formalisé de l'entente, sa portée de longue durée, l'indépendance des partenaires, l'implication de ressources stratégiques (humaines, financières, techniques...) ainsi que l'amélioration des positions concurrentielles respectives des entreprises participantes. Les alliances peuvent aussi être caractérisées sous plusieurs aspects. Elles peuvent être

bilatérales (deux partenaires) ou multilatérales (plusieurs partenaires), symétriques ou asymétriques (taille et importance respective des alliés), structurées ou non, anticompetitives ou précompétitives, et finalement, horizontales ou verticales [ODE 01].

II.3 L'entreprise réseau

En réponse aux perturbations qui ont amené les donneurs d'ordres à changer leurs relations avec leurs fournisseurs, certaines entreprises sont allées plus loin en tentant d'inventer de nouvelles formes d'organisations plus flexibles, plus réactives, plus performantes et, pourquoi pas, plus humaines [Esnault 96]. Pour décrire ces nouvelles formes d'organisation, Esnault parle de la métaphore du réseau, alors que d'autres parlent d'entreprises virtuelles ou d'organisation en plate-forme. Selon Esnault, avec la découverte de l'économie de la flexibilité et de l'interdépendance, les grandes entreprises pyramidales et monolithiques cèdent le pas à des structures plus « fédératives », les petites structures s'associant dans diverses formes de partenariat, tant sur un plan vertical (le long de la chaîne de valeur) que sur un plan horizontal (conquête de marchés internationaux).

L'entreprise réseau (ou l'entreprise collaborative) est un réseau d'entreprises juridiquement indépendantes liées par le cycle de production (d'un ou plusieurs produits ou gammes de produits) créant alors une dépendance mutuelle avec les partenaires sélectionnés et évoluant autour d'un noyau central ou entreprise pivot [Julien 94]. Toutefois, malgré ce noyau central, on parle de « déhiérarchisation » en ce sens que la relation donneur d'ordre/sous-traitant passe désormais de la hiérarchie traditionnelle à la collaboration.

Cette organisation intermédiaire (entre la hiérarchie et le marché) basée sur une relation de confiance mutuelle voit l'avantage d'un partage systématique de l'information, source d'innovation, dans un phénomène de synergie créatrice (figure 2). Toutes les entreprises du réseau n'ont pas la même importance et l'« entreprise pivot », généralement un grand manufacturier, ne collabore pas de la même façon avec toutes les entreprises du réseau. On différencie au minimum trois niveaux distincts. On parle alors du passage de la *sous-*

traitance de capacité (associé au marché), à la *sous-traitance de spécialité* (hiérarchie), puis à la *sous-traitance d'intelligence* (réseau) : « Premièrement, il y a la sous-traitance de capacité, où le receveur d'ordres ne fait que répondre scrupuleusement aux spécifications données par le donneur d'ordres, [...] il y a le sous-traitant de spécialité qui participe jusqu'à un certain point aux spécifications du produit commandé [...] troisièmement, il y a le sous-traitant « d'intelligence » qui tend à développer systématiquement le meilleur produit possible selon les besoins exprimés par le donneur d'ordres» [Jacob 94].

Cette distinction des trois niveaux de sous-traitance fait référence au réseau central, axé sur la firme pivot et ses différents produits ou gammes de produits. Cependant, comme le montre la figure 2, il est aussi possible que différents réseaux annexes viennent se greffer au réseau central. Le leadership de ces réseaux annexes est alors la responsabilité de l'entreprise la plus avancée, celle qui est la plus près du noyau. La figure 2 présente une schématisation de l'entreprise réseau [Julien 94]. En tant qu'entreprise, faire partie d'un réseau ne signifie pas être fermée au marché. Certains partenaires dans le réseau collaborent ensemble au sein de cette organisation, mais ils sont toutefois concurrents sur le marché. Cela occasionne parfois des réticences face à l'innovation diffuse. Il importe de rechercher un certain équilibre entre concurrence et collaboration afin de favoriser l'innovation par le besoin de faire mieux (dû à la concurrence), et de faire ressortir l'importance d'établir une relation de confiance où le transfert technologique apparaît comme plus avantageux que de garder l'innovation pour soi (force du réseau) [ODE 01].

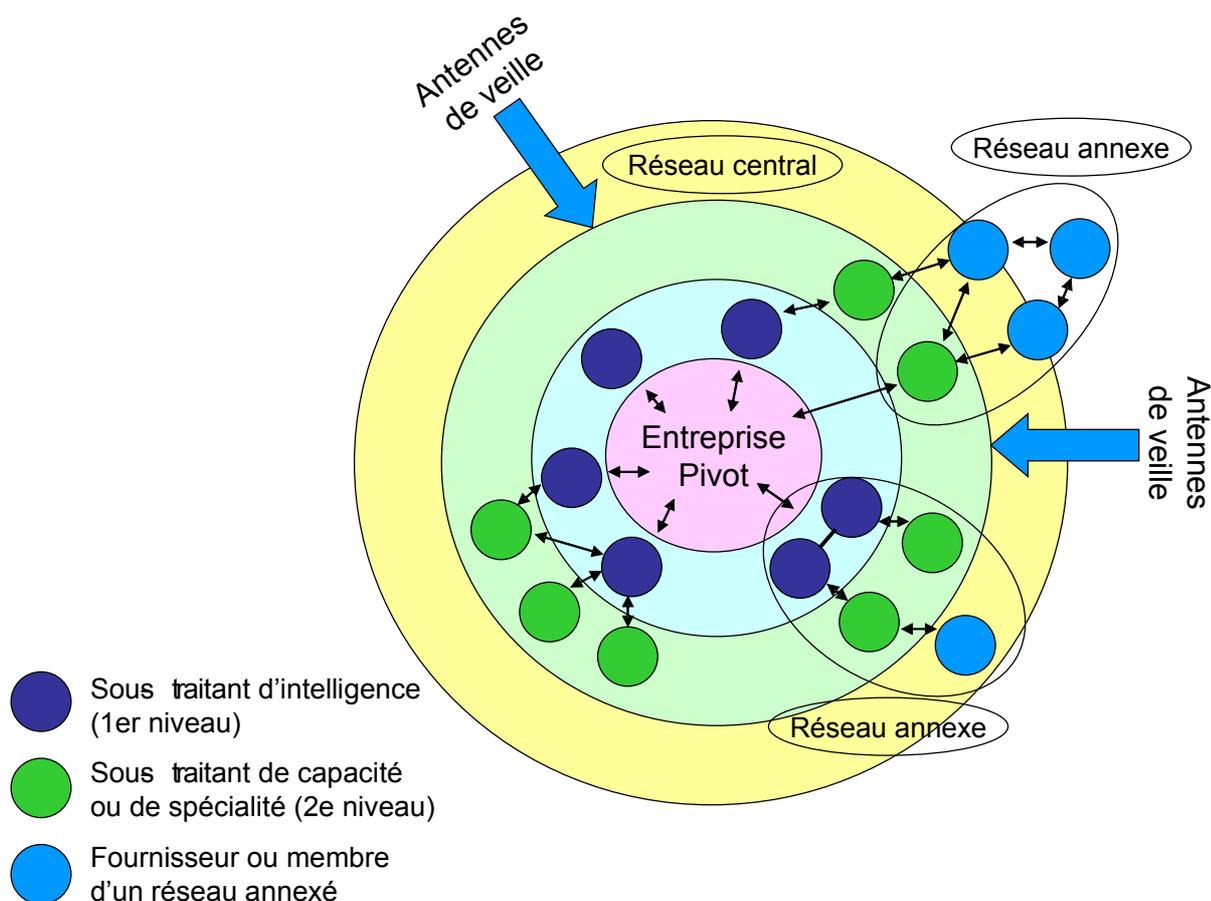


Figure 2. L'entreprise réseau

Finalement, on constate que ce concept d'entreprise réseau existe à différents degrés. Cependant, le simple fait qu'il y ait des entreprises qui concluent ensemble des ententes ne signifie pas qu'il y ait un partenariat. Ainsi, la «volonté» de s'unir au minimum à moyen terme dans une relation de sous-traitance de spécialité est nécessaire pour marquer le départ d'un partenariat. En ce sens on parlera d'«entreprise réseau». L'«entreprise collaborative» est quant à elle le stade ultime de l'entreprise réseau. On parlera ainsi de sous-traitance d'intelligence, d'ententes formalisées... lorsqu'on percevra des éléments permettant d'entrevoir une entente négociée à long terme où resurgit maturité et stabilité dans une relation de partenariat qui a évolué.

II.4 La gestion logistique intégrée

Alors que le marketing a adapté les produits au marché, la logistique a adapté le «service»

au marché en permettant d'offrir, au moindre coût, un produit de qualité, à l'endroit et au moment précis où sa demande existe [Pons 93]. La figure 3 schématise le processus logistique qui consiste d'abord à gérer, au travers des activités opérationnelles et transactionnelles, les flux physiques entre les trois sous-systèmes classiques présentés par [Pons 93] : (1) logistique d'approvisionnement (en amont), (2) logistique de fabrication (à l'interne) et (3) logistique de distribution (en aval). Chaque sous-système est, par ailleurs, composé d'une gamme d'activités logistiques de type opérationnel et transactionnel. Parallèlement à ces flux physiques, des flux d'informations assurent le fonctionnement et la coordination de la chaîne de flux physiques. La chaîne de valeur (qui n'apparaît pas dans le schéma) englobe cet espace d'organisation et de coordination des flux logistiques et décrit les flux économiques de création de valeur depuis les matières premières jusqu'à l'utilisateur final. La chaîne de valeur permet de comprendre où est créée la valeur le long de la chaîne logistique. C'est à ce niveau que l'on retrouve les activités de planification et de développement (ou d'innovation).

La logistique intégrée, telle que schématisée à la figure 3, fait donc appel à trois niveaux d'intégration distincts [Pons 93]. À un premier niveau, la logistique intégrée coordonne les divers sous-systèmes logistiques que sont la logistique en amont (d'approvisionnement), la logistique interne (de production) et la logistique en aval (de distribution). Ainsi les diverses actions de ces sous-systèmes logistiques, telles que la gestion des stocks (en amont), l'entreposage des produits en cours (de production) et la livraison de produits finis au client (en aval), sont organisés dans une cohérence plus large qui est celle de la fonction logistique intégrée uniquement au niveau des fonctions de l'entreprise.

À un deuxième niveau la logistique est intégrée en interface avec les autres fonctions dans l'entreprise. Par exemple, la logistique participe avec la production à la détermination de la localisation des produits et avec la recherche & développement à la conception des emballages [Colin 96]. Finalement, à un troisième niveau, la logistique intégrée participe à la coordination inter-entreprises d'amont en aval. Des différents fournisseurs (amont) aux différents clients (aval), en passant par la production interne, la logistique se doit d'intégrer l'ensemble des flux physiques et d'informations dans ce qu'il est convenu

d'appeler la **chaîne logistique** (*supply chain*). Cette interdépendance externe fait référence au concept de gestion de la chaîne logistique (*Supply Chain Management*) défini comme une approche intégrative visant la planification et le contrôle des flux de marchandises des fournisseurs jusqu'aux clients finaux.

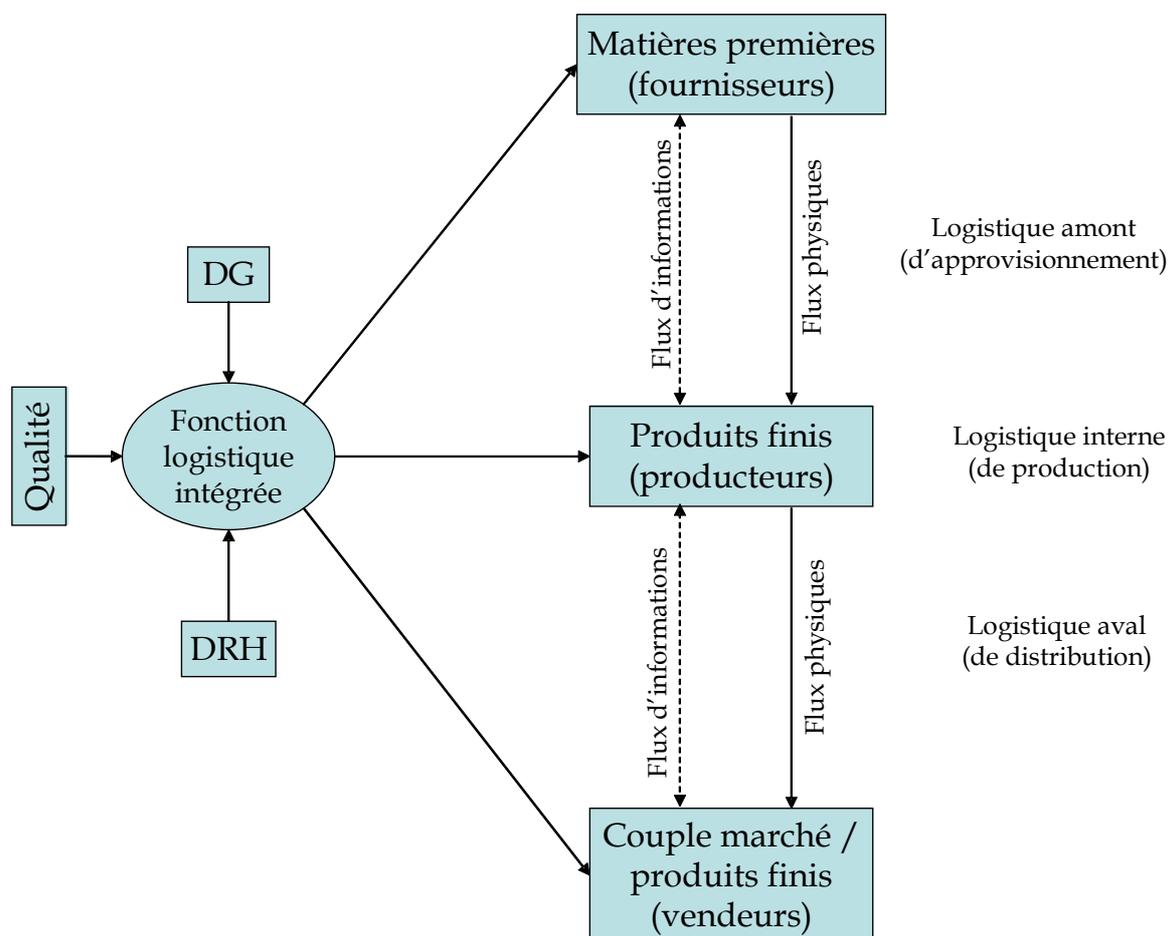


Figure 3. La logistique intégrée

En s'occupant des flux de marchandises et des relations interorganisationnelles, la gestion de la chaîne logistique travaille à l'amélioration du niveau de satisfaction des consommateurs finaux plutôt qu'à la rencontre d'objectifs marketing spécifiques. La gestion de la chaîne logistique, tout comme la qualité totale, constitue une véritable philosophie de gestion. En considérant l'ensemble des acteurs, cette approche plus coopérative vise la diminution des comportements opportunistes des différents acteurs afin de favoriser la satisfaction des consommateurs finaux [ODE 01].

II.5 L'entreprise virtuelle

Pour [Probst 96], l'entreprise virtuelle est un réseau, plus au moins temporaire, d'entreprises juridiquement indépendantes ou de personnes qui unissent leurs moyens, leurs compétences et autres ressources, afin de réaliser en commun un projet pouvant dépasser les capacités de chaque unité considérée séparément. L'entreprise virtuelle cherche à exploiter des opportunités volatiles, à accéder à de nouveaux marchés et à partager les coûts et les risques, ceci sans superstructure organisationnelle importante, en recourant aux nouvelles possibilités des technologies de l'information et de la communication. [Perlo 98] ajoute que l'entreprise virtuelle se caractérise par des équipes qui ne sont pas seulement multisites et éparpillées dans les différentes parties du globe, mais qui sont aussi multilingues, multiculturelles, multifonctions, multimétiers et bien souvent multiactionnaires, dans le cas de joint-ventures.

L'entreprise virtuelle, selon [Luik 96], a quatre caractéristiques principales :

1. Les sociétés virtuelles sont dynamiques et elles peuvent réagir rapidement face à l'évolution du marché.
2. Elles ont un caractère éphémère, bien que certaines aient duré jusqu'à huit ou neuf ans, bon nombre n'existent que pendant quelques mois.
3. Les entreprises virtuelles ont une hiérarchie vaguement définie et s'en soucient très peu, ce qui est en partie attribuable au fait qu'une hiérarchie n'est pas nécessaire dans une organisation éphémère. Dans la société virtuelle, c'est la nature des relations, plutôt que les liens hiérarchiques officiels, qui détermine le succès de la société. Dans ce type d'entreprises, les relations sont des relations de confiance.
4. Les compétences de base dans une société virtuelle sont réparties entre tout le groupe ou le consortium de groupes.

[Luik 96] a aussi énuméré certaines des raisons qui expliquent que des organisations choisissent cette voie :

- *Les clients*. Les clients se retrouvent maintenant au centre de l'action dans la plupart des entreprises. Leurs demandes sont extrêmement changeantes et volatiles, ce qui favorise

un facteur sous-jacent de la société virtuelle, la rapidité.

- *La répartition des coûts et des risques.* La société virtuelle peut répartir à la fois les coûts et les risques entre plusieurs intervenants, dont certains sont plus avancés et donc mieux en mesure de supporter le risque.
- *Les compétences de base.* Les compétences de base ont quelque chose de paradoxal. D'une part, on conseille à des entreprises de toutes tailles de réduire le nombre de compétences de base qui les définissent. D'autre part, les entreprises constatent que pour répondre aux besoins de leurs clients, il leur faudra peut-être acquérir d'autres compétences de base. L'entreprise virtuelle semble offrir le moyen idéal d'éviter ce paradoxe. Elle permet à un consortium d'entreprises, chacune ayant des compétences de base assez distinctes, de se réunir et d'offrir une gamme complète de compétences de base.
- *Le capital intellectuel.* Les sociétés virtuelles règlent le problème essentiel du capital intellectuel. En effet, en mettant en commun les ressources humaines avec les savoirs, savoirs-faire et savoirs-être propres, les sociétés virtuelles augmentent leur capital.
- *La maîtrise du changement, de l'incertitude, et de la complexité.* Les entreprises virtuelles procurent une structure grâce à laquelle on peut maîtriser le changement, l'incertitude et la complexité. En réalité cela ne veut pas dire que ces entreprises sont en mesure de fournir des réponses complètes et simples à ces problèmes très complexes, mais plutôt que les personnes qui œuvrent au sein de ces entreprises sont orientées en fonction de ces défis que représentent le changement, l'incertitude et l'imprévisibilité.

Dans le secteur de l'automobile, le développement de la Ford Contour, qui était voulue par Ford comme une voiture universelle (*World Car*), s'est fortement inspiré du principe de l'entreprise virtuelle. Lorsque Ford a développé cette voiture, le constructeur a transféré un élément clé de sa chaîne de valeur, le développement de produits, dans l'espace du marché. Dans un espace virtuel l'équipe de conception a pu transcender les limites de temps et d'espace qui caractérisent le monde physique. Elle a construit et testé des

prototypes dans un environnement informatique simulé, et partagé ses dessins et données avec des collaborateurs connectés au réseau informatique 24 heures par jour, dans le monde entier. Dans le monde virtuel de l'information, elle a établi des caractéristiques globales comme pour la fabrication, intégré de manière centrale les systèmes composants et même entraîné les fournisseurs à participer au processus de conception. Ford a donc entrepris les étapes de la création de valeur non sur une chaîne de valeur physique mais sur une chaîne de valeur virtuelle.

Il faut cependant souligner que le travail au sein d'équipes virtuelles exige aussi une souplesse étonnante de la part des membres de l'équipe et le respect des différences entre ces membres (culture, langue, style de travail etc...). Non seulement travaillent-ils avec quatre ou cinq équipes de projet par jour, mais leur rôle change également, car ils dirigent au sein d'une équipe et ont un rôle de soutien au sein de l'autre. En effet, une telle organisation implique, selon [Probst 96], des relations de confiance et une compréhension mutuelle de la manière de traiter des affaires, un grand partage sans restriction des informations confidentielles, et surtout la motivation de chaque membre de l'équipe. Il est aussi évident que le management traditionnel perd toute son efficacité dans ce type particulier d'entreprise et que le management «à distance» ou «virtuel» impose aux gestionnaires des changements radicaux dans leur façon de travailler et une maîtrise parfaite de nouvelles compétences.

II.6 Conclusion

Dans la mouvance économique actuelle, le marché devient de plus en plus concurrentiel. Il induit un accroissement de la pression exercée par le client sur l'entreprise. Hormis des délais de plus en plus courts, le client exige une meilleure qualité, des quantités de plus en plus faibles et des cycles de vie de plus en plus courts. Les fabricants ont compris que la personnalisation était la voie à suivre, mais l'efficacité passe aussi par la production de masse. L'idéal se trouve entre les deux : on parle alors de « Mass Customisation » [Yanat 02]. Les entreprises doivent trouver de nouvelles voies de valeur ajoutée, la compétition n'est plus seulement axée sur la guerre des prix.

Nous assistons aujourd'hui à une remise en question de l'entreprise au travers d'un changement de philosophie. Nous pouvons parler de véritable révolution des mentalités et d'une transformation en profondeur des organisations. Tout ceci est provoqué par une évolution du marché, qui est de plus en plus concurrentiel et exigeant vis à vis des produits et services proposés. Les clients ne se contentent plus de choisir un produit parmi un panel, ils exigent toujours plus de qualité, plus de services, plus de rapidité, plus de nouveautés... pour un prix toujours plus faible. Pour faire face à ces nouvelles exigences, les entreprises se regroupent, se spécialisent et collaborent afin d'être plus dynamiques, plus réactives... en un mot, plus compétitives. Ces nouvelles organisations sont appelées des « entreprises réseaux » et leur nouvelle méthode de travail est appelée « travail collaboratif ».

Au sein des entreprises réseaux, il est possible d'en distinguer deux types différents : les entreprises virtuelles et les chaînes logistiques (ou supply chain). L'entreprise virtuelle, revêtant un caractère plus ou moins temporaire, induit, par conséquent, des changements superficiels au sein de chaque entreprise du réseau. Au contraire, la chaîne logistique est une véritable philosophie adoptée par l'ensemble des partenaires et nécessite la mise en place d'une organisation au service des clients avec des changements en profondeur, effectués pour assurer une collaboration à long terme.

Pour la suite de notre travail, nous nous sommes focalisés sur la problématique des chaînes logistiques qui seront présentées en détail dans la partie suivante.

III La chaîne logistique

Les acteurs industriels de la gestion logistique prédisent un futur où s'affronteront les attelages de grandes marques et de leur réseau de partenaires [Dupin 01]. Si l'on en croit les spécialistes de l'économie, l'industrie occidentale s'orienterait vers l'adoption d'un modèle d'organisation proche de celui des keiretsus japonais. Sorte de conglomérat, le keiretsu consiste en un écosystème complexe d'entreprises spécialisées, interdépendantes, liées par des participations croisées et chapeautées par un grand industriel, lui-même adossé à une banque puissante. Mais ce qui retient l'attention des analystes dans ce modèle, c'est l'intégration industrielle de l'ensemble et son pilotage par un acteur de taille, qui en assure la visibilité. Plusieurs facteurs semblent, en effet, pousser les grandes entreprises dans le sens de cette évolution, que permettent justement les outils de gestion de la chaîne logistique globale. Face à un consommateur toujours plus exigeant et à des cycles de plus en plus courts, l'entreprise doit répondre par une innovation constante et une qualité sans faille. L'innovation constante implique de se concentrer sur sa compétence immatérielle, le marketing et la recherche-développement. La qualité sans faille implique d'abord de confier à des spécialistes la production, la vente ou le service, puis de mettre en oeuvre avec eux des processus robustes de collaboration. C'est à ce niveau qu'interviennent les outils informatiques : ils matérialisent les liens entre les différents partenaires du réseau et, en facilitant l'échange d'informations, sa qualité et la vitesse d'exécution au sein de l'organisation, ils en permettent l'efficacité globale. Allégée, l'entreprise aura une capacité accrue pour réagir face à la concurrence et changer rapidement de cap. Il lui sera aussi plus facile de gérer sa marque. Mais se pose alors le problème de l'inertie de l'escadre de fournisseurs, de sous-traitants, de prestataires ou de distributeurs qu'elle entraîne dans son sillage. On retrouve là les problématiques soulevées par Sanjiv Sidhu : détecter l'événement, pouvoir l'analyser pour décider et être en mesure de faire exécuter la décision [Dupin 01].

III.1 De la chaîne logistique au pilotage

Le concept de Supply Chain est né de la nécessité de mettre en place un management au

service des clients. Aujourd'hui, il n'est plus antinomique d'améliorer le service client et d'accroître la rentabilité. De simple centre de coût, la logistique est aujourd'hui au centre d'une révolution des mentalités que reflète l'abandon du terme de « logistique » au profit de celui de « Chaîne Logistique » (CL) ou « Supply Chain ». De façon générale, nous pouvons définir la CL comme étant l'ensemble de toutes les activités associées à la transformation et à la circulation de biens et services, depuis l'extraction des matières premières jusqu'au client final [Hauguel 01]. Cette définition induit immédiatement l'intégration de toutes ces activités à l'intérieur comme à l'extérieur de l'entreprise. Cette intégration, qui repose sur la coordination des activités et des processus au sein de la filière, est généralement appelée « Supply Chain Management » (SCM) ou « Gestion de la Chaîne Logistique » (GCL). Ce terme recouvre deux dimensions, l'une stratégique, l'autre opérationnelle. La première s'intéresse à la composition optimale de la chaîne, pour une entreprise, en terme de nombre d'acteurs et de répartition des rôles dans la réalisation des activités. La seconde se penche sur la mise en œuvre la plus efficace possible des moyens nécessaires pour coordonner les différentes fonctions et activités de l'entreprise.

Cependant, parler de GCL dans son ensemble ne suffit pas, il faut également préciser le niveaux de mise en oeuvre. En effet, [Bouchenaki 04] distingue cinq niveaux distincts :

1. Appliquer les fondamentaux avec pour objectif d'être vigilant par rapport à la qualité de manière générale,
2. S'organiser en équipes multi-fonctions avec pour objectif de servir au mieux ses clients,
3. Se doter d'une organisation intégrée (entreprises intégrées) avec pour objectif de mener ses affaires de manière plus efficace notamment par la mise en place d'un ERP,
4. S'organiser en « chaîne logistique étendue » avec pour objet de créer de la valeur ajoutée au sein de son activité,
5. Créer des « communautés de chaîne logistique ». Dans la pratique, l'entreprise cherche à anticiper les évolutions de son marché en mettant en place une

organisation dédiée avec des acteurs dédiés à un projet spécifique. Cette organisation implique la fédération de plusieurs acteurs de l'entreprise au niveau de la conception, production, marketing, fournisseurs, de façon permanente ou intermittente.

A travers ces différents objectifs, les entreprises pourront progresser d'un niveau où elles subissent la concurrence à un niveau de collaboration leur permettant de créer un avantage concurrentiel.

III.2 Le mode collaboratif

Indépendamment des outils collaboratifs, se lancer dans une démarche impliquant différents métiers et différentes compétences requiert cependant certaines conditions de réussite. Il est notamment nécessaire d'optimiser un système dans sa globalité plutôt que différents maillons de manière indépendante en se dotant d'une visibilité d'ensemble. Cette vision d'ensemble va permettre de détecter les écarts et les faiblesses et d'identifier les fonctions où il est pertinent de collaborer. Cette collaboration s'effectue entre les services d'une même entreprise (intra-entreprise) mais aussi entre les partenaires de diverses entreprises. Ce mode de fonctionnement nécessite également une communication amont afin de fixer des objectifs communs et non plus antagonistes. Enfin, travailler dans un environnement de confiance et de respect mutuel est un facteur indispensable.

L'objectif de tout dispositif collaboratif, quel qu'il soit, est d'arriver à une gestion collaborative qui s'appuie notamment sur quelques principes de base tels que l'échange des informations entre partenaires internes et externes, le partage d'une vision commune, et l'échange lors de la prise des décisions.

Les principaux processus collaboratifs peuvent intervenir au sein de l'entreprise par exemple au niveau de la conception produits, des prévisions de ventes, de la planification de production, des achats/approvisionnement... Ces processus collaboratifs se réalisent notamment grâce à des opérations incontournables comme les prévisions et la planification collaboratives ainsi que la collaboration avec les fournisseurs [Bouchenaki 04]. Ces trois types d'opérations sont détaillées ci-dessous.

Les **prévisions collaboratives** : à titre d'exemple, la mise en place d'un mode de gestion et de supervision des prévisions des ventes partagé par différents acteurs dans le cadre d'une plate-forme commune. L'objectif est d'avoir un outil centralisé d'informations remontées du terrain.

La **planification collaborative** : Il s'agit d'outils qui permettent d'avoir une visibilité sur les capacités de production. Après prise en compte des différentes contraintes, il permet de réaliser des plannings avec une idée précise des acteurs à impliquer et le moment de leur intervention.

La **collaboration fournisseurs** : Référencer les « bons » fournisseurs est un enjeu pour les entreprises, travailler avec ces fournisseurs avec un outil commun opérationnel permet de réduire massivement les coûts liés aux achats.

III.3 Les avantages de la chaîne logistique

Selon [Lohman 04] et d'un point de vue pratique, les améliorations induites par l'adoption du concept de supply chain sont de trois types :

- La coopération au niveau fonctionnel tout au long de la SC permet d'améliorer les délais de livraison, la flexibilité et la rapidité d'introduction des nouveaux produits. En effet, de nombreuses entreprises sont organisées fonctionnellement, c'est à dire autour des activités du processus de production, ce qui rend difficile le contrôle de la SC dans sa globalité. Or, assurer un meilleur service aux clients exige la synchronisation des fonctions telles que le marketing, les ventes, la distribution, la fabrication et les achats [Anderson 97][Buzzel 95][Lampel 96].
- Une meilleure synchronisation permet de dépasser les frontières fonctionnelles et nationales. Le phénomène de franchissement de ces frontières s'est particulièrement produit en Europe, où beaucoup d'entreprises se sont déplacées, passant d'une organisation nationale forte ayant une production, des produits et des clients locaux, à une organisation où la production est plus spécialisée et où une usine fabrique une partie spécifique de la gamme de produits pour la totalité de l'Europe. Les ventes et le marketing sont devenus en partie centralisés. Il y a donc un besoin

de contrôler la SC à une échelle européenne [Abrahamsson 97].

- L'amélioration des opérations tout au long de la SC permet d'offrir un meilleur service au client final avec des coûts réduits pour la SC dans sa globalité [Johnson 87].

Dans ce contexte, le terme « d'Entreprises Collaboratives » sera souvent utilisé pour désigner des entreprises travaillant conjointement dans le but d'élaborer un projet commun.

III.4 Les obstacles à la mise en place d'une chaîne logistique

Selon [Yanat 02], les obstacles à la mise en place de la chaîne logistique sont nombreux et complexes. Nous ne citeront ici que les principaux.

Tout d'abord, les outils et techniques de bases requis pour mettre en place une SC sont généralement soit très récents, soit en cours de développement. En effet, il existe actuellement cinq modèles de référence ou standards de la supply chain : SCOR (Supply Chain Operation Reference) du Supply Chain Council [SCOR 03] [SCOR 05], le questionnaire asLOG (association de LOGistique) du ministère de l'industrie français [ASLOG 02], la norme AFNOR X50-600 et X50-604 [AFNOR 99][AFNOR 02] et ODETTE de EVALOG [Evalog 01]. L'ensemble des indicateurs de gestion de la chaîne logistique n'a été défini qu'à partir de 1996. Enfin, les systèmes d'information intégrant les activités d'exécution et de planification de la SC sont également très récents.

D'autre part, des priorités internes aux entreprises peuvent venir fausser la vision initiale du SCM. Le SCM sera vu soit comme un projet de système d'information dans une entreprise, soit comme un projet de mesure de performance financière dans une autre, suivant un critère qui ne fait pas partie intégrante du projet de gestion de la chaîne logistique.

Ensuite, la sous-évaluation de l'effort de changement en visant trop tôt un objectif trop large est préjudiciable pour l'ensemble du projet. En effet, la pratique montre que la définition d'un périmètre pour l'action et une démarche par étapes sont essentielles à

l'obtention de résultats rapides.

Enfin, les difficultés de mise en œuvre sont en général de trois ordres. Les premières relèvent de relations biaisées avec les différents acteurs de la SC. Par exemple, les fournisseurs sont choisis en fonction d'un critère quasi exclusif de prix, au détriment de la qualité et des délais, ou au contraire en fonction des seuls délais de livraison, quels que soient le coût ou la qualité. Le second type provient de problèmes de communication liés à un mauvais partage de l'information entre les différents acteurs de la SC. Cela vient du fait que les entreprises ont généralement une certaine méfiance à l'égard de leurs partenaires et hésitent à partager des informations jugées trop sensibles pour être confiées à des fournisseurs ou à des distributeurs; ou de l'absence d'infrastructure de communication performante. Une dernière source de faiblesse tient à l'insuffisance des contrôles de performance. Quand ils existent, les indicateurs de performance sont souvent très limités ou mal mesurés [Hauguel 01].

III.5 Conclusion

Cette partie nous montre que l'entreprise d'aujourd'hui n'a guère d'autre choix pour survivre que d'adopter une organisation de supply chain. En effet, face à l'évolution des marchés et à la férocité de la concurrence, l'entreprise doit adopter une nouvelle philosophie : le travail collaboratif. Or, celui-ci induit le concept de Supply Chain qui est né de la nécessité de mettre en place un management au service des clients. Ce nouveau concept amène avec lui de nouvelles façons de concevoir l'entreprise. Tout d'abord, la mise en place d'une coopération au niveau fonctionnel tout au long de la SC permet d'améliorer les délais de livraison, la flexibilité et la rapidité d'introduction des nouveaux produits. Ensuite, une meilleure synchronisation permet de dépasser les frontières fonctionnelles et nationales. Enfin, l'amélioration des opérations tout au long de la SC permet d'offrir un meilleur service au client final avec des coûts réduits pour la SC dans sa globalité. Cependant, la mise en place d'une chaîne logistique est longue et complexe car plusieurs entreprises doivent en même temps modifier leurs organisations, leurs sémantiques, leurs systèmes d'information ainsi que leurs systèmes d'indicateurs de

performance afin de les rendre compatibles. C'est cette « compatibilité » que nous nommons « interopérabilité ».

IV L'interopérabilité

Comme nous l'avons déjà présenté précédemment, une des tendances du marché actuel est la collaboration accrue des entreprises tout au long du cycle de vie du produit. Le résultat de la collaboration peut varier d'une alliance stable entre les différents acteurs dans le cadre d'une chaîne logistique à une coopération plus transitoire dans le cadre d'une entreprise virtuelle. Cette tendance vers la collaboration croissante a plusieurs conséquences pour les organisations et induit la notion d'interopérabilité.

L'interopérabilité peut être définie comme étant « la capacité de deux ou plusieurs systèmes ou composants à échanger des informations et à utiliser ces informations échangées » [IEEE 90][Athena 04]. Cette définition met en avant les éléments essentiels à la compréhension de ce qu'est l'interopérabilité, à savoir [Oxford 99][Daclin 05]:

- la présence de plusieurs acteurs ou de plusieurs systèmes,
- la réalisation d'une action collective,
- l'aptitude à communiquer des données propres aux acteurs, qu'elles soient identiques ou radicalement différentes et à les utiliser.

IV.1 Compréhension de l'interopérabilité

Les définitions sur l'interopérabilité sont nombreuses, cependant, elles ne permettent pas une compréhension claire. Pour définir le domaine de l'interopérabilité, il est non seulement nécessaire de définir ce qu'est l'interopérabilité, mais également ce qu'elle n'est pas. Les parties suivantes tendent à clarifier certaines confusions existantes entre le concept d'interopérabilité et quelques autres.

IV.1.1 Interopérabilité et intégration

Généralement, la notion d'interopérabilité est liée à la coexistence, l'autonomie et l'environnement fédéré de plusieurs entreprises, tandis que l'intégration se rapporte aux concepts de coordination, de concordance et d'uniformisation. Du point de vue du degré d'interaction, l'intégration implique que les composants sont interdépendants et ne

peuvent pas être séparés. Si les composants sont reliés par un réseau de transmission et qu'ils peuvent échanger des services tout en continuant leur propre logique d'opération, c'est un système interopérable. Ainsi deux systèmes intégrés sont inévitablement interopérables ; mais deux systèmes interopérables ne sont pas nécessairement intégrés.

Un autre point de vue est donné par l'[ISO 14258] : « Deux systèmes sont considérés comme intégrés s'ils ont un format standard détaillé pour tous leurs composants constitutifs ».

IV.1.2 Interopérabilité et collaboration/coopération

Nous considérons que le concept d'interopérabilité est également différent des concepts de « collaboration » et de « coopération ». L'interopérabilité est une propriété concernant la compatibilité (dans le sens large et pas seulement du point de vue matériel et/ou logiciel) de deux systèmes. Elle n'a pas un objectif particulier de collaboration ou de coopération et n'implique pas une relation d'association. Deux entreprises interopérables ne collaborent pas nécessairement autour d'un projet industriel commun. Cependant, deux entreprises qui collaborent ensemble peuvent avoir des sérieux problèmes d'interopérabilité.

En résumé, les notions de coopération et de collaboration se rapportent à l'association d'un certain nombre de personnes pour leur avantage commun ou à une action collective dans un but commun, généralement dans le cadre d'un processus industriel. A contrario, l'interopérabilité n'est pas un objectif en soit recherché par les entreprises, mais elle est indispensable pour assurer l'atteinte des objectifs de collaboration ou de coopération.

IV.1.3 Les barrières d'interopérabilité

Par la notion de « barrière » nous désignons une incompatibilité qui empêche le partage d'informations et qui empêche les échanges de services. Trois catégories de barrières ont été identifiées par [Chen 05][DI 05] : conceptuelle, technologique et organisationnelle. Elles sont définies de la façon suivante :

- *Les barrières à caractère conceptuel* sont liées aussi bien aux différences syntaxiques et sémantiques des informations qui doivent être échangées, qu'au sens

de ces informations. Ces problèmes concernent aussi bien les modèles à un niveau élevé d'abstraction (comme par exemple les modèles d'une entreprise) que le niveau de la programmation (par exemple la faible capacité de représentation sémantique du langage XML).

- *Les barrières à caractère technologique* concernent les incompatibilités des technologies de l'information (architecture et plateformes informatiques, infrastructure...). Une barrière technologique existe si le manque d'un ensemble de technologies compatibles empêchent la collaboration entre deux ou plusieurs systèmes. De telles barrières sont dues au fait que différentes versions de normes et de technologies de l'information sont employées et peuvent être incompatibles. De plus, les technologies de l'information peuvent se référer à différentes versions d'une même norme, à différentes parties de la norme, interpréter la norme différemment, et prolonger même la norme d'une propriété industrielle, ce qui ajoute des imperfections.
- *Les barrières à caractère organisationnel* sont liées à la définition de la responsabilité et de l'autorité de sorte que l'interopérabilité puisse avoir lieu dans de bonnes conditions. Celles-ci peuvent être vues comme technologies humaines ou liées aux « facteurs humains » et dépendent des aspects humains et des comportements organisationnels qui peuvent être incompatibles avec l'interopérabilité.

IV.1.4 Les domaines concernés par l'interopérabilité

Les entreprises adoptent les nouveaux concepts de collaboration, tels que "les entreprises collaboratives", pour étendre et compléter leurs offres de service afin de concurrencer d'autres entreprises. Ces concepts se déclinent selon trois domaines : processus d'entreprise, ontologie et applications d'entreprise.

Les processus d'entreprise doivent être compatibles aux interfaces afin d'éviter les ruptures de la chaîne logistiques aux frontières des entreprises. La continuité des processus permet d'avoir une vision globale de la chaîne facilitant ainsi son pilotage, elle

permet également une plus grande flexibilité donc une plus grande réactivité et une réduction des coûts. Les processus d'entreprise peuvent être physiques, décisionnels ou informationnels. [Athena 04]

Les sémantiques doivent être identiques dans toutes les entreprises du réseau pour que tous leurs membres puissent interagir sans difficulté liée au vocabulaire ou au sens des phrases. Au sein du réseau, la communication est primordiale. Pour qu'elle puisse s'effectuer de façon fluide et ne pas générer de problèmes, il faut que les différents protagonistes, quels que soient leurs domaines et leurs services, utilisent un vocabulaire commun, où à un mot correspond une seule définition, et un sens commun pour une même phrase. Une ontologie commune apporte tous les éléments nécessaires à une communication fluide et sans interprétation possible.

Les systèmes et les applications d'entreprise doivent être interopérables afin de permettre aux entreprises d'interagir sans coupures à leurs frontières et afin de réaliser des entreprises réseaux. Les rapports entre les différents acteurs de l'entreprise réseau changent considérablement, ce qui est nécessaire pour permettre aux entreprises impliquées de réagir avec souplesse aux changements du marché, d'échanger avec leurs partenaires et de s'ouvrir à un marché plus large. Ceci implique que les systèmes informatiques utilisés dans les entreprises réseau soient interopérables, flexibles, adaptables, soutiennent le déploiement, la configuration et apportent une facilité de gestion. En remplissant ces conditions, ils supportent le « plug & do business » et participent ainsi à la réussite de la réalisation des entreprises réseau [Athena 03].

IV.2 Pilotage et mesure de l'interopérabilité

Dans l'objectif d'amélioration de l'interopérabilité, il est primordial de pouvoir la mesurer pour la faire évoluer : « il faut évaluer pour évoluer c'est-à-dire voir, motiver et progresser » [AFGI 92][CPC 97]. Cependant l'interopérabilité n'est pas une performance comme les autres. Ainsi, elle peut être considérée comme une performance importante pour la chaîne logistique au même titre que les performances classiques de coût, qualité et délai. Dans ce cas, l'interopérabilité est un outil au service de l'entreprise lui permettant

ainsi de diminuer ses coûts, d'améliorer les relations humaines, d'améliorer l'organisation, aussi bien au niveau global (organisation générale de la chaîne logistique) qu'au niveau local (organisation précise de chaque entreprise ou service), et d'appliquer une politique au travers des objectifs stratégique de la chaîne logistique. De façon plus générale, si l'on considère l'interopérabilité en tant que performance et que l'on se place dans un contexte de chaîne logistique, alors la problématique de la performance dans ce contexte s'applique directement à la problématique de l'interopérabilité. Or des travaux ont déjà été réalisés dans le domaine de la mesure de la performance et, en particulier, dans la mesure de la performance de la chaîne logistique. Par la suite, nous présenterons les différents modèles de la performance, puis les principales difficultés liées au pilotage de la performance et nous justifierons la nécessité de la mesure.

V La mesure de performance

V.1 Les modèles de la performance

Selon [Gauzente 00], il existe différents modèles de performance inspirés par les quatre approches présentées ci-dessous.

L'approche économique repose sur la notion centrale d'objectifs à atteindre. Ces derniers traduisant les attentes des dirigeants, ils sont donc souvent énoncés en termes économiques et financiers. L'illustration de cette approche est reflétée dans l'étude de [Caby 96] qui souligne les prolongements stratégiques d'une telle conception. Pour eux, la création de valeur passée ou anticipée se fonde soit sur une croissance de l'activité, soit sur une politique de dividendes raisonnée en fonction des investissements futurs soit, encore, sur une préférence pour les financements externes.

L'approche sociale découle des apports de l'école des relations humaines qui met l'accent sur les dimensions humaines de l'organisation. [Quinn 81] indiquent que cette approche ne néglige pas les aspects précédents mais intègre les activités nécessaires au maintien de l'organisation. Pour cette raison, le point central devient la morale et la cohésion au sein de l'entité considérée. Cette conception est défendue par [Bass 52] qui, dès 1952, enjoint de considérer comme ultime critère de valeur organisationnelle, celle des hommes. Néanmoins l'acceptation de cette hypothèse dépend du postulat suivant : atteindre les objectifs sociaux permet d'atteindre les objectifs économiques et financiers.

L'approche systémique est développée par opposition aux approches précédentes, considérées comme trop partielles. Elle met en exergue les capacités de l'organisation : *« l'efficacité organisationnelle est le degré auquel une organisation, en tant que système social disposant de ressources et moyens, remplit ses objectifs sans obérer ses moyens et ressources et sans mettre une pression indue sur ses membres. »* [Georgopoulous 57]. L'harmonisation, la pérennité des sous-systèmes au regard de l'environnement du système entreprise sont alors cruciaux.

La dernière approche, qualifiée de politique par [Morin 94], repose sur une critique des

précédentes. En effet, chacune des trois approches précédentes assigne certaines fonctions et certains buts à l'entreprise ; or, d'un point de vue distancié, tout individu peut avoir ses propres critères pour juger la performance d'une organisation. Cette conception consacre le règne du relativisme. Plusieurs exemples l'illustrent [Eccles 91], [Connolly 80], [Zammuto 84], [Keeley 84].

V.2 Les principales difficultés liées au pilotage de la performance d'une chaîne logistique

Ces difficultés font partie de l'ensemble des obstacles à la mise en place d'une chaîne logistique dont les principaux ont été présentés dans la partie III.4 de ce chapitre.

Le pilotage de la performance au sein de la chaîne logistique se heurte aujourd'hui à 5 difficultés majeures [Liguault 04]:

1. *Le manque de transversalité effective de la chaîne logistique* : les intervenants appartiennent à des organisations et des fonctions différentes (achats, approvisionnements, production, distribution,...) avec des objectifs souvent contradictoires. Le concept de « chaîne » se trouve ainsi rarement traduit en objectifs communs et solidaires, que ce soit en interne ou en externe avec les fournisseurs, clients et partenaires. Paradoxalement, les initiatives de gestion de chaîne logistique engagées ces dernières années ont bien souvent augmenté le niveau de *risque* global, au profit d'objectifs locaux tels que la réduction des stocks ou des coûts d'achats.
2. *L'hétérogénéité des compétences en chaîne logistique* : le système de pilotage doit permettre de responsabiliser des intervenants dont la qualification est très hétérogène et qui sont localisés souvent sur de multiples sites. Il y a donc un véritable enjeu d'évolution des compétences et d'alignement des modes de management, afin d'assurer la cohérence des objectifs entre les intervenants opérationnels (administration des ventes, gestionnaires de stocks,...) et le pilotage des différentes fonctions (marketing, ventes, ...). On ignore souvent que la performance de la chaîne logistique se détermine autant dans l'*exécution* que dans la *planification*.

3. **Le chaînon manquant du système d'information** : l'offre actuelle de progiciels qui est très riche laisse cependant des trous béants : les APS (Advanced Planning Systems) couvrent la planification tactique et les horizons de plusieurs semaines. Les systèmes dits d'exécution (Supply Chain Execution) couvrent les transactions au jour le jour. Où est donc le système décisionnel intermédiaire qui va faciliter la prise de décision pour les *opérationnels*, par exemple dans le choix d'allocation des stocks vis à vis d'un portefeuille de commandes ou le déclenchement d'un approvisionnement urgent ? Comment identifier les situations à risque résultant des *événements* / aléas quotidiens, traiter les alertes immédiatement et faciliter la prise de décision au bon niveau ?
4. **La difficulté à bien prévoir** : les experts parlent d'une volatilité forte et croissante des marchés. Au niveau macro-économique, la dépense des ménages n'obéit à aucune règle et les statistiques de consommation révèlent des surprises quasiment chaque mois. Les effets conjugués des humeurs, de la volatilité des devises et de l'importance des promotions contribuent à renforcer les erreurs de prévision. Le rythme incessant de renouvellement des nouveaux produits rend les chaînes logistiques profondément instables. C'est pourquoi des leaders de la performance tels que DELL investissent plus dans les capacités (management, processus, outils) d'adaptation, de flexibilité et de réactivité que dans la qualité des prévisions.

V.3 Pourquoi mesurer la chaîne logistique?

De nombreuses raisons justifient l'utilité de la mesure de la chaîne logistique. Nous verrons, dans un premier temps, le principal intérêt et les conséquences de la mesure de performance, puis nous verrons que l'organisation particulière en chaîne logistique permet tout autant un accroissement de la création de valeur au sein de la chaîne logistique qu'un partage des coûts. Ensuite, nous montrerons que la mesure de la chaîne logistique est très complexe, mais qu'elle apporte une grande visibilité aux entreprises. Enfin, nous verrons que la mesure de la performance participe à la cohérence des objectifs entre le niveau global et le niveau local de la chaîne logistique ainsi qu'à la protection de la compétitivité.

V.3.1 Mesure : intérêt et conséquence

Le principal intérêt réside dans le fait qu'il n'existe pas de mesures couvrant l'ensemble de la SC [Lambert 02][Lee 92] et les mesures logistiques ou autres mesures fonctionnelles ne reflètent pas correctement tout le champ de la gestion de la chaîne logistique (CL) [Caplica 95]. Les dirigeants d'entreprises ne peuvent savoir qu'à posteriori s'ils ont atteint leurs objectifs, par des résultats financiers médiocres ou la perte d'un gros client [Lapide 99]. Les mesures utilisées n'ont que peu de rapport avec la stratégie et les objectifs de la CL; elles peuvent même être contradictoires et nuire à son efficacité [Lee 92]. Des mesures intégrant la performance de plusieurs entreprises commencent à apparaître [Francella 98], mais elles sont rudimentaires et portent généralement sur la performance de membres périphériques de la chaîne : fournisseurs, transporteurs et clients immédiats.

Ces mesures sont également nécessaires pour promouvoir les changements souhaités dans les comportements. Les récompenses et les encouragements sont fondés sur les mesures de performances à caractère interne plutôt qu'axées sur le client ou la CL [Lee 92]. Les mesures utilisées influent sur le comportement des individus et déterminent la performance globale de la chaîne [Lapide 99]. De plus, elles donnent la possibilité aux dirigeants, d'une part, de se rendre compte si la performance des membres de la CL de leur entreprise a progressé ou si elle s'est dégradée et, d'autre part, d'identifier les facteurs qui ont contribué à cette situation. Le comportement de responsables de chaque entreprise peut être modifié et contrôlé au travers de mesures comme l'augmentation de la valeur ou la compétitivité, ou bien de récompenses et de sanctions [Neely 95].

L'adoption d'une démarche englobant l'ensemble de la chaîne a de multiples conséquences sur la mesure et le contrôle des activités commerciales individuelles [Van Hoek 98] et les mesures de performance utilisées. La mise en avant des processus au détriment des fonctions exige le développement de nouvelles mesures, tant financières qu'opérationnelles [Kallio 00]. Au sein d'une même entreprise, les SC prennent le pas sur les opérations fonctionnelles [Keebler 99]. Les membres de la SC sont comptables de la performance commune de leurs processus opérationnels clés, et ils ont besoin d'un système d'information intégré pour que les mesures de performance soient accessibles à

tous [Lee 00]. Les dirigeants doivent connaître les activités et les coûts des acteurs amont et aval de la chaîne.

V.3.2 De la création de valeur au partage des coûts

La traduction des mesures issues de la CL en création de valeur pour les actionnaires est essentielle pour résoudre les conflits d'objectifs et permettre des arbitrages entre les membres de la CL, en particulier lorsque certains d'entre eux doivent accepter des coûts supplémentaires ou investir dans des actifs. Les systèmes de mesure existants n'apportent que peu d'aide ou d'information lorsqu'il s'agit d'évaluer les avantages qui peuvent en résulter [Van Hoek 98]. Les innovations introduites dans la gestion de la CL doivent être soumises à un examen critique afin de déterminer leur impact positif (éventuel) sur la performance individuelle.

Les changements fonctionnels et les arbitrages en termes de coûts qui interviennent entre les entreprises membres de la chaîne nécessitent des mesures capables d'en déterminer les conséquences positives et négatives. Certains acteurs peuvent être amenés à sacrifier des efficiences internes ou à prendre en charge des fonctions supplémentaires pour réduire ou optimiser les coûts globaux de la CL [Van Hoek 98]. Par conséquent, certaines entreprises tirent avantage de la mise en cohérence des activités fonctionnelles alors que d'autres sont pénalisées par des activités ou des coûts supplémentaires. Les dirigeants doivent pouvoir localiser les avantages et les inconvénients et disposer d'un mécanisme pour négocier une redistribution équitable des avantages entre les entreprises [La Londe 94].

V.3.3 Mesure de la chaîne logistique : entre complexité et visibilité

En raison de la complexité de la CL, la conception des mesures et des méthodes d'évaluation de la performance nécessite une approche différente. Dans le cas d'un fabricant, une CL peut être représentée par un arbre déraciné, dont les racines sont les fournisseurs et les branches les clients. Les dirigeants doivent maîtriser ce que chaque branche ou chaque racine apporte comme valeur ajoutée à la chaîne. La complexité de la plupart des CL fait qu'il est difficile de comprendre les interactions entre les activités à plusieurs niveaux et leurs influences mutuelles. Les mesures de performance doivent

refléter cette complexité et englober les opérations de tous les acteurs, depuis les premiers fournisseurs jusqu'aux clients finaux [Francella 98].

Il appartient aux responsables d'élargir leur angle de vision à l'intérieur de la chaîne en mesurant la performance des activités et des entreprises qu'ils ne contrôlent pas directement [Lapide 99]. Il est rare que la direction d'une entreprise contrôle l'ensemble de la CL, elle ne peut donc pas voir toutes les possibilités d'amélioration au sein de celle-ci [Van Hoek 98]. Une visibilité accrue et des mesures communes favorisent l'intégration, la synchronisation et l'optimisation de ces processus inter entreprises. La visibilité accroît la transparence de la chaîne et guide les efforts d'amélioration de la performance. Les responsables peuvent évaluer la performance de la CL par rapport aux attentes de leurs clients [Reese 01] et utiliser l'information pour déterminer les améliorations à apporter. L'identification des lacunes extérieures à leur champ de contrôle peut aboutir à la mise en oeuvre de programmes d'amélioration ou à l'élargissement du contrôle à certaines activités en amont ou en aval. Les responsables sont rarement en contacts directs avec les utilisateurs finaux, cependant, les mesures de la CL permettent à tous ses membres de réagir plus efficacement à l'évolution de la demande [Lummus 99].

V.3.4 La cohérence des objectifs

La mise en oeuvre d'une stratégie logistique exige des mesures de performance cohérentes avec les objectifs des membres de la CL [Walker 99]. Les entreprises ne peuvent plus se contenter d'optimiser leurs activités individuelles, elles doivent collaborer afin de générer des gains et des économies maximum dans les délais prévus et en respectant la qualité demandée. Le fait de prendre des mesures cohérentes aide les responsables à focaliser leur action pour atteindre les objectifs opérationnels de l'ensemble de la CL [Walker 99]; cela leur permet aussi d'identifier les changements organisationnels, opérationnels et comportementaux nécessaires pour gérer les processus clés de leur réseau et peut orienter leur attention et leurs efforts sur les secteurs à améliorer afin d'élever les niveaux de performance de l'ensemble de la CL. En mettant des mesures en place dans tous les maillons, les dirigeants ont davantage de chances de réaliser les objectifs globaux et de conduire avec succès les stratégies opérationnelles [Van Hoek 98]. L'intégration des

processus opérationnels clés dans la totalité de la chaîne est difficile en raison de la diversité des acteurs, dont chacun a ses propres mesures et ses propres objectifs [Sherman 98]. La disparité des objectifs peut entraîner des conflits et des pertes d'efficacité pour la chaîne. Des objectifs conflictuels empêchent les responsables de gérer au mieux les arbitrages entre les fonctions et les entreprises [Lee 92].

V.3.5 Protection de la compétitivité

Les mesures de performance de la CL sont nécessaires pour protéger la compétitivité et différencier l'offre de produit et de services. En effet, la banalisation et la diversification des produits obligent les entreprises à différencier leur offre par une performance supérieure. Elles sont donc amenées à examiner la SC pour identifier les sources possibles de revenus supplémentaires et les secteurs où elles peuvent faire levier pour différencier la marque et/ou supprimer des coûts [Keebler 99]. Des mesures intégrées permettent aux entreprises d'évaluer la compétitivité globale de la chaîne et de déterminer les efforts internes d'amélioration qui sont susceptibles d'avoir l'impact le plus fort sur cette compétitivité [Van Hoek 98].

V.4 Conclusion

Dans cette partie, nous avons considérés l'interopérabilité en tant que performance de la chaîne logistique. En effet, ces deux aspects sont liés et indissociables l'un de l'autre, et ce qui est vrai pour l'un est également vrai pour l'autre.

Cette partie met en évidence les difficultés liées au pilotage de la chaîne logistique et donne les raisons pour lesquelles il est important de mesurer la performance de celle-ci. En résumé, nous pouvons dire qu'il n'y pas de système unique, ni de solutions toute faites répondant à la problématique de la mesure de performance dans les chaînes logistiques. Notre intime conviction est qu'il se construit tous les jours avec le concours de l'ensemble du personnel de l'entreprise, en s'appuyant sur un ensemble de « bonnes pratiques » et d'outils adaptés. Pour cela, nous préconisons une démarche spécifique s'appuyant sur 3 piliers :

- **Un modèle de référence** du pilotage évolué de la performance et son adaptation à la culture et l'organisation de l'entreprise,
- **Une démarche de travail** avec les entreprises, donnant une très large place à la construction collective du système,
- **Une solution informatique innovante et légère** , permettant de tirer le meilleur parti des informations préexistantes dans les nombreux systèmes d'information actuels des entreprises.

Cependant, nous ne pouvons pas résoudre tous les problèmes d'interopérabilité en même temps car le champ est trop vaste. D'où la nécessité d'établir un ordre de priorité afin de se focaliser, dans un premier temps, sur certains et de traiter les autres par la suite. Cet ordre de priorité sera établi par un plan d'action. Un fois les priorités établies, il apparaîtra alors la nécessité de faire converger, donc de faire évoluer les entreprises vers la résolution de ces problèmes. Or, nous ne pouvons pas parler d'évolution sans gérer cette évolution. C'est pourquoi, dans la partie suivante, nous présenterons une méthode de gestion de l'évolution permettant à la fois la définition d'un plan d'action et la mise en oeuvre de celui-ci.

VI Gestion de l'évolution des entreprises

Depuis quelques années l'évolution de l'entreprise, et la transformation de l'entreprise d'une manière générale, retient toute l'attention des dirigeants [MACINTOSH 98]. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce besoin d'évoluer : vieillissement des infrastructures, pression de la concurrence, impact du développement de l'informatique et des télécommunications, globalisation des marchés, etc. Mais qu'ils soient internes ou externes, ces facteurs forcent l'entreprise, compétitive à un instant t , à évoluer pour rester compétitive à l'instant $t+1$. La gestion de cette évolution doit être envisagée par étapes successives, chacune d'entre elles engendrant une transformation ou un changement de la structure ou du fonctionnement de l'entreprise.

VI.1 Caractérisation de l'évolution

Il est possible d'identifier différents types d'évolution en fonction des changements qu'elle implique. L'évolution peut générer des changements profonds ou superficiels, rapides ou longs, consensuels ou imposés. Pour définir ces types de changements, nous identifierons trois dimensions majeures [Malhéné 00]:

- *l'amplitude du changement* caractérise la manière dont les changements liés à l'évolution du système affectent la réalité de ce système [Grouard 93]. Celle-ci peut être modifiée superficiellement ou en profondeur, avec toutes les nuances possibles entre ces deux extrêmes;
- *le rythme du changement* (ou « Rythme de progression » [CPC 97]) est une dimension qui résulte de la combinaison de la durée et de la profondeur d'un changement donné dans le cadre de l'évolution de l'entreprise. Elle est plus intéressante que la durée seule, qu'il est difficile d'interpréter isolément. Cette durée doit être rapportée à la profondeur du changement et à l'adaptabilité au changement de l'entreprise;
- *la gestion du changement* nous permet d'identifier l'origine du changement et son mode de propagation. Il peut provenir d'impératifs de gestion issus de la

direction et descendre ainsi la hiérarchie [Ferrand 94] ou bien encore relever d'une initiative personnelle à partir de l'identification d'un problème ou d'une opportunité quelconque [Smeds 97].

VI.2 Re-engineering et évolution continue

Les trois dimensions majeures énoncées ci-dessus nous amènent à considérer deux approches pour gérer l'évolution d'une entreprise. Le re-engineering et l'évolution continue. La première, adoptée par une large majorité d'entreprises occidentales dès le début des années 90, considère l'évolution des entreprises à travers la mise en œuvre de projets importants et vise à transformer profondément la structure ou le fonctionnement du système. La seconde approche est à rapprocher en terme de concepts du Kaizen japonais. En effet, elle permet d'amener des résultats immédiats bien que peu perceptibles immédiatement. Cependant mis bout à bout, ces petits changements vont permettre de concevoir un système adapté à son environnement à un instant t , et de le mettre en place sans pour autant engager des moyens énormes à la fois en terme de temps et de coûts. D'autre part, ce type d'approche suppose un effort constant en terme de changement et une participation active de l'ensemble des acteurs de l'évolution. En fait, chacun doit permettre à l'entreprise d'apprendre rapidement. Pour mobiliser l'intelligence et l'imagination de chacun, il faut une décentralisation extrême des processus de décision [Ferrand 94]. Ceci génère une dynamique d'évolution qui assure une grande rapidité dans le processus. Pour autant, une telle approche n'exige que peu d'investissements du fait de l'amplitude réduite des projets de changement associés [Malhéné 00].

VI.3 Modèle de référence du processus d'évolution

Un des éléments primordiaux qui ont été développés dans le cadre du projet EUREKA TIME GUIDE (Tools and methods for the Integration and Management of Evolution of industrial firms - GUIDing the Evolution) est la définition d'un modèle de référence décrivant l'évolution d'un système comme un processus auquel est associé différents états caractéristiques.

Le modèle initial comporte trois états principaux schématisés sur la figure 4 .

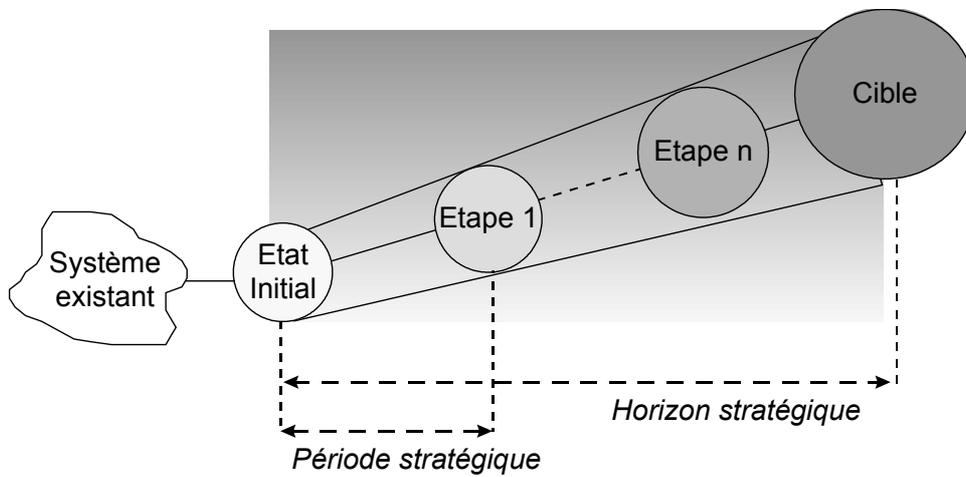


Figure 4. Processus d'évolution

VI.3.1 Etat Initial

L'Etat Initial correspond à la représentation du système existant. A partir d'un système en exploitation, plus ou moins formalisé, il s'agit, à l'aide d'un outil de modélisation, de réaliser un modèle formalisé et précis de l'existant. Cette modélisation permet de dresser un bilan relatif au fonctionnement du système. Cette modélisation est une étape clef du processus d'évolution dans la mesure où toutes les prochaines réflexions y feront référence [Malhéné 00].

VI.3.2 Cible

Sa définition est dérivée de la celles de la stratégie d'entreprise et de la stratégie industrielle dont elle doit extraire les objectifs induisant une modification et une évolution du système. La Cible constitue un état « idéal » du système à un instant t . Idéal au sens où si le système correspondait parfaitement à cette Cible, nous pourrions considérer que tous les objectifs stratégiques seraient atteints. Cependant, dans l'hypothèse où le milieu extérieur est en perpétuelle évolution, et donc que l'environnement est dynamique, ce qui est idéal à l'instant t , ne l'est plus à l'instant $t+\Delta T$. Dans notre cas, ΔT correspond au laps de temps nécessaire au système pour évoluer de son état actuel à la Cible. D'après la

définition que nous avons donnée, ΔT est l'horizon du système.

Au sein du phénomène chaotique que représente le changement, la Cible fournit le repère qui va le guider. S'il apparaît inutile de décrire la Cible d'une manière très précise puisqu'elle ne pourra être atteinte dans le meilleur des cas qu'au bout d'un laps de temps relativement long sur l'échelle du processus d'évolution (horizon), il est en revanche important que sa définition regroupe un certain nombre d'éléments pouvant être classés en deux catégories [Malhéné 00]:

- la *description de l'objectif visé par le changement* fournit à tous les acteurs de l'évolution un référentiel précis et aisément compréhensible, elle fournit également un repère considéré comme stable durant un laps de temps suffisamment long dans le cadre du processus d'évolution et elle permet d'utiliser les compétences de l'ensemble des acteurs de l'évolution pour enrichir le processus;
- la *définition des moyens à engager* : Le temps n'est pas le seul moyen à définir ; le coût est un élément prépondérant. Il faut estimer les ressources financières allouées à l'évolution de l'entreprise. Ces moyens financiers peuvent être répartis en grands types de dépenses : acquisition de matériel, charge de travail des salariés de l'entreprise consacrée au processus d'évolution, prestataires externes, etc.. Le chiffrage des moyens engagés doit prendre en considération la totalité des coûts nécessaires pour faire évoluer le système d'un état à un autre.

VI.3.3 Etat Etape

Il faut définir une trajectoire de référence décrivant le processus d'évolution du système depuis l'Etat Initial jusqu'à un état dont le comportement permettra d'approcher le plus possible la consigne passée (la Cible). Cette trajectoire de référence ou trajectoire d'évolution est définie à travers un certain nombre d'états intermédiaires appelés Etapes. L'objectif de ces états est de modéliser la structure et le comportement du système au terme de chaque période stratégique depuis l'Etat Initial jusqu'à l'Etape n (état proche de la Cible) [Malhéné 00].

VI.3.4 Concept d'horizon/ période

L'**horizon** correspond à l'intervalle de temps qui caractérise la validité de l'ensemble des décisions et faisant référence à l'évolution du système. Puisque nous émettons l'hypothèse que le système considéré évolue dans un environnement dynamique et complexe, il est clair que les états futurs du système ne peuvent être connus ou prévus que sur un intervalle de temps limité. Cet horizon couvre à la fois la prise de décision et le délai relatif aux conséquences de la prise de décision [Malhéné 00].

La **période** illustre l'intervalle de temps au terme duquel il est nécessaire de remettre en cause les décisions élaborées sur l'horizon considéré. En effet, sur un horizon donné, on considère que l'ensemble des décisions prises permet d'atteindre les objectifs fixés [Marcotte 95]. Au bout d'un certain temps, compte tenu de l'évolution des paramètres externes et/ou internes, les résultats devront être mesurés et les actions correctives engagées si nécessaire [Malhéné 00].

VI.4 Formalisation : Les trois niveaux de gestion

Du modèle de processus de l'évolution proposé, nous pouvons dégager la notion de gestion multi-niveaux. Ces niveaux sont au nombre de trois (figure 5) :

- **définition stratégique** : elle vise à gérer le processus d'évolution à travers la définition des différents états Cible;
- **planning d'action** : il en charge la gestion de l'évolution à travers l'élaboration des modèles correspondant aux états Etape. Nous dirons qu'à l'échelle du processus d'évolution, ce deuxième niveau consiste à définir les actions à entreprendre pour évoluer d'un état vers un autre et, en particulier, à définir les différents projets de changement à mettre en œuvre;
- **gestion des projets** : le troisième niveau consiste à définir la sous-trajectoire d'évolution reliant les différentes Etapes et a pour charge la gestion des projets de changement.

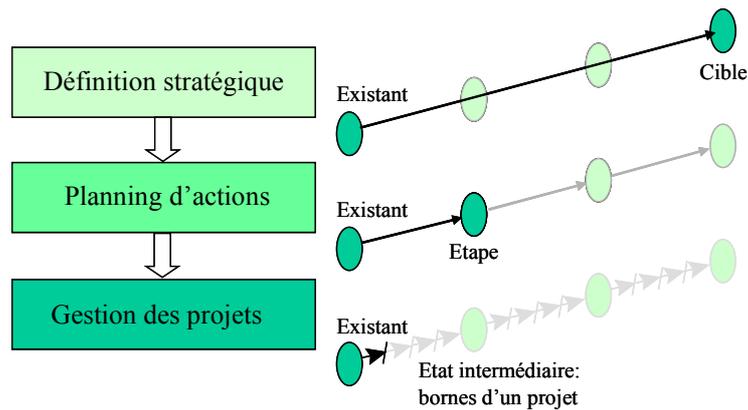


Figure 5. Trois niveaux de gestion de l'évolution

VI.5 Conclusion

Pour mettre en œuvre le concept de l'entreprise réseau, il est nécessaire de faire converger les entreprises vers cet objectif. La gestion de l'évolution apporte un cadre de gestion des projets permettant à la fois la mise en place de la structure de l'entreprise réseau et l'atteinte de l'interopérabilité. Il sera toute fois nécessaire d'y intégrer une méthode de mesure de l'interopérabilité.

VII Conclusion

Les entreprises d'aujourd'hui tendent à se regrouper en chaîne logistique afin d'offrir une meilleure réponse à la demande actuelle du marché. Dans ce cadre, l'interopérabilité devient une notion essentielle et incontournable si les entreprises souhaitent assurer une circulation fluide des informations et des produits dans cette nouvelle organisation. L'interopérabilité est aux frontières de trois domaines : la modélisation d'entreprise, l'ontologie et les systèmes d'information. Ces domaines apportent des méthodes permettant de modéliser l'état existant qui représente la première étape vers une modélisation de l'interopérabilité elle-même. De plus, afin de vérifier l'effectivité de l'interopérabilité, il est très important de la mesurer. Or, nous avons vu que l'interopérabilité pouvait être considérée comme une performance. Par conséquent, la mesure de performance peut apporter une première réponse à la problématique de la mesure de l'interopérabilité. D'autre part, pour permettre aux entreprises d'établir cette interopérabilité lorsqu'elle n'était pas déjà effective, elle doivent évoluer. Pour cela, nous avons présentés un cadre générique de la gestion de l'évolution des entreprises. Par la suite, nous présenterons les méthodes et outils existants qui pourront nous apporter des pistes afin de caractériser et de mesurer l'interopérabilité.

Chapitre 2

Modèles de référence et évaluation de la performance des chaînes logistiques

Table des matières du chapitre 2

I Introduction.....	77
II Outils dédiés à la chaîne logistique et qui devraient permettre la caractérisation de l'interopérabilité.....	79
II.1 Les modèles de référence de la chaîne logistique.....	79
II.1.1 Le modèle SCOR.....	80
II.1.2 Le modèle AFNOR NF X50-600.....	85
II.1.3 Conclusion.....	89
II.2 Diagnostic de la chaîne logistique : Les méthodes d'audit.....	89
II.2.1 Guide de l'évaluation logistique dans l'industrie automobile : Global EVALOG	89
II.2.2 Le référentiel d'audit logistique de l'ASLOG.....	92
II.2.3 Conclusion.....	96
II.3 Les Typologies.....	97
II.3.1 Grille de caractérisation.....	97
II.3.2 Les dimensions d'une relation collaborative.....	102
II.3.3 La collaboration et la notion de dépendance des ressources.....	104
II.4 Conclusion.....	106
III Les méthodes de modélisation d'entreprise.....	108
III.1 Méthodes et outils.....	108
III.2 Modélisation d'entreprise et interopérabilité.....	111
III.2.1 La standardisation des pratiques.....	111
III.2.2 Ajustement mutuel des pratiques.....	112
III.2.3 Coordination et objectifs d'interopérabilité.....	113
III.3 Conclusion.....	113
IV Outils de représentation de l'interopérabilité.....	114
IV.1 Hétérogénéité sémantique.....	114
IV.1.1 Définition : les différentes Hétérogénéités.....	114
IV.1.2 Description des outils de représentation de l'hétérogénéité sémantique.....	115
IV.1.3 Représentation par les complexes	119
IV.1.4 Conclusion.....	121

IV.2 Théorie des graphes.....	121
IV.2.1 Définition élémentaire du graphe.....	121
IV.2.2 Liens et attributs.....	123
IV.2.3 Propriétés descriptives.....	125
IV.2.4 Propriétés structurelles élémentaires.....	126
IV.3 Caractérisation de l'interopérabilité par les barrières et niveaux.....	128
IV.3.1 Les barrières d'interopérabilité.....	129
IV.3.2 Les niveaux d'interopérabilité.....	129
IV.4 Conclusion.....	130
V La mesure de performance	132
V.1 Structure pour l'évaluation de la performance.....	132
V.2 Distinction entre système de mesure de performance traditionnel et moderne.....	133
V.3 Les principaux outils d'évaluation de performance.....	135
V.4 Les approches de mesure de performance dédiés à la chaîne logistique.....	136
V.4.1 Mesure et dimensions de la performance logistique : deux points de vue.....	136
V.4.2 Méthodologie de développement d'un système de mesure de performance pour les entreprises réseau.....	141
V.4.3 Méthodologie pour la définition de systèmes d'indicateurs de performance pour le pilotage de la chaîne logistique.....	146
V.5 La gestion de l'évolution dans les systèmes de mesure de performance	148
V.5.1 Phase 1 : identification des facteurs affectant l'évolution des systèmes de mesure de performance.....	148
V.5.2 Phase 2 : gestion de l'évolution du système de mesure de performance.....	150
V.6 ECOGRAI : une méthode de conception et d'implantation d'indicateurs de performance.....	151
V.7 Conclusion.....	154
VI Conclusion.....	155

I Introduction

Le chapitre 1 nous a montré qu'il était, aujourd'hui, primordial pour les entreprises de se regrouper en chaîne logistique afin d'améliorer le service au client. Dans cet objectif, elles doivent envisager de nombreuses transformations afin de permettre l'interopérabilité au sein de la chaîne. Ces transformations seront nécessairement progressives, en l'occurrence, elles seront portées par la gestion de l'évolution. Elles devront également être validée à chaque étape de l'évolution par un système de mesure de performance.

Ce chapitre présente les éléments de la littérature qui devraient permettre la caractérisation de l'interopérabilité et la gestion de l'évolution. Il comporte quatre parties principales.

La première partie présente les outils dédiés à la chaîne logistique et qui devraient permettre la caractérisation de l'interopérabilité. Ils sont classés en trois catégories : les modèles de référence de la chaîne logistique, les méthodes d'audit logistique et les typologies. Ces modèles de référence fournissent un découpage multi-niveaux précis des activités de la chaîne logistique offrant une vision plus claire de celle-ci. Les méthodes d'audit présentées sont des méthodes d'auto-évaluation pouvant, cependant, être utilisée en externe. Les trois typologies présentées seront reprises, assemblées et complétées dans le chapitre 3 afin de définir une typologie complète des relations possibles entre plusieurs entreprises.

La deuxième partie présente succinctement des méthodes de modélisation d'entreprise qui permettent de modéliser tous les échanges effectués au sein d'une entreprise selon trois points de vue système : décisionnel, processus, fonctionnel, informationnel et physique. Les résultats fournis par les méthodes seront les modèles de l'état existant du système étudié. Ces modèles nous servirons, par la suite, à caractériser l'interopérabilité.

La troisième partie présente des outils et méthodes de caractérisation de l'interopérabilité. Ils sont classés en trois catégories : l'hétérogénéité sémantique, la théorie de graphes et la caractérisation de l'interopérabilité par les barrières. La partie concernant l'hétérogénéité sémantique présente des solutions de résolution de conflits, dû au domaine, en utilisant

notamment une représentation basée sur la théorie de graphes. La théorie des graphes fournit non seulement une représentation graphique adaptée, mais également des outils mathématiques permettant la vérification automatique de règles appliquées directement sur les graphes. La méthode de caractérisation par les barrières par le principe que l'interopérabilité sera nécessairement effective si toutes les barrières ont été franchies. Dans cet objectif, une liste des barrières à l'interopérabilité sera donnée.

La quatrième partie présente des systèmes de mesure de performance classés selon trois thèmes : les systèmes dédiés à la chaîne logistique, ceux qui comportent une gestion de l'évolution et ceux comportant une méthode de conception et d'implantation des indicateurs de performance.

II Outils dédiés à la chaîne logistique et qui devraient permettre la caractérisation de l'interopérabilité

II.1 Les modèles de référence de la chaîne logistique et de sa gestion

Afin de définir la cible ultime de l'évolution du système, sur laquelle sera basée tous les modèles cibles intermédiaires, nous présenterons un modèle de référence de gestion de la chaîne logistique : le modèle SCOR v6 et une norme qui décrit la démarche logistique : la norme AFNOR X50-600.

Les modèles de référence de processus intègrent les concepts de la re-conception des processus d'entreprise et de l'évaluation de performance dans un cadre inter-fonctionnel [SCOR 05]. Dans ce cadre, un modèle de référence de processus doit :

- décrire l'état actuel et l'état futur d'un processus,
- quantifier les performances opérationnelles d'entreprises semblables et établir des cibles internes basées sur les résultats des "best-in-class" (définies comme les 20% meilleures entreprises),
- définir les méthodes de gestion à appliquer et les solutions logicielles pour atteindre les meilleures performances.

Un modèle de référence de processus contient :

- des descriptions génériques de processus de gestion,
- un réseau de dépendance entre les processus standards,
- des indicateurs génériques pour évaluer la performance des processus,
- des pratiques de gestion qui permettent d'atteindre les meilleures performances du marché,
- une représentation générique des caractéristiques et fonctionnalités des logiciels.

Une fois saisi, sous la forme générique du modèle de référence de processus, un processus de gestion complexe peut être :

- mis en application dans le but précis d'acquérir un avantage concurrentiel,
- clairement décrit et communiqué,
- mesuré, géré et contrôlé,
- affiné pour un objectif spécifique.

II.1.1 Le modèle SCOR

Le Supply Chain Council (SCC) est un organisme créé en 1996. Composé à l'époque de 69 membres fondateurs, il en compte désormais près de 1000. Le but de cette organisation représentée sur 4 continents est de structurer un référentiel de processus logistiques types et de mettre en évidence par la même occasion les critères de performance, les indicateurs et les meilleures pratiques. [Pirus 03]

Le modèle SCOR définit une démarche, des modèles et des indicateurs pour représenter, diagnostiquer et évaluer sa supply chain. Il s'inscrit dans une démarche de progrès en sélectionnant puis en suggérant aux membres du SCC des « best-practices » [SCOR 03] [SCOR 05].

La démarche d'analyse s'articule autour de trois pôles :

- **Business Process Reengineering** : il s'agit de caractériser l'organisation en place en identifiant et en décrivant les processus de gestion. Pour cela, le modèle SCOR propose un ensemble de processus types (« process reference model ») regroupés en 5 grandes fonctions : plan (planifier), source (approvisionner), make (fabriquer), deliver (livrer), return (retour).
- **Benchmarking** : il s'agit de mesurer des indicateurs (délai de livraison, cycle cash to cash, taux de rotation des stocks, ...) et de se comparer à d'autres entreprises, particulièrement les « best-in-class », pour aider à évaluer les objectifs de progression. Ces benchmarking, sectoriels et géographiques, sont réalisés tous les ans par le SCC auprès des entreprises adhérentes.
- **Appliquer les « best-practices »** : maîtriser les processus de sa chaîne logistique, mesurer des indicateurs et se positionner par rapport à ses partenaires et ses

concurrents est déjà bien, mais progresser en expérimentant les « best practices » sélectionnées par le SCC est encore mieux. Ce dernier point constitue l'achèvement d'une démarche de gestion de la chaîne logistique basée sur le modèle SCOR.

Le modèle SCOR s'organise autour des besoins du client (commandes, réclamations, demandes d'informations, ...) et recouvre les processus impliqués dans :

- les interactions avec le client depuis la réception de la commande jusqu'au paiement de la facture,
- les échanges depuis le fournisseur du fournisseur jusqu'au client du client (équipements, approvisionnements, pièces de rechange, logiciels, ...),
- les interactions liées à la demande depuis l'analyse de la demande jusqu'à l'exécution de chaque commande.

II.1.1.1 Les spécificités du modèle de référence de processus SCOR

Le modèle de référence de processus SCOR fournit un langage pour la communication entre les partenaires de la chaîne logistique. Les modèles de décomposition de processus sont développés pour une configuration spécifique d'un élément de processus. La figure 6 montre la décomposition en quatre niveaux. Le premier niveau fournit une vue horizontale (à travers le processus) et verticale (hiérarchique) où chaque processus est décomposé en élément de processus. Le deuxième niveau est conçu pour être reconfigurable, ici chaque élément de processus est décomposé en tâches. Le troisième niveau est utilisé pour représenter de nombreuses configurations différentes d'un processus, chaque tâche est décomposée en activités. Le quatrième niveau est une agrégation d'une série de modèles de processus hiérarchiques. [SCOR 05]

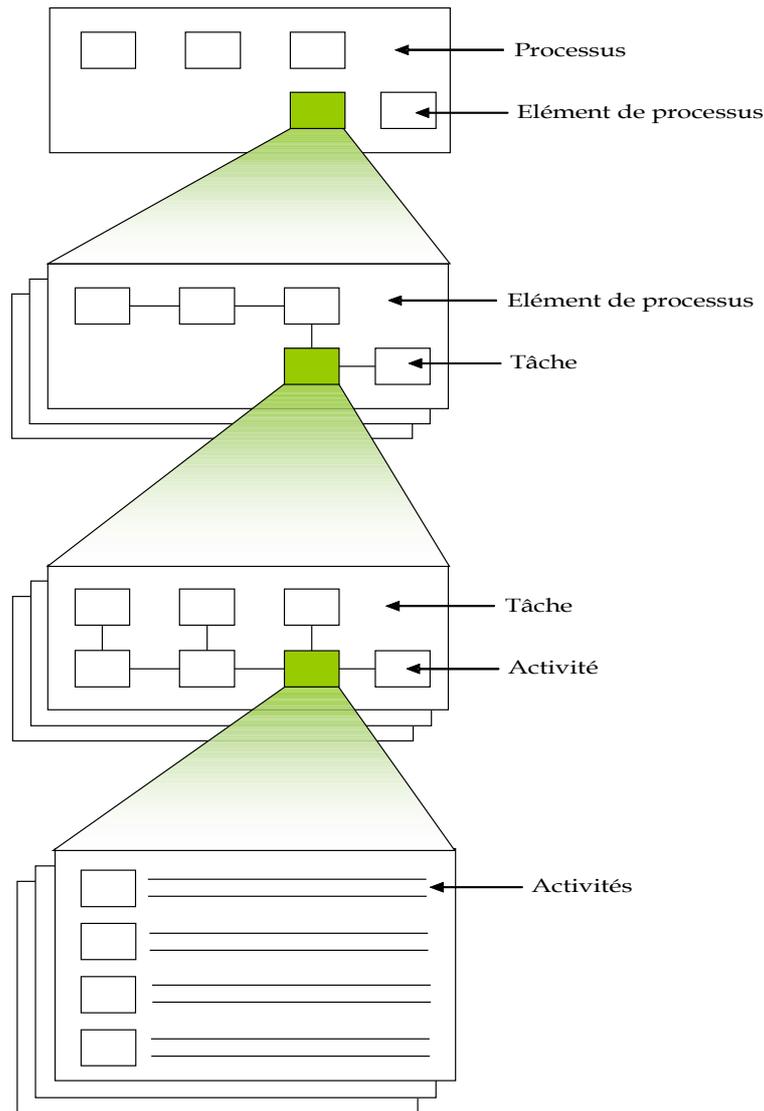


Figure 6. Modèle de décomposition de processus

II.1.1.2 La structure du référentiel

Le modèle SCOR présume que toute chaîne logistique peut être subdivisée en 5 types de processus : **plan** : planifier la demande et les ressources, **source** : approvisionner la production (marchandises, moyens de production, ...), **make** : fabriquer, **deliver** : livrer, **return** : gérer les retours depuis les clients et vers les fournisseurs (logistique inverse).

[Pirus 03]

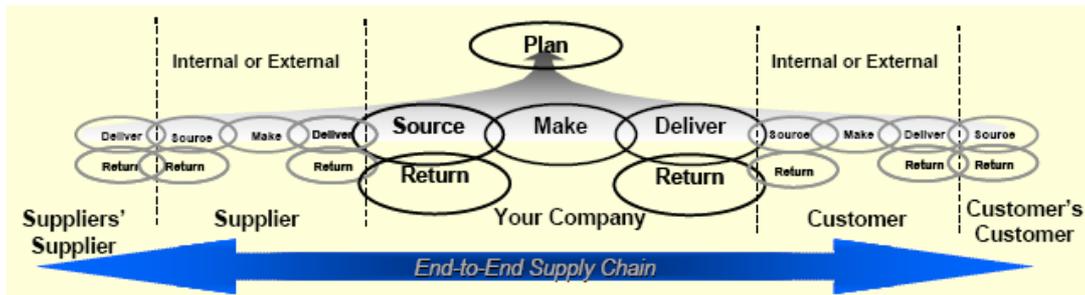


Figure 7. Le modèle SCOR

Les indicateurs de performance sont classés en deux catégories [SCOR 03] :

- **aspects externes** perçus directement par le client :
 - fiabilité (taux d'exécution parfaite des commandes, par exemple),
 - temps de réponse ou réactivité (délai de livraison),
 - flexibilité (délai ou coût de réévaluation des planning de production, temps de changement de série, ...).
- **aspects internes**
 - coûts (chiffre d'affaires, valeur ajoutée, ...),
 - actifs (temps du cycle cash-to-cash, niveaux de stocks exprimés en jours de stock, ...).

Les macro processus sont classés par type de production : dans la mesure où l'on distingue 3 types de fabrication (fabrication sur stock, fabrication à la commande et conception à la commande), les processus logistiques et de livraison correspondants sont eux-mêmes distingués. La codification étant normalisée, il devient possible de représenter très simplement les enchaînements de processus de niveau 2 au travers de leur codification (par exemple : M2 = fabrication à la commande). On parle au niveau 2 de *catégories de processus* [Pirus 03].

La chaîne logistique visant à être intégrée, le même découpage sera appliqué aux processus des fournisseurs et des clients de l'entreprise. Mais cela ne suffit pas car la performance des fournisseurs peut dépendre de leurs propres fournisseurs; de même la chaîne logistique ne s'arrête pas au client quand celui-ci n'est pas le client final. Aussi le

modèle SCOR s'étend-il, en amont, aux interfaces de sortie des processus des sous-traitants (les fournisseurs des fournisseurs) et, en aval, aux points d'entrée des processus des "clients des clients" (l'utilisateur final de la prestation quand l'entreprise a pour client des distributeurs).

Le niveau 2 décompose chaque grand processus en processus de différentes catégories, traduisant les différents modes de configuration de la chaîne logistique.

Trois types sont définis :

- support : gérer les nomenclatures de fabrication par exemple,
- planification : identifier les ressources par exemple,
- exécution : vérifier le produit fini par exemple.

Le niveau 3 du référentiel est le *niveau processus* : par exemple, la catégorie P3 planifier production débute par le processus P3.1 qui consiste à "identifier, hiérarchiser et agréger les besoins de fabrication". Ce niveau met en évidence les interfaces entre processus, les indicateurs de performance, les meilleures pratiques et les capacités techniques requises pour les mettre en œuvre.

Enfin, le niveau 4 détaille les tâches de chaque processus : c'est à ce stade que l'entreprise met en pratique ses propres solutions pour obtenir un avantage concurrentiel.

II.1.1.3 La mise en œuvre du modèle

Le modèle SCOR ayant pour finalité l'optimisation des processus logistiques de l'entreprise, il s'accompagne d'une méthode de mise en œuvre qui distingue 4 étapes [Pirus 03] :

La première, *stratégique*, débute par une analyse du positionnement concurrentiel : niveau de performance requis par le marché, mesure de la performance actuelle, bilan, analyse des écarts et plan d'optimisation.

Au second niveau, *opérationnel*, les flux physiques sont analysés géographiquement et quantitativement et une cible de répartition opérationnelle optimale est définie.

Au troisième niveau, *systemique*, les flux d'informations sont représentés et les processus

existants et cibles sont décrits (jusqu'à la tâche) en mettant en évidence les ruptures de chaîne.

Enfin le dernier niveau, de *mise en œuvre*, consiste à développer, tester et mettre en production la chaîne optimisée, avec une prise en compte des aspects organisationnels.

II.1.2 Le modèle AFNOR NF X50-600

La norme a pour objet de définir les concepts, les acteurs et la logique de la démarche logistique. La démarche et les étapes du processus s'appliquent aussi bien à des activités logistiques de biens que de services, dans les entreprises privées ou publiques [NF X50-600].

II.1.2.1 La démarche logistique

La démarche logistique est globale, elle s'applique à l'ensemble de la chaîne logistique. Elle permet, au travers d'une gestion rigoureuse des interfaces, de transformer une succession d'opérations en un processus global intégré.

La démarche logistique a pour objectif, en assurant une bonne gestion des opérations logistiques et de leurs interfaces, de permettre à l'entreprise d'atteindre ses objectifs généraux et sectoriels, tout particulièrement ceux relatifs au service du client.

Cette démarche s'applique en outre à l'activité de l'entreprise, qu'elle exerce sous forme continue (fabrication et commercialisation de biens, activités liés au transport de biens ou de personnes) ou sous forme de projet (travaux publics, projets militaires ou civils, etc.). [NF X50-600]

II.1.2.2 Le processus logistique

Le processus logistique se déroule tout au long du cycle de vie du produit, suivant sept grandes étapes : identifier, concevoir, développer, produire, vendre, soutenir et contrôler. Il s'inscrit dans le cadre défini dans la Figure 8. Il permet au produit de passer d'une étape à l'étape suivante. Il est piloté à l'aide d'un système d'information. Le système de pilotage du processus logistique et de ses composants a pour objectifs la bonne réalisation des

opérations logistiques, ainsi que leur interfaçage pour garantir la continuité du processus, le contrôle de leur exécution, la correction et la prévention des erreurs et déviations. [NF X50-600]

II.1.2.3 Les activités logistiques

Il s'agit de l'ensemble des activités, spécifiques ou non, mises en oeuvre en vue de l'obtention des objectifs fixés pour la fonction logistique.

Le fascicule de documentation [FD X50-602] décrit 21 activités principales, ou «Agrégats d'activités» logistiques et 96 activités détaillées, ou « Sous-Agrégats d'activités » qui composent ces 21 agrégats. De part leurs natures, ces activités sont très différentes de celles issues du découpage de SCOR.

Ces activités logistiques nécessitent des moyens et techniques et sont mises en oeuvre par des acteurs de la logistique [NF X50-600].

II.1.2.4 Les acteurs de la logistique

Ils sont décrits dans le fascicule de documentation [FD X50-602] sous l'appellation générique de « Profils professionnels logistiques ».

Comme le souligne le fascicule de documentation [FD X50-602], chacun des 23 profils correspond à un besoin concernant un acteur, car tous les profils définis sont nécessaires à la réalisation des opérations logistiques. La norme ne conclut pas pour autant à la nécessité d'avoir autant d'acteurs qu'il y a de profils, plusieurs profils pouvant être représentés dans un seul acteur.

Les acteurs se classent en deux groupes, les logisticiens et les agents logistiques [NF X50-600].

Le logisticien

Le logisticien est un individu responsable de la conception, du développement ou de l'organisation de tout ou partie de la fonction logistique et de son application. Il a un rôle de médiation dans le processus logistique avec les autres fonctions de l'entreprise. C'est un

professionnel apte à assumer tout ou partie de la fonction logistique. Par exemple, un directeur ou responsable de la logistique [NF X50-600].

L'agent logistique

L'agent logistique est un individu apte à exécuter une ou plusieurs activités logistiques. Par exemple, un agent gestionnaire de commande ou un chargé d'ordonnancement et de lancement [NF X50-600].

IDENTIFIER

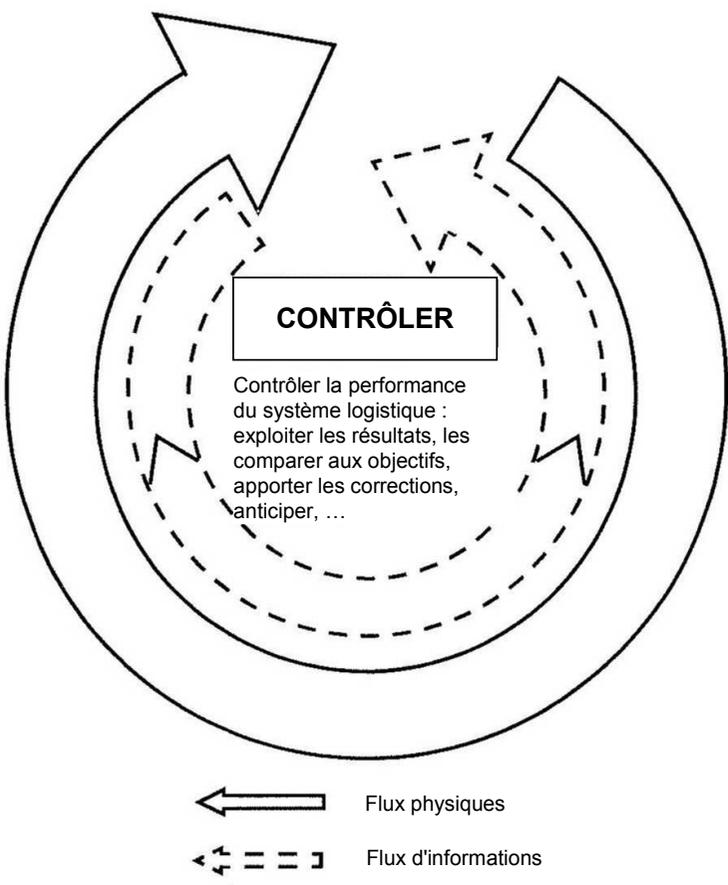
Identifier les besoins du marché en matière de qualité de service.
Déterminer les objectifs en matière de qualité de service.

CONCEVOIR

Concevoir le système logistique et l'organisation de la chaîne des flux.
Définir les caractéristiques logistiques du produit (besoins et contraintes).
Définir les caractéristiques du système après-vente.
Choisir le faire ou faire-faire.
Définir profil et aptitudes des acteurs du processus.

DÉVELOPPER

Développer le système logistique, l'organisation, les procédures et systèmes d'informations logistiques.
Développer le système de service après-vente.
Développer les emballages.
Garantir la disponibilité des ressources opérationnelles (assurer la formation...).



SOUTENIR

Mettre en oeuvre les procédures et systèmes de maintenance. réparation et distribution des pièces.
Acquérir, stocker, conditionner, expédier, transporter et livrer les pièces.
Entretien et réparer les produits.
Récupérer, recycler les produits.

VENDRE

Mettre en oeuvre les procédures et systèmes de distribution.
Planifier, programmer les besoins en moyens.
Planifier, programmer, ordonnancer la distribution.
Stocker, conditionner, expédier, transporter et installer les produits.
Contrôler l'exécution des opérations de transport et distribution.
Gérer les retours.

PRODUIRE

Mettre en oeuvre les procédures et systèmes industriels.
Planifier, programmer les besoins en matières et services, approvisionner.
Planifier, programmer, ordonnancer la production.
En contrôler l'exécution.

Figure 8. La logistique et le cycle de vie du produit [NF X50-600]

II.1.3 Conclusion

Ces deux modèles de référence fournissent un découpage multi-niveaux précis des activités de la chaîne logistique offrant une vision plus claire de celle-ci. Ce découpage pourra être utilisé pour la définition des cibles dans le processus de gestion de l'évolution présenté au chapitre 4.

Le modèle SCOR propose également un ensemble de bonnes pratiques issues d'un benchmark auprès des entreprises partenaires du SCC ainsi que des indicateurs de performance permettant de vérifier et de valider la mise en oeuvre de ces bonnes pratiques. Ceci constitue un guide pour la définition des étapes de l'évolution et une aide à la définition du système d'indicateurs de performance permettant de valider cette évolution. Cependant, le modèle SCOR ne couvre pas tous les aspects de l'entreprise. Il n'explique pas, par exemple, comment gérer les ressources. Ces aspects seront détaillés par la suite au chapitre 4.

II.2 Diagnostic de la chaîne logistique : Les méthodes d'audit

L'application des méthodes d'audit sont un moyen simple, mais non exhaustif, pour caractériser les problèmes dû à un manque d'interopérabilité. En effet, même si ces méthodes ne sont pas dédiées à l'interopérabilité, elles l'intègre néanmoins car elle est indispensable pour assurer un bon fonctionnement de la chaîne logistique.

Dans cette partie, deux méthodes sont proposées. Il s'agit des deux principales méthodes employées dans le milieu industriel.

II.2.1 Guide de l'évaluation logistique dans l'industrie automobile : Global EVALOG

« Global EVALOG » est un référentiel mondial standard pour l'évaluation logistique, validé par GALIA [Galia 04], organisme de standardisation des moyens d'échange de produits et d'informations créé par et pour l'industrie automobile française en 1984, par Odette [Odette 06], organisation européenne à but non-lucratif créée par et pour l'industrie automobile, et l'AIAG (*Automotive Industry Action Group*) [AIAG 06], organisation fondée en 1982 par les directeurs de Daimler Chrysler, de Ford Motor et de General Motors.

Global EVALOG fusionne le référentiel EVALOG d'Odette et le référentiel MMOG (*Materials Management Operations Guideline*) de l'AIAG. Il se présente sous la forme d'un fichier Microsoft® Excel. Il permet l'auto-évaluation ou l'audit logistique des sites partenaires (usines, fournisseurs) sous la forme d'un questionnaire et du calcul d'un score. Il sélectionne et propose, selon les réponses, des "bonnes pratiques" [SCS 04]. Le fichier contient les différentes feuilles suivantes : une introduction expliquant comment utiliser le document, les questions du référentiel proprement dites et classées par chapitre, une feuille de cotation calculant automatiquement le score du site évalué, une feuille qui génère des plans d'actions automatiquement quand les réponses aux questions ne sont pas satisfaisantes et enfin un glossaire définissant les termes utilisés [Galia 04]. Les questions sont structurées selon les six chapitres suivants :

1. stratégie et amélioration,
2. organisation,
3. capacitaire et plan de production,
4. relations avec les clients,
5. maîtrise produits/process,
6. relation avec les fournisseurs.

Dans chacun des chapitres est abordé un certain nombre de sujets importants. Par exemple, au sein du chapitre « interface client », on retrouve les thèmes : communication, emballages et étiquetage, commande client, transport et enfin satisfaction du client. Pour chacun de ces thèmes, une ou plusieurs questions sont posées. Pour y répondre un certain nombre de critères ont été identifiés, auxquels il faut simplement répondre par oui ou par non. Certaines questions sont directement ou indirectement liées à la problématique de l'interopérabilité dans un contexte de chaîne logistique, un exemple de question de ce type est indiqué ci-après [Galia 04].

Développement de la supply chain : Des actions sont conduites pour améliorer les relations entre tous les membres de la supply chain.

Pourquoi : Un partenariat fort et efficace nécessite une confiance mutuelle et une bonne

compréhension de ce que fait l'autre. L'optimisation de la supply chain a pour base le travail en commun des partenaires.

F1 : Une approche structurée est utilisée pour développer toutes les relations.

F1 : Les plan d'action, les processus et les interfaces entre acteurs de la supply chain, sont formalisée.

F1 : Des méthodes d'analyse sont utilisée pour évaluer la supply chain (ex : analyse des forces, des faiblesses, des opportunités, des craintes, benchmarking, travail en réseau).

Par ailleurs chaque critère est pondéré selon son importance en F1, F2 ou F3, une importance F3 indiquant que le fait de ne pas remplir ce critère peut mettre en danger à court-terme les opérations de production du client.

Après avoir répondu à l'ensemble des questions du référentiel, il suffit ensuite d'ouvrir la feuille « résultats », et de regarder son score, qui peut être détaillé par chapitre, par questions F1, F2 ou F3 et dont le résultat final est une note A, B ou C. Pour être classé A, il faut obtenir plus de 90% aux questions, ne pas avoir une seule F3 manquante et moins de 6 F2 manquantes, autrement dit c'est le cas de très peu de sites aujourd'hui et les marges de progrès sont énormes tant pour les constructeurs que pour les fournisseurs. [Galia 04]

D'autre part, pour la mise en œuvre, le référentiel peut être utilisé de trois manières différentes :

- en externe : pour aller auditer ses fournisseurs, ou en leur demandant leurs résultats d'auto-évaluation,
- en externe : pour faire du benchmark avec des concurrents ou partenaires,
- en interne : pour s'auto-évaluer et progresser.

Au sein de ces trois grandes utilisations, il existe diverses méthodes pour la mise en œuvre, mais toutes demandent deux conditions : d'une part, l'appui de sa hiérarchie qui doit être convaincue de l'intérêt de la démarche; d'autre part, la nomination d'un responsable dont une des missions est de s'occuper de la démarche, et disposant donc du temps nécessaire pour le faire.

II.2.2 Le référentiel d'audit logistique de l'ASLOG

Le référentiel d'audit logistique de l'ASLOG a été conçu pour aider les entreprises industrielles et commerciales à améliorer leur système logistique. Il a été développé par des professionnels de la logistique et des experts de l'ASLOG (association française de logistique regroupant environ 1200 membres), attachés à un niveau européen à l'ELA (association européenne de logistique comprenant environ 59000 membres). Le référentiel de l'ASLOG couvre le système entier de logistique d'une entreprise. Il se veut volontairement généraliste et modulaire (figure 9) [ASLOG 06][Akif 05].

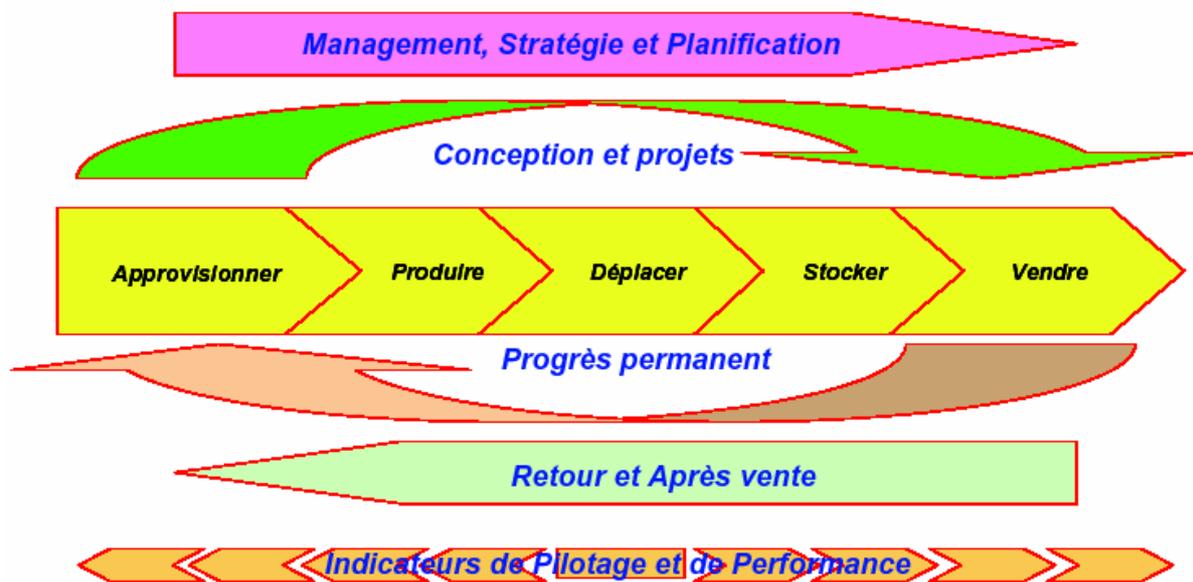


Figure 9. La structure du référentiel d'audit logistique de l'ASLOG

Cette figure s'apparente à celle adoptée par le modèle SCOR, présenté dans la deuxième partie de ce chapitre. Nous retrouvons, ici, les cinq piliers de SCOR : plan, source, make, deliver et return, agrémentés d'autres modules tels que conception et projet, progrès permanent, ou encore indicateurs de pilotage et performance.

La logique adoptée par l'ASLOG pour développer ce référentiel est la suivante : « Livrer la bonne référence, en bon état, au bon moment, au bon endroit, dans la quantité juste et nécessaire, dans le bon conditionnement, avec les bons documents, précédée, accompagnée et suivie par les bonnes informations, le tout aux moins mauvaises

conditions économiques » [ASLOG 06]. Cette logique est appelée l'« intelligence logistique » et peut être résumée par la figure 10 où les termes de la figure peuvent être définis comme suit :

- **intelligence** : Exploitation au maximum de toutes les informations disponibles,
- **réactivité** : Vitesse de réponse du système à l'évolution des demandes du marché,
- **efficacité** : Élimination de toute forme de gaspillage de temps et d'argent,
- **agilité** : Vitesse avec laquelle le système adapte sa structure de coût et ses niveaux de service.

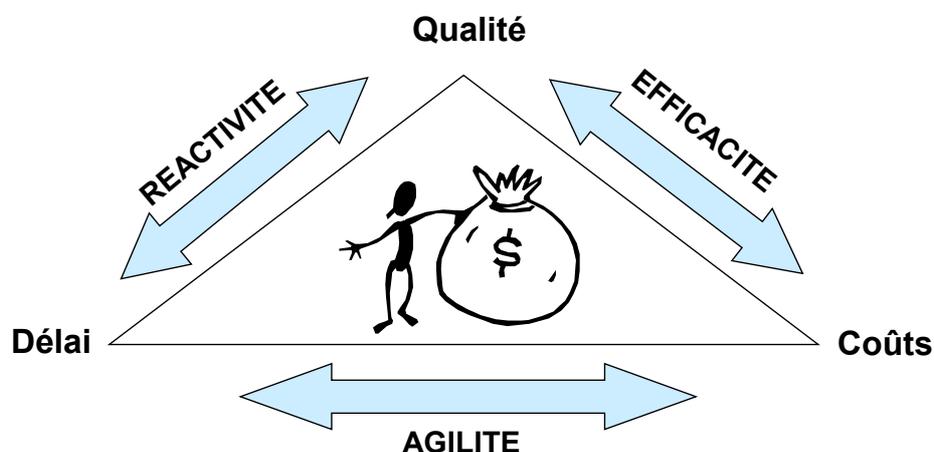


Figure 10. L'intelligence logistique

La démarche logistique de l'ASLOG se résume à cinq mots clés : recenser, analyser, hiérarchiser, optimiser, remettre en cause.

Les principaux objectifs de la réalisation d'un audit sur base du référentiel Aslog sont : l'analyse des processus logistiques clés, la mesure de la performance de la chaîne logistique, le traitement des dysfonctionnements à travers une démarche de progrès permanent, l'anticipation des changements vers de nouvelles organisations logistiques. Cet audit a été conçu afin d'être utilisé en auto-analyse. Cependant, cette façon de procéder possède des risques et notamment le fait d'être à la fois juge et partie présente une difficulté majeure, le fait d'être informé demande un savoir global qui n'est pas toujours acquis, il faut également que l'auditeur soit compétent et que ses compétences

soient le fruit de l'expérience et de l'expertise, enfin, l'auditeur à une obligation d'objectivité qu'il est difficile à avoir lorsqu'il s'agit d'un membre du personnel de l'entreprise audité.

Le référentiel de l'ASLOG version 2005 se compose de 136 questions issues de 10 chapitres principaux :

1. Management, Stratégie et Planification
2. Conception et Projets
3. Approvisionner
4. Produire
5. Déplacer
6. Stocker
7. Vendre
8. Retours et après-vente
9. Indicateurs
10. Progrès permanent

Pour chaque question, 3 niveaux d'exigence aboutissent à une note de satisfaction : 3 est la meilleure note possible, puis dégressivement 2, puis 1 et enfin 0 lorsque même 1 est inadapté. Si un chapitre ou sous chapitre, voire une question, ne peut être traité car la ou les fonctions concernées n'existent pas par exemple, la note globale sera calculée sur la base des seules questions applicables. Mais cette option ne devra être utilisée qu'en dernier recours pour ne pas empêcher le progrès possible [ASLOG 06]. La notation se décline selon 3 points de vue :

- Par les risques :
 - 0 : non mesuré ni pris en compte
 - 1 : mesuré

2 : contenu (PAC)

3 : maîtrisé (PAP)

- Par la performance :

0 : insuffisant

1 : suffisant , même si pas chiffré

2 : progrès, régulier, mais à l'occasion

3 : progrès volontaire

- Par la problématique :

0 : rien

1 : il y a une méthode, même si elle ne correspond pas vraiment au problème

2 : on sait pourquoi, c'est un peu optimisé

3 : la méthode engendre un progrès, elle impacte sur la stratégie, et est mise à jour en continu

Pour donner un exemple de décomposition d'un chapitre, nous pouvons prendre le chapitre 3 : Approvisionnement qui se décline comme suit :

- Les fournisseurs (page 68)
 - La position géographique
 - La fiabilité des flux physiques
 - Les fournisseurs et prestataires
 - Les fournisseurs
- L'approvisionnement (page 74)
 - La planification
 - La gestion des approvisionnements

Tout comme pour le guide d'évaluation logistique « Global EVALOG », le référentiel de

l'ASLOG contient également des questions liées à la problématique de l'interopérabilité, comme par exemple la question 3.1.4. Pour avoir le maximum de points à cette question, il faut avoir mis en place une réponse aux problèmes d'interopérabilité avec les fournisseurs.

Les fournisseurs et les prestataires :

Comment sont choisis les fournisseurs et les prestataires et quel partenariat logistique existe-t-il avec eux ?

- *Pour avoir 1 point* : Les éléments logistiques clés sont spécifiés dans les cahiers des charges avec les principaux fournisseurs et prestataires : capacités, délais, transport, quantité minimales, par exemple. La performance de livraison des fournisseurs et prestataires est mesurée par un taux de service.
- *Pour avoir 2 points* : Des visites sont faites chez les principaux fournisseurs et prestataires afin d'évaluer leur organisation et le niveau de performance de leur logistique. Des matrices d'évaluation sont utilisées à cet effet.
- *Pour avoir 3 points* : Des audits internes sont régulièrement réalisés pour évaluer le respect des conditionnements, les quantités, la fiabilité de l'étiquetage et des documents de livraison, par exemple. Un dialogue multi-niveaux a lieu avec les principaux fournisseurs et prestataires de manière à progresser dans la façon de mieux travailler ensemble (ex : prévisions, échange de données informatisé, délais, communication, transfert d'informations, ...). Le fournisseur propose des actions de progrès. Des audits logistiques sont réalisés chez les principaux fournisseurs.

Au terme de l'audit, les points sont comptabilisés afin de connaître le niveau logistique global de l'entreprise, mais également les points forts et les points à améliorer.

II.2.3 Conclusion

Les méthodes d'audit présentées sont des méthodes dites « d'auto-évaluation » même si l'avis d'un spécialiste est préférable pour la phase d'analyse et c'est pourquoi elles peuvent être utilisées en externe. Ces méthodes se focalisent sur les activités de la chaîne logistique

afin d'établir un diagnostic précis de celle-ci grâce à un système de notation. Elles peuvent être utilisées de deux manières : soit pour établir les points à améliorer, en terme d'interopérabilité au sein de la chaîne logistique , soit pour suivre l'évolution de celle-ci et valider les améliorations apportées par les différents projets mis en oeuvre au cours de l'évolution.

II.3 Les Typologies

Nous présentons trois typologies comprenant chacune des aspects de notre problématique. La première présente une grille de caractérisation des collaborations, au sein des chaînes logistiques, selon trois axes présentant les attributs, les dimensions et le degrés d'intensité des communication dans la chaîne logistique. La deuxième présente les principales dimensions explicatives de la construction d'une relation collaborative. Enfin, la dernière présente les trois types de base de dépendance entre activités, à savoir : la relation de convergence, la relation de flux et la relation de partage.

II.3.1 Grille de caractérisation

[Gruat La Forme 05] présente une grille tridimensionnelle construite à partir des trois points suivants :

- l'identification de tous les éléments permettant l'organisation et la gestion complète d'une chaîne logistique;
- la déclinaison de ces éléments sur différents plans, points de vue et horizons;
- la distinction de divers niveaux de collaboration.

Le premier axe de la grille de caractérisation, lié aux attributs de la chaîne logistique, s'inspire largement des modèles présentés par [Gilmour 99] et [Cooper 97], qui ont été analysés au sein du projet COPILOTES [COPILOTES 04]. Par ailleurs, [Gruat La Forme 05] valide la liste des 14 éléments ainsi obtenus, en la confrontant au travail de [Bernhard 05], mené dans le domaine de la caractérisation des chaînes logistiques. Son modèle fait en effet ressortir six éléments fondamentaux à considérer dans toute étude sur les chaînes logistiques collaboratives : « Business Order », « Stakeholders », « Process », «Level of

Collaboration», «Technology» et enfin «Enable Technology». Les quatorze attributs ont été sélectionnés pour élaborer l'axe n°1 de la grille (figure 11), ils se rattachent à ces six points essentiels.

Le deuxième axe correspond aux dimensions qui sont à considérer dans toute chaîne logistique. Pour les caractériser, il est nécessaire de décliner les quatorze attributs, identifiés dans le premier axe, pour les étudier sous différentes dimensions. [Gilmour 99] distingue cinq domaines d'activités managériales qui sont les dimensions choisies pour la grille de caractérisation : stratégie et organisation, planification, processus et information, flux produit et critères d'évaluation. Ces dimensions permettent d'appréhender les attributs sous les horizons long terme (« stratégie et organisation »), moyen terme (« planification ») et court terme (« flux produit ») mais également sous des approches de type processus (« processus et information ») ou encore «KPI» (« critère d'évaluation »).

Enfin, le troisième axe de la grille illustre le degré d'intensité de la communication entre les partenaires de la chaîne logistique. En s'inspirant des travaux de [Thierry 03], [Gruat La Forme 05] a défini quatre niveaux de collaboration selon l'intensité des relations et des échanges d'information entre les partenaires d'une chaîne logistique. Le premier niveau identifié correspond à une communication unidirectionnelle que [Gruat La Forme 05] rapproche à ce que [Lauras 04] définit comme un « échange ponctuel ». Le deuxième niveau de collaboration est lié à une communication bidirectionnelle ponctuelle correspondant à un échange d'informations entre deux acteurs de la supply chain, provoqué par un événement déclencheur ou par une opportunité. Le troisième niveau de notre grille concerne une communication bidirectionnelle conventionnelle correspondant à une relation régulière, formalisée et organisée entre les partenaires concernés. Ce degré de collaboration se rapproche de ce que [Lauras 04] nomme « l'entente industrielle ». Le quatrième niveau de collaboration définit dans la grille de caractérisation est la communication intégrée qui s'associe au partenariat que [Lauras 04] définit comme le niveau de communication le plus avancé dans une chaîne logistique. Pour compléter cette méthodologie, différentes hypothèses sont posées quant à la fonctionnalité de l'outil :

- Il n'y a pas de notion d'efficacité liée à la progression dans les niveaux de

collaboration du troisième axe. Il s'agit donc d'un constat et non pas d'un jugement de valeur.

- L'outil informatique n'est pas garant d'une quelconque collaboration

[Gruat La Forme 05] s'intéresse ici à la chaîne logistique directe (c'est à dire fournisseur entreprise-client) et non pas à la chaîne logistique étendue (c'est à dire fournisseur des fournisseur-fournisseur-entreprise-client-client des clients) [Mentzer 01].

La figure 6 résume l'architecture générale de la grille de caractérisation de chaîne logistique collaborative.

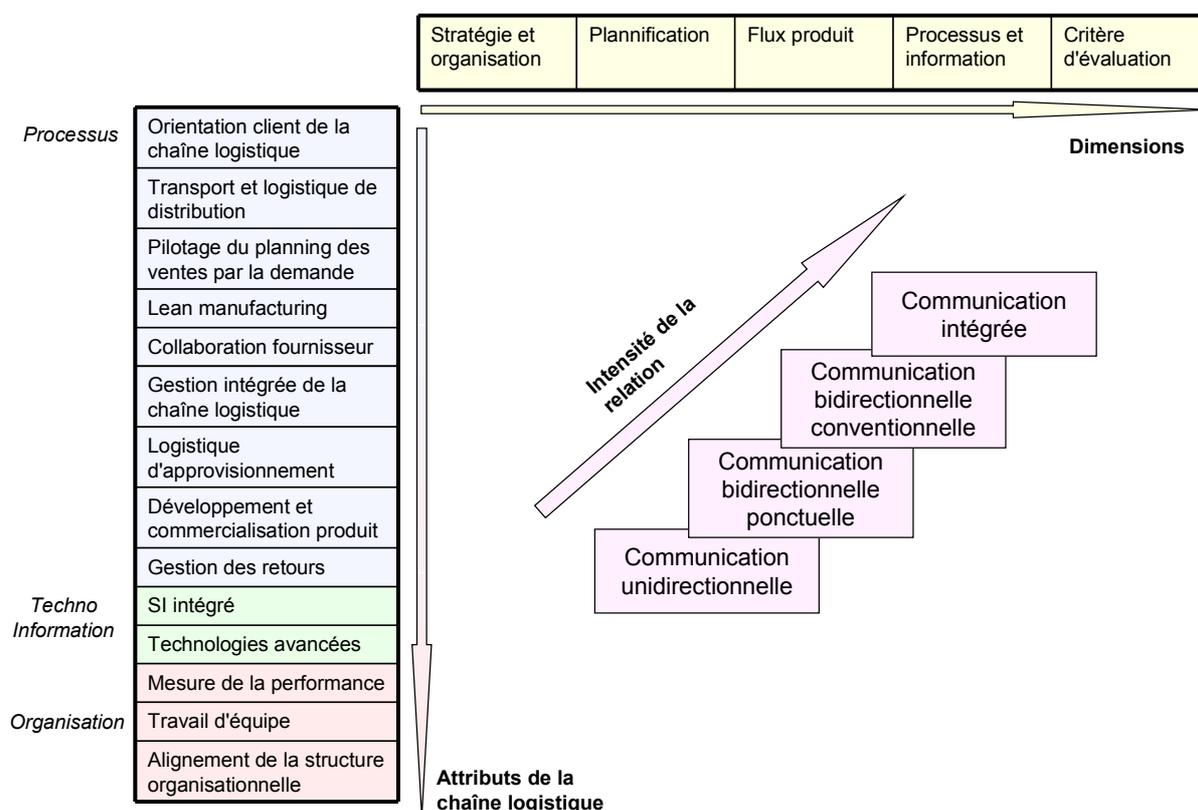


Figure 11. Grille de caractérisation de la chaîne logistique [Gruat La Forme 05]

Les tableaux 1 et 2 précisent les termes utilisés dans les deux premiers axes.

« **Orientation client de la chaîne logistique** » désigne le poids ou l'importance accordé au client dans l'organisation et le fonctionnement de l'entreprise considérée.

« **Transport et logistique de distribution** » désigne les activités liées à la circulation et à l'entreposage des produits finis, de l'entreprise jusqu'à son client, ainsi que les règles de gestion associées.

« **Pilotage du planning des ventes par la demande** » désigne la connaissance qu'a l'entreprise de la demande de son client et l'utilisation effective de cette information dans son organisation et son mode de fonctionnement.

« **Lean manufacturing** » désigne toutes les opérations destinées à améliorer et optimiser l'efficacité de l'activité de production de l'entreprise considérée, y compris les encours.

« **Collaboration fournisseur** » désigne le niveau de collaboration et le niveau d'intégration du fournisseur dans le processus d'achat de composants ou matières premières de l'entreprise considérée.

« **Gestion intégrée de la Supply Chain** » désigne l'intégration des activités et des caractéristiques des fournisseurs et des clients dans l'organisation et le mode de fonctionnement de l'entreprise considérée.

« **Logistique d'approvisionnement** » désigne les activités liées à la circulation et à l'entreposage des composants ou matières premières, du fournisseur jusqu'aux stocks de l'entreprise considérée, ainsi que les règles de gestion associées.

« **Développement et commercialisation des produits** » désigne les activités allant des phases de conception lorsqu'il s'agit de nouveaux produits ou évolution et modification pour les produits existants, jusqu'à la phase de mise sur le marché en passant par l'industrialisation.

« **Gestion des retours** » concerne les activités liées à la logistique inverse, du client vers l'entreprise ou de l'entreprise vers le fournisseur, ces retours étant soit de nature défectueuse soit à caractère valorisable (recyclage...).

« **Système d'information intégré** » désigne le niveau d'intégration du système d'information et son apport au niveau des processus transactionnels et décisionnels des

partenaires de la chaîne logistique.

« **Technologies avancées** » désignent les outils destinés à supporter la transmission, le stockage et l'exploitation des données et informations partagées dans l'entreprise et avec ses clients et fournisseurs.

« **Mesure de la performance** » désigne les méthodes adoptées par l'entreprise, ses clients et ses fournisseurs, pour évaluer le fonctionnement des processus transversaux liant leurs activités respectives.

« **Travail d'équipe** » désigne le niveau de coopération et la capacité de travailler ensemble, des différents acteurs de la chaîne logistique, incluant les notions de mutualisation des compétences [Lemaire 02].

« **Alignement de la structure organisationnelle** » désigne le niveau d'alignement de l'organisation et sa capacité à supporter les processus transversaux de la chaîne logistique.

Tableau 1. Définition des attributs de la chaîne logistique

« **Stratégie et organisation** » décline les éléments de stratégie et d'organisation au niveau de chaque attribut de la chaîne logistique, définissant durablement le mode de fonctionnement et l'organisation de l'entreprise.

« **Planification** » décline, sur chaque attribut, l'ensemble des principes, méthodes et activités qui, dans l'entreprise, permettent d'organiser et programmer les activités et de préparer leur exécution.

« **Processus et information** » décline les processus associés aux différents attributs de la chaîne logistique, leur niveau de maîtrise ainsi que la richesse informationnelle qui en découle.

« **Flux de produit** » décline les éléments de gestion et suivis du flux produit suivant les étapes opérationnelles franchies par le produit, jusqu'au stade final de sa réalisation.

« **Critère d'évaluation** » décline les KPI au niveau des attributs de la chaîne logistique.

Tableau 2. Définition des dimensions

II.3.2 Les dimensions d'une relation collaborative

[Dedun 05] pose l'hypothèse que la performance des chaînes logistiques et des processus de coordination qui les sous-tendent repose sur une dynamique des connaissances transmises, échangées ou créées dans la chaîne. Cette dynamique des connaissances est elle-même fonction de l'articulation et de la structuration des connaissances créées à travers les outils mis en place. En effet, dans les processus de collaboration au sein des chaînes logistiques, les acteurs, au-delà du simple partage d'information, peuvent apprendre, développer des capacités dynamiques et créer ainsi une compétence collective, source de création de valeur pour l'ensemble de la chaîne et pour les entreprises qui la composent [Harland 01].

Cependant, les processus d'apprentissage collectifs peuvent atteindre leurs limites lorsque les acteurs prennent conscience du risque de divulguer des connaissances qui fondent leur rente informationnelle (risque de « hollowing out effect ») ou lorsqu'une réelle dépendance entre partenaires est créée.

La dynamique de gestion des informations, si elle est le plus souvent positive, peut parfois avoir des effets négatifs non négligeables. Dès lors, la gestion de la relation notamment en matière d'échange d'information doit être réfléchie, pensée et construite longuement entre les partenaires. Elle passe par une réflexion approfondie sur le rôle que doivent jouer les outils et l'articulation de ces outils avec l'ensemble du contexte dans lequel ils s'insèrent.

L'intensité de la relation entre les partenaires (transaction-coordination-collaboration) peut se concrétiser par :

- des types de structures organisationnelles différents [Edwards 01] d'une part,
- des rôles dédiés aux systèmes d'information différents [Spekman 98] d'autre part.

La prise en compte simultanée de ces trois dimensions (intensité de la relation, structure organisationnelle et intensité d'usage des systèmes d'information (SI)) permet à [Dedun 05] d'exprimer dans la figure 12, une vision synthétique des éléments déterminants pour la compréhension de la construction de la relation collaborative.

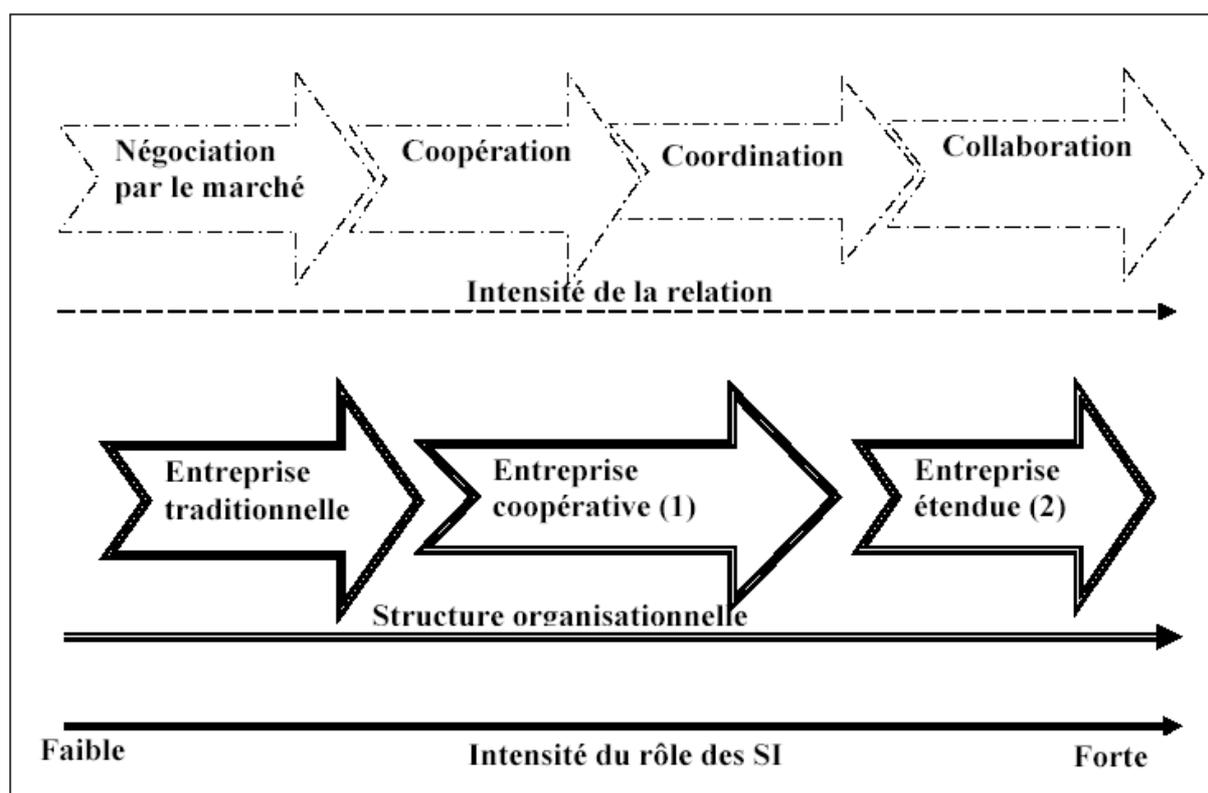


Figure 12. Principales dimensions explicatives de la construction d'une relation collaborative

L'entreprise traditionnelle ne collabore pas avec ses clients/fournisseurs et entretient avec eux uniquement des relations de type donneur d'ordres/sous traitant.

L'entreprise coopérative (1) prend conscience de la nécessaire mise en œuvre d'une relation contractuelle avec certains partenaires dans le but de créer les conditions d'une offre orientée vers la demande. La gestion des partenaires sélectionnés est permise par les échanges d'information. Les technologies de l'information (de type EDI par exemple) offrent des moyens de coordonner les tâches incombant aux acteurs dans le temps et dans l'espace [Dedun 05].

L'entreprise étendue (2) correspond à un très haut niveau de collaboration. Les partenaires partagent la même vision du futur et leurs orientations stratégiques devenues collectives et sources de création de valeur (conception de nouveaux produits, résolution de problèmes...). Les entreprises sont alors étroitement interdépendantes en termes de ressources leur permettant d'atteindre ces objectifs. La relation entre partenaires va alors

au-delà du simple partage d'informations : elle suppose un véritable partage technologique, les acteurs se caractérisant par une très forte intégration de leurs processus internes ou externes [Dedun 05].

L'engagement stratégique des acteurs et la mise en place de processus de plus en plus collaboratifs s'appuient alors sur une capacité des acteurs à identifier les moyens et ressources de la gestion de leurs relations. Cette analyse corrobore l'idée que l'objet même de la collaboration dans les réseaux logistiques peut aller du simple traitement de l'information au besoin de recueillir de la connaissance [Harland 01] voire d'en créer de nouvelles.

Il apparaît dès lors que le rôle des systèmes d'information dans la gestion de la relation s'accroît au fur et à mesure que la relation devient plus étroite entre les partenaires. En effet, le modèle du fait stratégique de [Venkatraman 93] suggère que la stratégie d'affaires peut être plus ou moins collaborative mais elle doit dans tous les cas être cohérente avec la stratégie de développement du système d'information de l'organisation et que c'est de cette cohérence que dépend la performance de l'entreprise.

II.3.3 La collaboration et la notion de dépendance des ressources

Selon [Claveau 05], réaliser un diagnostic de la collaboration mise en œuvre par une entreprise dans une chaîne logistique suppose le dépassement de deux types de difficultés :

- celle de la qualification de la collaboration : en quoi une pratique de coopération entre partenaires d'une chaîne peut-elle être qualifiée de collaborative ?
- celle de l'analyse de la contribution de la collaboration aux objectifs généraux de l'entreprise : comment relier des pratiques « collaboratives » à la stratégie industrielle et logistique de l'entreprise et, plus généralement, à la construction d'un avantage concurrentiel ?

Cette insistance sur le « faire ensemble » développée à travers la notion « d'opportunité de relation » a amené [Claveau 05] à préciser ce que l'on entend par « relation » entre partenaires d'une chaîne logistique. Pour [Malone 94], la coordination consiste à gérer une

situation de dépendances entre activités : s'il y a «relation» entre partenaires, alors cette relation implique une dépendance de ressources et la coordination est justement la gestion de cette dépendance. Selon cette perspective, on peut caractériser différentes sortes de dépendances et donc différents processus de coordination. Dans une visée de diagnostic, si une dépendance d'activité nécessite une coordination, elle n'implique pas nécessairement une relation de collaboration. C'est pour marquer cette volonté de non qualification a priori, la relation de coordination pouvant être collaborative ou non, que [Claveau 05] préfère l'expression « Opportunité de Relation » à la notion « d'Opportunité de Collaboration » proposée par [Frayret 03]. [Claveau 05] considère, par la suite, une « opportunité de relation » comme une situation de dépendance/interdépendance de ressources et/ou d'activités impliquant une coordination, la dépendance renvoyant à l'idée que les résultats d'une unité sont plus ou moins contrôlés directement par une autre unité ou contingents aux actions d'une autre unité.

Puisqu'une situation de dépendance est une relation entre activités et ressources, on peut s'appuyer sur les schémas de base déjà développés par [Malone 99] et [Crowston 94]. La figure 13 montre trois types de dépendances qui proviennent de ressources reliées à plusieurs activités (le terme « ressource » est ici employé pour désigner aussi bien une ressource, matérielle ou humaine, que le produit lui-même) :

- la *relation de convergence* signifie que plusieurs activités produisent collectivement une seule ressource : par exemple, plusieurs activités de plusieurs partenaires dans cette relation participent à la production d'une même ressource, d'où la nécessité d'une mise en cohérence d'informations, de connaissances, d'opérations, etc. La relation duale de convergence concerne le cas où plusieurs ressources sont utilisées par une même activité;
- la *relation de flux* se produit dans la situation courante où une activité produit une ressource utilisée par une autre activité. La relation duale de flux concerne le cas où une activité consomme une ressource pour en produire une autre;
- une *relation de partage* implique l'utilisation d'une même ressource par plusieurs partenaires et donc le partage d'un certain type d'information, de connaissance, etc.

La relation duale de partage concerne le cas où une activité produit plusieurs ressources.

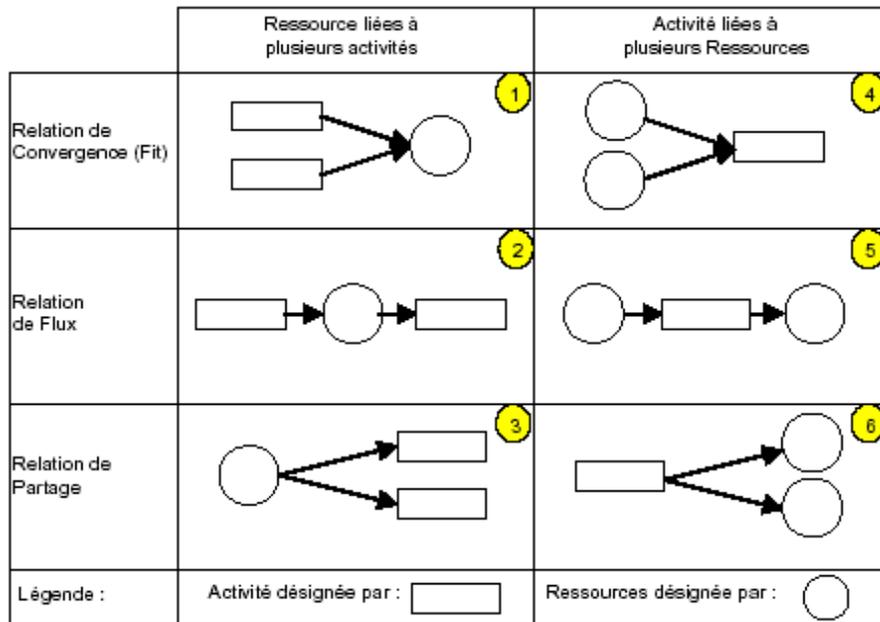


Figure 13. Trois types de base de relation de dépendance entre activités

II.4 Conclusion

Les deux modèles de référence de la chaîne logistique présentés fournissent un découpage multi-niveaux précis des activités de la chaîne logistique offrant ainsi une vision plus claire de celle-ci. Cependant, ils ne couvrent que certaines activités des entreprises et n'apportent donc pas de visions globale de la chaîne logistique pourtant indispensable à sa gestion, sa caractérisation et son évolution. D'autre part, ils ne traitent pas spécifiquement de l'interopérabilité, même si le modèle SCOR propose quelques indicateurs de performance liés à cette notion. Enfin, ces modèles n'offrent pas de méthode permettant la modélisation du système existant qui est pourtant un pré-requis indispensable à toute évolution.

Par ailleurs, les méthodes d'audit logistique, bien que non dédiées à la problématique de l'interopérabilité, permettent d'appréhender les principales difficultés rencontrées par les

entreprises au sein de la chaîne logistique. Elle sont donc une aide précieuse pour établir un premier diagnostic des points forts et des points à améliorer. Cependant, si l'on souhaite caractériser plus précisément l'interopérabilité, nous devons utiliser d'autres outils.

Les typologies présentées permettent de définir les différents types de collaboration existants au sein d'une chaîne logistique. Bien que n'abordant pas la notion d'interopérabilité, ces typologies nous permettront de définir précisément le niveau de collaboration souhaité par les partenaires de la chaîne logistique. Une typologie des collaborations, basée sur les typologies présentées, sera établie dans le chapitre 3.

III Les méthodes de modélisation d'entreprise

Il existe de nombreuses méthodes de modélisation d'entreprise. Nous ne les détaillerons pas ici car notre objectif n'est pas de les modifier, mais d'utiliser les modèles dans les chapitres de contribution.

III.1 Méthodes et outils

Divers méthodes et outils de modélisation des processus métier ont été développés dans différents domaines [Abdmouleh 04], nous citons :

- SADT (Structured Analysis and Design Technique) proposée par [Ross 77] à la fin des années 1970 pour permettre une analyse structurée des systèmes. Cette méthode a ouvert la voie à la modélisation par représentation graphique des activités et des chaînes d'activités. La méthode SADT introduit le principe de décomposition fonctionnelle et formalise le concept d'activité. Elle se présente comme un langage graphique et un ensemble limité de primitives, des «boîtes» et des «flèches», pour la représentation des composants des systèmes et des interfaces;
- d'autres méthodes, plus élaborées mais toujours issues du génie logiciel proposent des supports d'analyse statique ou dynamique en se basant sur des approches fonctionnelles, relationnelles ou objet :
 - MERISE et ses modèles de traitement : la méthode Merise est une méthode d'analyse, de conception et de développement des systèmes d'informations de l'entreprise, qui répond à une problématique d'efficacité et de rapidité sans nécessiter l'appareillage technique et la base de données. Elle sert pour la modélisation préalable à la création d'une base de données,
 - la modélisation objet : OMT [Rumbaugh 91] (vues statiques, dynamiques et fonctionnelles d'un système), OOD [Booch 00] (vues logiques et physiques du système), OOSE [Jacobson 92] (couvre tout le cycle de développement), UML (Unified Modeling Language) est la fusion et synthèse des méthodes précédentes, mais ce n'est pas une méthode car il ne comporte pas de démarche, c'est un

langage de modélisation objet,

- etc.;
- la famille des méthodes IDEF :
 - IDEF0 a été développée à partir de SADT elle est utilisée pour décrire les aspects fonctionnels d'un système,
 - dans cette suite logique, IDEF3 est spécialement conçue pour la modélisation des séquences d'activités ou processus.

De même, il existe plusieurs études sur la modélisation en entreprise dans son ensemble. Diverses méthodologies d'intégration d'entreprise et architectures de références pour la modélisation en entreprise ont été conçues au cours des quinze dernières années. Parmi les plus connues, on peut citer pour les architectures de référence :

- CEN ENV 40003 [Shorter 00], qui est une pré-norme du Comité Européen de Normalisation (CEN) pour la modélisation d'entreprise. Son but est de préciser la terminologie et d'énoncer les principes fondamentaux sous-jacents au domaine de la modélisation en entreprise. L'architecture de référence retenue est basée sur le cadre de modélisation de CIMOSA;
- CIMOSA (CIM Open System Architecture) [AMICE 93], qui est une architecture pour construire des systèmes intégrés de production. Elle a été développée par le Consortium AMICE dans le cadre de projets ESPRIT. Cette architecture comprend un cadre de modélisation (MFW « Modeling FrameWork »); une plateforme d'intégration (IIS « Integrating InfraStructure ») et le cycle de vie d'un système CIM « Computer-Integrated Manufacturing » (SLC « System Life Cycle »). Le cadre de modélisation formalise trois principes fondamentaux et orthogonaux pour la modélisation en entreprise suivant une structure à trois axes, communément appelée cube CIMOSA. CIMOSA offre des langages de modélisation intégrés pour les aspects fonctionnels, informationnels, ressources et organisationnels [Vernadat 96]. Les deux derniers demandent à être plus finalisés, ce qui est en partie l'objet de nos travaux;

- GERAM (Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology) [IFAC 97], qui est une architecture de référence développée par un groupe de réflexion sur les architectures pour l'intégration des entreprises (IFAC/IFIP Task Force on Architectures for Enterprise Integration). GERAM est en fait une généralisation de CIMOSA, de GRAI-GIM [IFAC 97], de PERA et de quelques autres architectures (ARIS, ENV 40003 et IEM);

Et pour les méthode de modélisation d'entreprise :

- La méthode GRAI (Graphe de Résultats et Activités Interreliés), qui est une méthode basée sur la modélisation d'entreprise avec pour but la conception ou la reconception des systèmes de production (industriels ou de services). Elle se focalise sur la partie décisionnelle (système de conduite) et s'applique dans une optique générale d'amélioration des performances. La méthode GRAI est construite à partir d'un modèle de référence, le modèle GRAI, qui permet de construire le modèle global de l'entreprise (globalité et détails des différents aspects de l'entreprise représentés de manière conceptuelle). La méthode GRAI s'appuie sur des langages (grille, processus, réseaux, ... [Doumeingts 84], [Roboam 93], [Ducq 05]) qui représentent les concepts du modèle GRAI et qui facilitent la communication et l'interprétation. La méthode GRAI suit une démarche structurée et participative dans laquelle les acteurs et les étapes sont définis, permettant efficacité et gain de temps.
- PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture) [Williams 92], qui est une méthodologie complète d'ingénierie des environnements industriels développée par le Prof. Williams, Purdue University, USA. Elle peut être généralisée au développement de tout système d'entreprise (système industriel, atelier, usine ou département de toute nature). La méthodologie définit toutes les phases du cycle de vie d'une entité industrielle depuis sa conceptualisation jusqu'à sa mise en opération en passant par les phases de conception. L'originalité de PERA réside dans la prise en compte des aspects humains dans la méthodologie et de leur positionnement clair dans l'architecture;

- ARIS (Architecture for integrated Information Systems). Cette architecture a été développée par le professeur Scheer à l'université de Saarbrück en Allemagne [Scheer 99]. Sa structure entière est similaire à celle de CIMOSA, mais à la place de se focaliser sur les systèmes CIM, elle traite les entreprises avec des méthodes traditionnelles orientées métier (planning de production, inventaires de contrôles, etc). Elle se focalise surtout en ingénierie des logiciels et les aspects organisationnels de la conception des systèmes intégrés dans l'entreprise.

III.2 Modélisation d'entreprise et interopérabilité

Les modèles d'entreprises permettent de décrire les pratiques d'entreprises selon plusieurs points de vues : fonctionnel, physique, processus, décisionnel et informationnel. L'interopérabilité doit être considérée à tout ces niveaux pour améliorer le fonctionnement de deux entreprises. Plus particulièrement, l'interopérabilité entre processus est très importante tant pour la synchronisation des flux de produits ou de service que pour les flux d'informations. La synchronisation permet également de s'assurer qu'un produit livré par une entreprise peut être reçu par une autre. Deux solutions peuvent permettre l'interopérabilité entre les pratiques : la standardisation et l'ajustement mutuel des pratiques. [Vallespir 05]

III.2.1 La standardisation des pratiques

Une des solutions possibles, en utilisant les modèles d'entreprises, est de permettre la standardisation des pratiques de deux systèmes tel que le montre la figure 14. [Vallespir 05]

Le principal intérêt de la standardisation des pratiques est la synchronisation des flux. De plus la coordination permet également d'éviter la redondance d'activités telles que le contrôle qualité ou la confirmation de commande. La standardisation permet également de définir les spécifications d'un système ERP, par exemple, pour deux entreprises, garantissant ainsi l'interopérabilité de ces applications d'entreprises. Enfin, la standardisation permet de faciliter la définition d'objectifs communs et l'interopérabilité des décisions. [Vallespir 05]

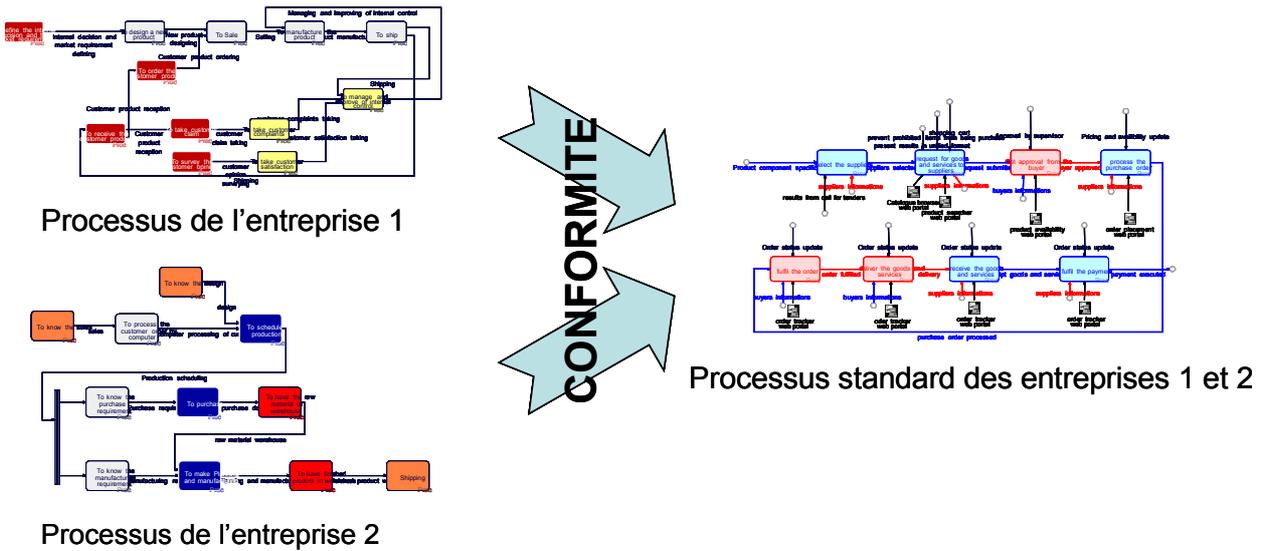


Figure 14. La standardisation des pratiques [Vallespir 05]

Néanmoins, la standardisation des pratiques, même si elle peut être considérée comme la solution la plus robuste, peut mener à la mise en œuvre de changements profonds des deux entreprises ce qui peut perturber le reste de l'entreprise. Une autre solution consiste à la synchronisation des pratiques. [Vallespir 05]

III.2.2 Ajustement mutuel des pratiques

Cette solution consiste à utiliser les modèles d'entreprise pour concevoir des activités supplémentaires qui permettront de faire le lien entre les processus des deux entreprises (figure 15).

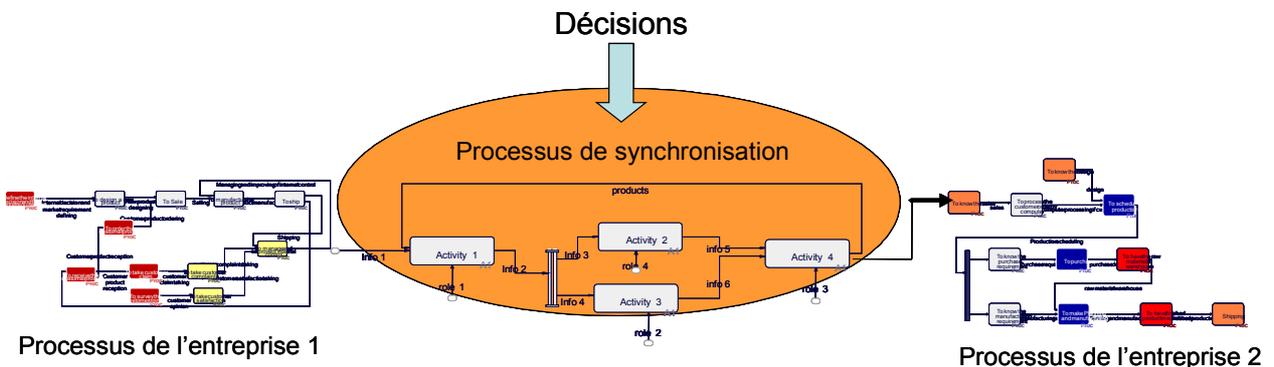


Figure 15. Ajustement mutuel des pratiques au travers d'un processus additionnel de synchronisation [Vallespir 05]

III.2.3 Coordination et objectifs d'interopérabilité

On peut considérer que deux systèmes sont interopérables lorsqu'ils participent activement à l'atteinte d'un même objectif en étant co-ordonnés. Ce qui signifie que ces deux systèmes agissent pour atteindre un objectif commun qui a été défini par un autre système se trouvant à un niveau supérieur : c'est le co-ordinateur.

La grille GRAI est un modèle global qui représente les liens de coordination entre plusieurs systèmes. [Vallespir 05]

III.3 Conclusion

Les modèles d'entreprises sont une représentation de l'état existant d'un système et, à ce titre, sont un pré-requis indispensable à toute étude de l'interopérabilité des entreprises. Ces modèles permettent également la mise en place de solutions pour la résolution de certains problèmes d'interopérabilité. Cependant, ils ne permettent pas de caractériser les problèmes d'interopérabilité des systèmes étudiés. C'est pourquoi, nous présenterons dans la partie suivante des outils pouvant être utilisés pour la représentation de l'interopérabilité.

IV Outils de représentation de l'interopérabilité

Dans cette partie, nous présenterons trois outils, issus de trois domaines différents, pouvant être utilisés pour la caractérisation de l'interopérabilité : l'hétérogénéité sémantique, la théorie des graphes et la définition de niveaux et de barrières de l'interopérabilité. Puis, nous présenterons un outil de caractérisation de l'interopérabilité développé dans le cadre d'un projet européen et qui peut se résumer à un tableau décrivant les barrières de l'interopérabilité, d'une part, et les niveaux d'interopérabilité, d'autre part.

IV.1 Hétérogénéité sémantique

L'hétérogénéité sémantique est un domaine de l'ontologie. Elle développe des outils qui permettent de mettre en évidence et de caractériser les problèmes d'hétérogénéité dans la sémantique des langages. Ce domaine est donc, par sa définition, très proche de notre problématique puisque notre objectif est de créer des outils de caractérisation de l'interopérabilité. C'est pourquoi nous avons choisi de l'étudier afin d'adapter certains de ses outils à notre problème. Un des outils employés est le graphe, basé sur la théorie des graphes. Cet outil s'avérant être adapté à notre problématique, nous avons choisi de l'étudier également.

IV.1.1 Définition : les différentes Hétérogénéités

Selon [Sansonet 04], il existe trois cas d'hétérogénéité pouvant être différenciés : l'hétérogénéité sémantique, l'hétérogénéité matérielle (reliée aux technologies de l'information) et enfin l'hétérogénéité organisationnelle (reliée au domaine de la modélisation d'entreprise).

IV.1.1.1 Hétérogénéité sémantique

L'hétérogénéité sémantique est liée au fait que les applications qui interagissent sur la base d'agents ont souvent été définies et construites par des personnes différentes, en des lieux différents, à des moments différents, dans des buts différents, avec des vocabulaires

différents [Hewitt 85]. Il ressort de tout cela des difficultés d'interopérabilité non plus au niveau du transport et des langages de communication mais au niveau des contenus informationnels eux-mêmes : c'est ce problème qui est qualifié d'hétérogénéité sémantique [Sansonet 04].

IV.1.1.2 Hétérogénéité organisationnelle

L'hétérogénéité organisationnelle est due au fait que les entreprises ont grandi et prospéré chacune séparément des autres. Chaque entreprise a développé sa propre organisation indépendamment de celle des autres. Par conséquent, la même tâche pourra être exécutée de manière différente dans deux entreprises distinctes [Blanc 05].

IV.1.1.3 Hétérogénéité matérielle

Longtemps, les systèmes distribués ont été peu interopérables. Aujourd'hui de gros progrès ont été faits et les architectures de systèmes multi-agents en particulier ont contribué à diminuer fortement la question du transport de l'information, de manière indépendante des conditions matérielles c'est-à-dire des machines et/ou des systèmes d'exploitation sous-jacents [Sansonet 04].

IV.1.2 Description des outils de représentation de l'hétérogénéité sémantique

Selon [Sansonet 04] et [Valencia 00], trois situations différentes de communication existent (figure 16) :

- NAP : ontologie globale qui englobe toutes les ontologies particulières. Dans ce cas, il n'y a pas de problème d'hétérogénéité sémantique;
- SAP : les ontologies n'ont aucune intersection et ne peuvent absolument pas communiquer;
- WAP : les ontologies sont différentes mais ont cependant une intersection.

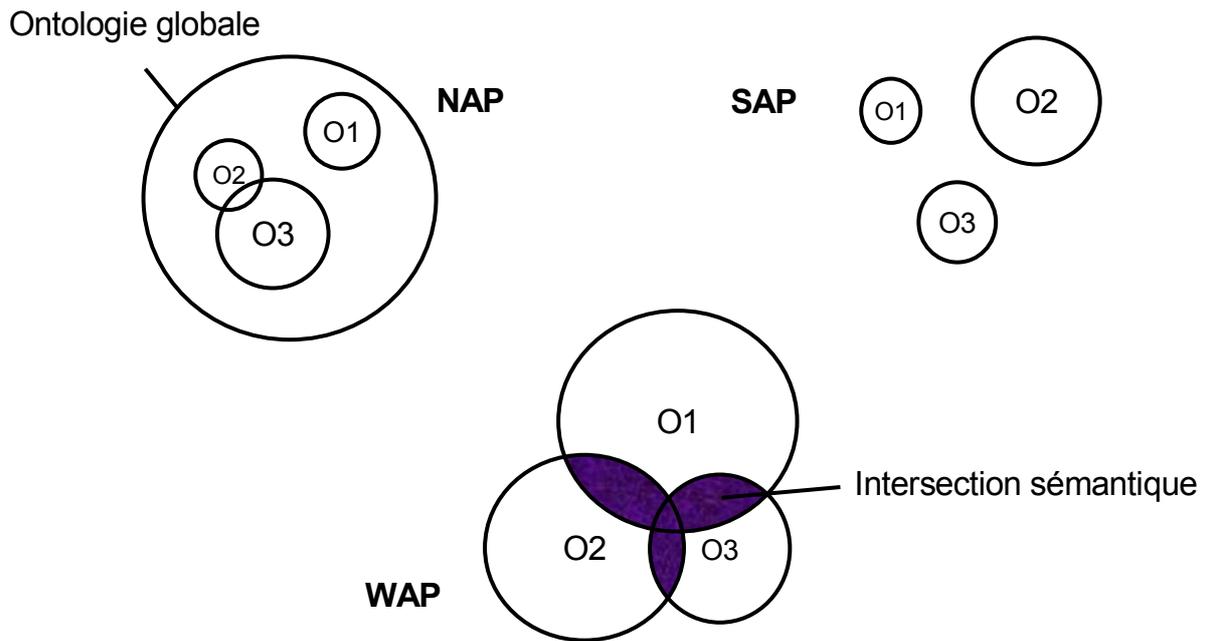


Figure 16. Trois situations possibles de communication

Deux stratégies de résolution de conflit coexistent : soit on éradique l'hétérogénéité, soit on la confronte. Dans le cas où l'on souhaite éradiquer l'hétérogénéité sémantique, on fusionne toutes les ontologies en une ontologie globale (figure 17). Cette configuration mène au cas NAP. Or, ce n'est pas l'objectif recherché car si les deux entreprises ont besoin d'employer un langage commun à leur interface, elles n'ont pas nécessairement besoin d'employer ce langage au sein de chaque entreprise séparément.

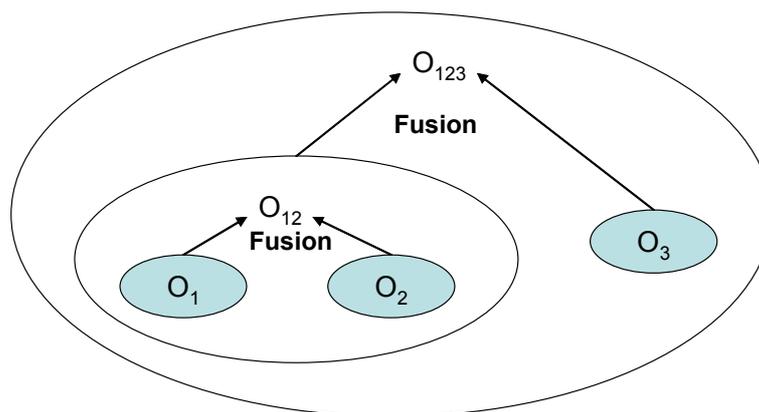


Figure 17. Eradication de l'hétérogénéité

La deuxième possibilité consiste à affronter l'hétérogénéité sémantique en résolvant les problèmes au cas par cas (figure 18). Les problèmes d'hétérogénéité sémantique rencontrés dans notre domaine sont semblables au cas WAP applicable aux systèmes complexes. Ceci

pourrait être appliqué dans notre cas en se focalisant sur la sémantique du langage qui est un pré-requis indispensable à toute coopération.

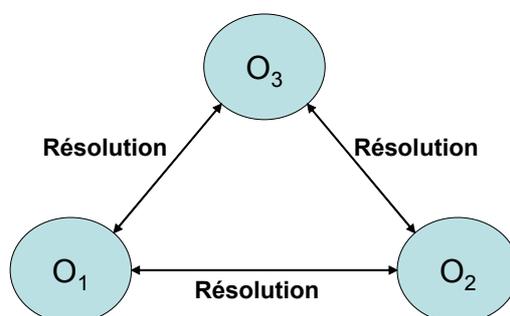


Figure 18. Confrontation de l'hétérogénéité sémantique

Dans cette perspective, trois stratégies peuvent être définies pour confronter l'hétérogénéité. En premier lieu, les concepts peuvent être exprimés au sens des logiques de description (tableau 3). Le principal avantage de cette représentation est sa facilité à être transférée sous forme informatique. On appelle Tbox la terminologie qui décrit les propriétés du monde en intention.

Agent 1	Agent 2
Termes : A, B, C, D, E	Termes : A, B, C, E, F, G
Tbox :	Tbox :
$A \equiv E \wedge C$	$F \equiv \forall s.C$
$D \equiv \forall r.C$	$G \leq C$
$B \leq E$	$E \leq G \wedge F$
$A \leq C$	$A \equiv B \wedge C$
	$A \leq C$

Tableau 3. Logique de description

Une deuxième façon de faire est de les exprimer sous forme de graphes de concepts lexicaux (figure 19). On appelle « Ground data » l'ensemble des « Ground concepts » G_i , qui sont partagés par un couple d'agents $\{A,B\}$. On appelle « Black data » l'ensemble des « Black concepts » B_i , qui ne sont pas partagés par un couple d'agents $\{A,B\}$.

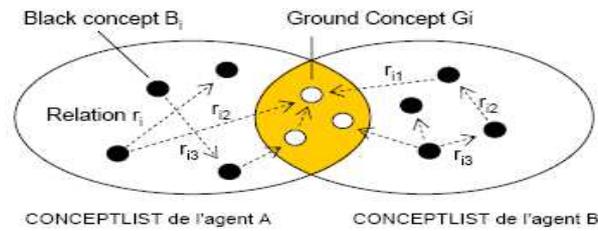


Figure 19. Graphe de concepts lexicaux

La dernière stratégie est l'expression sous forme de concepts exprimés en topologie algébrique (figure 20) qui peut être représentée par des complexes ou par des graphes.

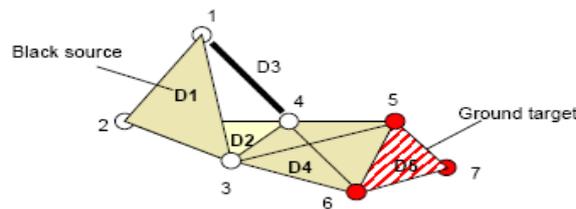


Figure 20. Complexes simpliciaux

Un complexe est composé de simplexes. La dimension d'un simplexe est son nombre de sommets moins 1. La dimension d'un complexe est celle du plus grand simplexe qu'il contient. La notion de complexe généralise celle de graphe. Par conséquent, tous les complexes de dimension $n < 2$ sont des graphes. Nous pouvons donc dire « le couple $G = (S,A)$ est un graphe dont l'ensemble des sommets est S et l'ensemble des arêtes est $A \subseteq S \times S$ » [Sansonnnet 04]

Un arc $a \in A$ est un couple $\{x,y\}$ de $S \times S$ c'est-à-dire qu'il ne peut pas y avoir de structure de dimension supérieure comme des surfaces, des volumes etc. Les réseaux sémantiques étant des graphes, ils ne permettent d'exprimer que des relations binaires (arcs) entre des individus (points) . Par contre, les complexes permettent de représenter des relations n-aires $n > 2$ et surtout entre des entités qui sont de dimension supérieure à des points : relations entre sous-ensembles effectifs (figure 21).

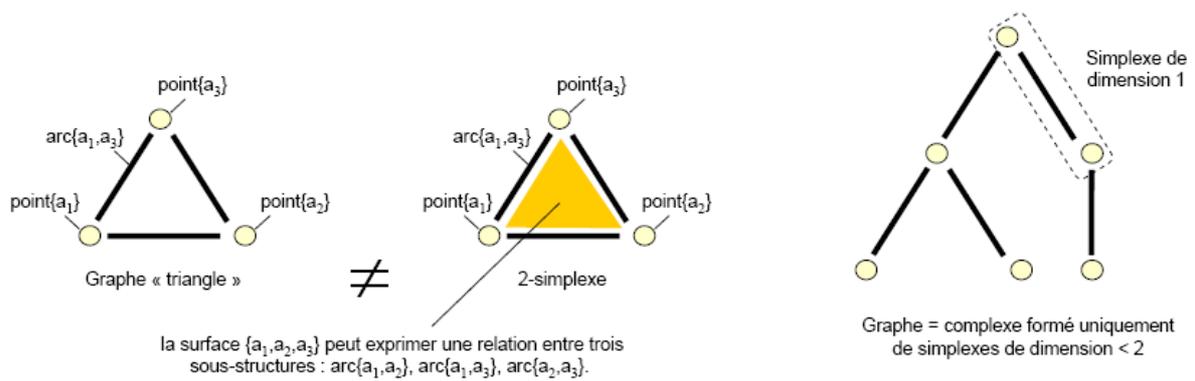


Figure 21. Comparaison Complexes / Graphes

IV.1.3 Représentation par les complexes

L'exemple de la figure 22 est un exemple industriel classique. Il montre deux chaînes logistiques différentes appelées CL1 et CL2 composées de quatre entreprises distinctes : E1, E2, E3 et E4, fabriquant quatre produits différents : P1, P2, P3 et P4. La chaîne logistique CL1 crée les produits : P1, P2 et P3, en utilisant les entreprises E1, E2 et E3. Les entreprises E3 et E4 travaillent simultanément pour CL1 et CL2. CL2 crée le produit P4 à l'aide des entreprises E3 et E4. Il est possible de traduire cette situation avec la représentation par les complexes (figure 23). [Blanc 06]

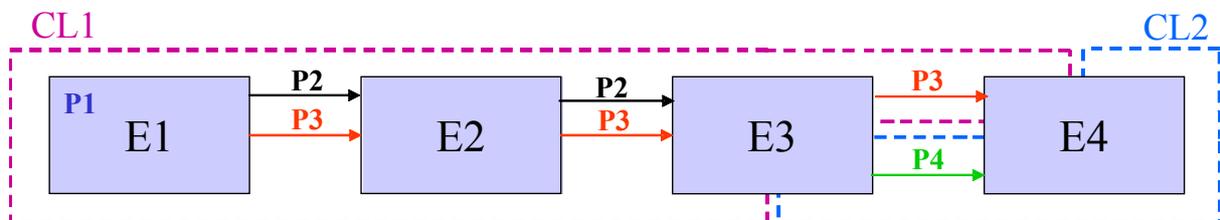


Figure 22. Exemple de chaîne logistique multiple

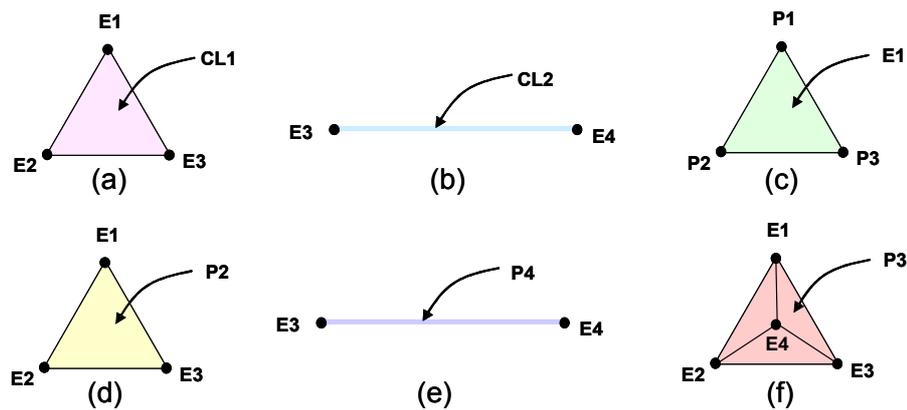


Figure 23. Représentation sous forme de complexe

L'avantage principal de cette représentation est de permettre une vue synthétique de la partie de la chaîne logistique que l'on étudie. En effet, dans le but d'identifier rapidement les relations entre plusieurs entités, il est possible de représenter différents points de vue :

- cas (a) : *réseau*, la chaîne logistique CL1 est composée par les entreprises E1, E2 et E3;
- cas (b) : *réseau*, la chaîne logistique CL2 est composée par les entreprises E3 et E4;
- cas (c) : *entreprise*, l'entreprise E1 fabrique les produits P1, P2 et P3;
- cas (d) : *produit*, le produit P2 est fabriqué par les entreprises E1, E2 et E3;
- cas (e) : *produit*, le produit P4 est fabriqué par les entreprises E3 et E4;
- cas (f) : *produit*, le produit P3 est fabriqué par les entreprises E1, E2, E3 et E4.

Cette représentation permet de mettre en évidence les problèmes potentiels d'hétérogénéité par : produit, entreprise, chaîne logistique ou autre. Par exemple, le produit P3 est représenté par un volume entre les quatre points représentant les quatre entreprises E1, E2, E3 et E4. Il est à noter qu'il n'y a aucune limitation dans le nombre de points utilisés sur les figures et qu'il est tout à fait possible de représenter plusieurs produits sur la même figure en utilisant les mêmes points représentant les entreprises, par exemple. [Blanc 06]

IV.1.4 Conclusion

A notre sens, la représentation par les complexes offre un outil adapté à une vision macroscopique des échanges effectués au sein de la chaîne logistique comme par exemple les interactions entre les entreprises de la chaîne logistique.

Cependant, dans un objectif de caractérisation précise de l'interopérabilité, nous avons besoin d'une représentation microscopique des échanges. C'est pourquoi, nous avons choisi d'orienter notre travail sur la théorie des graphes qui nous semble plus adaptée à ce type de représentation.

IV.2 Théorie des graphes

La théorie des graphes semble donc tout à fait appropriée à notre problématique, d'autant plus que nous avons fait le choix d'étudier l'interopérabilité dans le cadre des chaînes logistiques, qui sont des entreprises réseaux. De plus, la représentation par les graphes offre une vue détaillée des échanges effectués au sein de la chaîne logistique. Or, nous avons besoin de connaître précisément la nature et les conditions dans lesquelles se passent ces échanges. Par conséquent, la théorie des graphes s'impose comme un outil incontournable pour la caractérisation de l'interopérabilité.

La théorie des graphes est un outil générique, utilisable dans de nombreux domaines et pour de nombreux problèmes. Cependant, ici, nous nous limiterons à une présentation des principales notions illustrées par des exemples liés aux réseaux de transport.

Dans la suite de cette partie, nous présenterons les principales bases de la théorie des graphes [Gondran 95], [Gross 99].

IV.2.1 Définition élémentaire du graphe

Un graphe est une représentation symbolique d'un réseau. Il s'agit d'une abstraction de la réalité de façon à permettre sa modélisation. La théorie des graphes est principalement utilisée pour les réseaux de transport, c'est pourquoi nous appuierons la présentation de la théorie des graphe sur des exemples liés à ce type de réseaux. En géographie des transports, la plupart des réseaux ont un fondement spatial, mais ceci n'est pas vrai pour

tous les réseaux de transport. Par exemple, il est possible de représenter un système de télécommunication sous forme de réseau bien que son expression spatiale ait une importance limitée et serait difficile à transposer sur un territoire. La majorité des réseaux de transport peuvent être représentés par le biais de la théorie des graphes.

La suite de cette partie se compose d'une série de définitions présentant les principales notions de la théorie des graphes. [Rodrigue 98][Gondran 95][Gross 99]

Graphe

Un graphe G consiste en un ensemble de noeuds v et d'arcs e . Par suite, $G=(v,e)$.

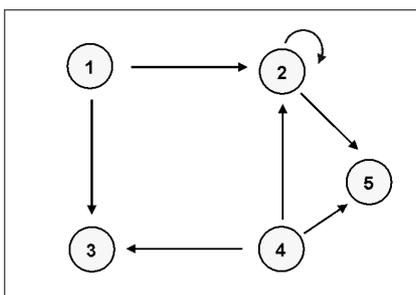
Sommet (Noeud)

Un sommet v est un point d'extrémité ou un point d'intersection d'un graphe. Il s'agit d'une abstraction d'un lieu tel une ville, une division administrative, une intersection routière ou une infrastructure de transfert (stations, terminus, ports et aéroports).

Arc

Un arc orienté e est un lien orienté entre deux sommets. L'arc (i, j) est caractérisé par un sommet initial i et un sommet terminal j . Un arc est une représentation abstraite d'infrastructures de support des déplacements entre deux noeuds. Enfin, un arc possède une direction souvent symbolisée par une flèche.

Ce graphe se définit de façon suivante :



$$G = (v,e)$$

$$v = (1,2,3,4,5)$$

$$e = (1,2), (1,3), (2,2), (2,5), (4,2), (4,3), (4,5)$$

Sous-graphe

Un sous-graphe est un sous-ensemble d'un graphe G où p est le nombre de sous-graphes. A titre d'exemple, $G' = (v',e')$ peut être un sous-graphe distinct de G . Dans le graphe G précédant, $p=1$. Si les arcs $(1,2)$ et $(4,3)$ devaient disparaître, alors p serait égal à $p=2$. A

moins de considérer le système de transport mondial comme formant un tout, chaque réseau de transport est, en théorie, un sous-graphe d'un autre.

Boucle

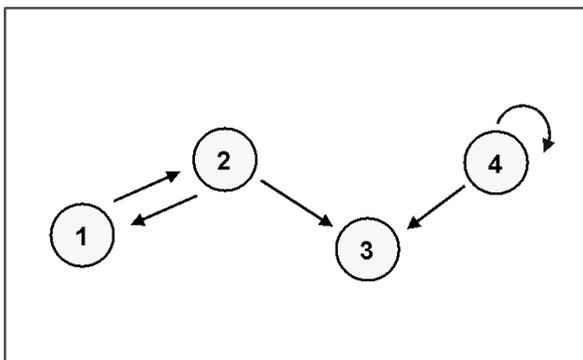
Il y a boucle lorsqu'un arc fait correspondre un même sommet. (2,2) est une boucle.

IV.2.2 Liens et attributs

Un réseau de transport permet la circulation des flux d'individus, de fret ou d'information. La théorie des graphes se doit donc de considérer la possibilité de représenter les mouvements.

Arête

Un groupe de deux sommets tels que chaque sommet fait partie de l'ensemble des correspondants de l'autre sommet. Une arête incarne toute possibilité de mouvement entre deux noeuds, nonobstant la direction. Les arêtes permettent par conséquent de savoir si un endroit peut être atteint.



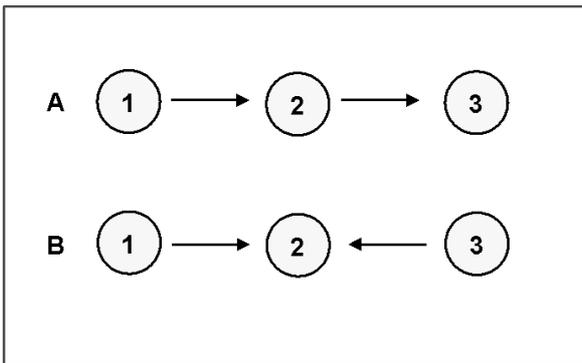
Ce graphe comporte 5 arcs

[(1,2), (2,1), (2,3), (4,3), (4,4)]

et 3 arêtes [(1-2), (2-3), (3-4)].

Chemin

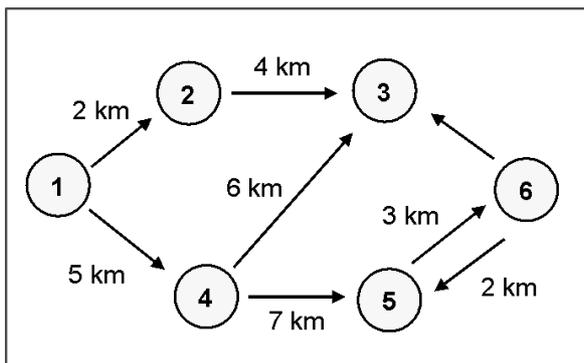
Séquence d'arcs tous parcourus dans le même sens. Pour qu'un chemin relie deux sommets, un déplacement continu suivant une séquence d'arcs doit être possible. L'établissement de chemins est une étape fondamentale dans la mesure d'accessibilité et de flux de trafic au sein d'un réseau.



Sur le graphe A, il y a un chemin entre 1 et 3, tandis que sur le graphe B aucun chemin ne relie 1 et 3.

Longueur d'un arc, d'une arête ou d'un chemin

Il s'agit du nombre associé à un arc, une arête ou un chemin. Ce nombre peut être une distance, un flot, ou tout autre attribut relié à ces éléments. La longueur d'un chemin est le nombre d'arcs (ou d'arêtes) constituant ce chemin.



Sur ce graphe, la longueur de l'arc (2,3) est 4 km et la longueur du chemin 1-6 est 3 (15 km).

Chaîne

Une suite d'arcs telle que chaque arc de la suite a une extrémité en commun avec l'arc précédent. La direction n'a pas d'importance. La séquence d'arcs reliant les sommets 1,2,3 et 6 est une chaîne.

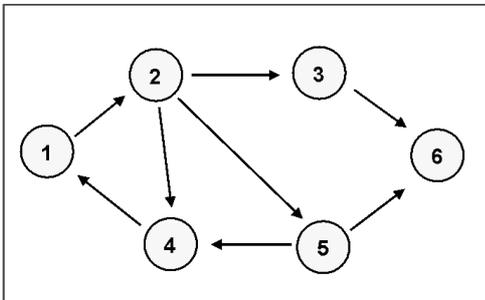
Cycle

Une chaîne dont le sommet initial et terminal coïncide et qui n'emprunte pas le même arc constitue un cycle.

Circuit

Un chemin fini et fermé dont l'extrémité terminale du dernier arc coïncide avec l'extrémité initiale du premier. C'est un cycle dont tous les arcs sont parcourus dans le même sens.

Les cycles revêtent une importance capitale en transport car maints systèmes de distribution utilisent des cycles afin de couvrir le plus de territoire possible en une seule direction.



Sur ce graphe, $(1, 2, 3, 6, 5, 4)$ est un cycle et non un circuit $[(1,2), (2,4), (4,1)]$ est à la fois un cycle et un circuit.

IV.2.3 Propriétés descriptives

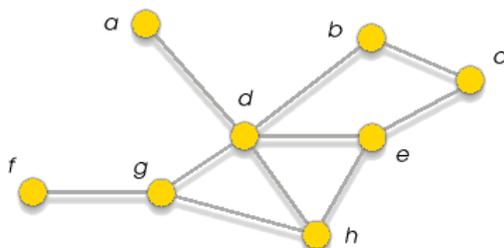
Il existe un ensemble de propriétés pouvant être utilisées afin de décrire les attributs d'un graphe.

Symétrie et asymétrie

Un graphe est symétrique lorsque chaque paire de sommets reliés dans un sens l'est aussi dans l'autre. Par convention, une ligne dépourvue de flèche représente un arc sur lequel un mouvement bidirectionnel est possible. Une majorité des systèmes de transport sont symétriques mais l'asymétrie est aussi possible comme c'est le cas des services aériens et maritimes.

Connexité

Un graphe est dit connexe si pour toute paire de sommets distincts il existe une chaîne les reliant. La direction n'a pas d'importance pour qu'un graphe soit connexe. Si $p > 1$ le graphe n'est pas connexe parce qu'il possède plus qu'un sous-graphe.

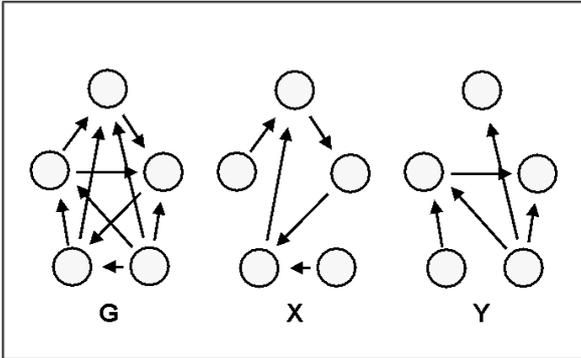


Sur cette figure, le graphe est connexe

Completude (graphe)

Un graphe est complet si deux sommets quelconques sont reliés dans au moins une direction.

Complémentarité



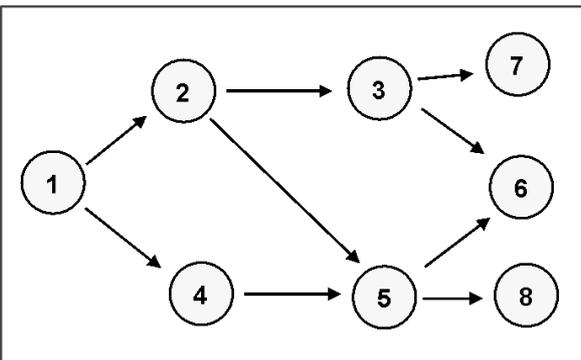
Le graphe G est construit par l'union des graphes X et Y. Par conséquent, Y est le graphe complémentaire de G qui permet d'obtenir X.

IV.2.4 Propriétés structurelles élémentaires

L'organisation des sommets et des arcs dans un graphe débouche sur une structure à propriétés descriptibles.

Racine

Un sommet r tel que tout autre sommet du graphe est à l'extrémité d'un chemin issu de r . La direction doit nécessairement être prise en compte. Une racine se veut généralement être le point d'origine d'un système de distribution.

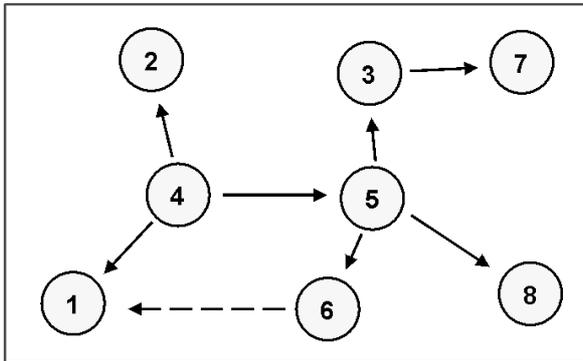


1 est la seule racine de ce graphe.

Arbre et arborescence

Graphe connexe sans cycle. Un arbre a autant d'arcs que de sommets moins un ($e=v-1$). Si un arc devait être supprimé, il cesserait d'être connexe. Si un nouvel arc devait relier deux sommets, un cycle serait créé. Une arborescence de racine r est un arbre dans lequel aucun

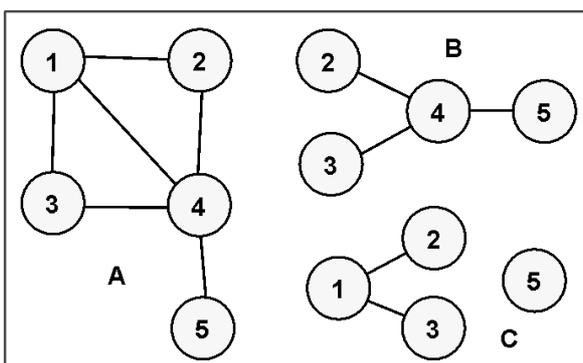
arc ne se termine en r et un arc et un seul se termine en tout sommet différent de r .



Sans l'arc (6,1) ce graphe est un arbre. De plus, il s'agit d'une arborescence de racine (r) 4.

Point d'articulation

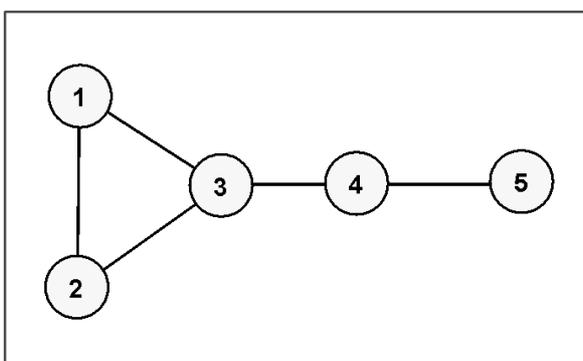
Dans un graphe connexe, un sommet est dit d'articulation si le sous-graphe obtenu en le supprimant n'est pas connexe. Il contient, par voie de conséquence, plus d'un sous-graphe ($p > 1$). Un noeud d'articulation est généralement un port ou une aéro-gare.



En supprimant le sommet 1 du graphe A, on obtient le graphe B, qui est connexe. 1 n'est donc pas un point d'articulation. En supprimant le sommet 4 du graphe A, le résultat est un graphe non-connexe C où $p=2$. Le sommet 4 est ainsi un point d'articulation du graphe A.

Isthme

Dans un graphe connexe un isthme est une arête dont la suppression crée deux sous-graphes ayant chacune au moins une arête.



Sur ce graphe, l'arc (3,4) représente un isthme.

IV.3 Caractérisation de l'interopérabilité par les barrières et niveaux

Le réseaux d'excellence INTEROP (Interoperability Research for Networked Enterprises Applications and Software) est soutenu par la commission européenne. L'objectif principal d'INTEROP est de créer les conditions permettant de mettre en place une recherche innovante et compétitive dans le domaine de l'interopérabilité des logiciels et applications d'entreprise au niveau européen.

Dans le cadre de ce réseau, un outil de caractérisation de l'interopérabilité a été développé [INTEROP 05]. Cet outil se résume sous la forme d'un tableau (tableau 4) :

Barrières Niveaux	CONCEPTUELLE	TECHNOLOGIQUE	ORGANISATIONNELLE
AFFAIRES			
PROCESSUS			
SERVICES			
DONNEES			

Tableau 4. Outils de représentation de l'interopérabilité

L'intersection entre une catégorie barrière (ligne) et une catégorie niveau (colonne) constitue un sous-domaine. Ainsi, INTEROP définit le domaine de recherche de l'interopérabilité par l'ensemble des sous-domaines qui le composent. Ce tableau peut être employé pour classer la connaissance par catégorie d'interopérabilité. Un « élément » de connaissance est considéré comme approprié pour développer l'interopérabilité s'il contribue à lever au moins une barrière à un niveau.

IV.3.1 Les barrières d'interopérabilité

Le terme « barrière » exprime une « incompatibilité » concernant particulièrement tout ce qui obstrue le partage d'information et empêche des échanges entre services. Trois catégories de barrières (conceptuelles, technologiques et d'organisationnelles) ont été définies comme suit :

- *Les barrières à caractère conceptuel* qui sont liées aux différences syntaxiques et sémantiques des informations à échanger. Ces problèmes concernent aussi bien la modélisation à un niveau élevé d'abstraction qu'au niveau de la programmation.
- *Les barrières à caractère technologique* concernent l'incompatibilité des technologies de l'information (architecture et plateformes, infrastructure...). Ces problèmes concernent les normes employées pour présenter, stocker, échanger, traiter et communiquer les données grâce à l'utilisation d'un ordinateur. Les barrières typiques sont celles que vous pouvez rencontrer lorsqu'un logiciel dédié à un ordinateur de type PC doit interopérer avec un logiciel dédié aux ordinateurs de type Macintosh.
- *Les barrières à caractère organisationnel* sont liées à la définition de la responsabilité et de l'autorité de chacun de sorte que l'interopérabilité puisse avoir lieu dans de bonnes conditions.

IV.3.2 Les niveaux d'interopérabilité

Cinq niveaux d'interopérabilité ont pu être identifiés :

- *L'interopérabilité de communication* : elle est principalement reliée à l'interconnexion des systèmes et des équipements aussi bien qu'aux moyens de communication. De ce point de vue, elle concerne les protocoles de communication et l'interface. L'interopérabilité des communications est généralement considérée comme déjà réalisée, par conséquent, elle n'apparaît pas dans le tableau 4.
- *L'interopérabilité des données* : elle se réfère aux différents modèles de données (hiérarchique, apparenté, etc.) de travail collaboratif et aux différents langages de

requêtes. D'ailleurs, leur contenu est organisé selon des schémas conceptuels (c.-à-d. des vocabulaires et des ensembles de structures de données) qui sont liés aux applications particulières.

- *L'interopérabilité des services* : elle permet d'identifier, de composer et de créer des fonctions communes à diverses applications (conçues et mises en application indépendamment) en résolvant les différences syntaxiques et sémantiques ainsi qu'en trouvant les points de raccordements des diverses bases de données hétérogènes. Le terme « service » n'est pas limité aux applications informatiques, il peut être également utilisé pour une entreprise ou des entreprises gérées en réseau.
- *L'interopérabilité des processus* : elle vise à faire travailler ensemble divers processus : un processus définit l'ordre des services (fonctions) selon un besoin spécifique de l'entreprise. Généralement, dans une entreprise, plusieurs processus fonctionnent en interaction (en série ou parallèle). Dans le cas de l'entreprise gérée en réseau, il est également nécessaire d'étudier comment relier des processus internes de deux entreprises pour créer un processus commun.
- *L'interopérabilité des affaires* : Elles se rapportent au travail d'harmonisation aux niveaux de l'organisation globale des entreprises malgré, par exemple, les différents modes de la prise de décision, les méthodes de travail, les législations, la culture de l'entreprise et l'approche publicitaire etc. de sorte que des affaires puissent être développées et partagées entre les entreprises.

IV.4 Conclusion

Cette partie présente des outils permettant de caractériser l'interopérabilité : l'hétérogénéité sémantique, la théorie des graphes et la représentation sous forme de tableau des niveaux et des barrières de l'interopérabilité.

Il est aisé d'établir un parallèle entre le domaine l'hétérogénéité sémantique et celui de l'organisation des entreprises en appliquant certains outils de représentation à des exemples de notre domaine. Ainsi, la représentation par les complexes permet de représenter une vue synthétique de la partie de la chaîne logistique que l'on étudie et la

représentation par les graphes permet d'obtenir facilement une vue détaillée des communications entre les personnes, ou toutes autres ressources selon ce que l'on souhaite. Cette dernière représentation nous semble particulièrement adaptée à la caractérisation de l'interopérabilité car elle permet d'obtenir une vue à la fois simple et détaillée des échanges effectués au sein de la chaîne logistique.

La théorie des graphes fournit non seulement une représentation graphique adaptée, mais également des outils mathématiques permettant la vérification automatique de règles appliquées directement sur les graphes. Ces règles seront développées au chapitre 3.

Enfin, la caractérisation de l'interopérabilité sous forme de tableau permet une vision synthétique des problèmes d'interopérabilité.

V La mesure de performance

Dans le chapitre précédent, nous avons expliqué que nous nous plaçons dans un contexte de chaîne logistique et que dans ce contexte il était important de s'intéresser à la problématique de l'interopérabilité. Nous avons également montré que l'interopérabilité peut être considérée comme une performance de l'entreprise. A ce titre, nous présenterons dans cette partie, des systèmes de mesure de performance classés selon trois thèmes :

- les systèmes dédiés à la chaîne logistique : car il s'agit du contexte de notre problématique,
- ceux comportant une gestion de l'évolution : car les entreprises ont besoin d'évoluer pour améliorer leur interopérabilité,
- ceux comportant une méthode de conception et d'implantation : car nous avons besoin d'un cadre méthodologique pour concevoir un système d'indicateurs de performance cohérent avec nos objectifs et pour implanter ce système au sein des entreprises.

V.1 Structure pour l'évaluation de la performance

En se référant à la littérature existante, nous pouvons constater que la mesure de performance est généralement classée selon les niveaux stratégique, tactique et opérationnel [Gunasekaran 01]. Le tableau 5 montre une structure pour l'évaluation de performance dans la chaîne logistique [Theppitak 03].

Niveau	Indicateurs de performance	financiers	Non-financiers
Stratégique	Coût total du temps de flux		•
	Taux de retour sur investissement	•	
	Flexibilité permettant de répondre aux besoins spécifiques des clients		•
	Délai de livraison		•

Niveau	Indicateurs de performance	financiers	Non-financiers
	Temps de cycle total		•
	Niveau de partenariat client fournisseur	•	
	Temps d'attente du client		•
Tactique	étendue de la coopération pour l'amélioration de la qualité		•
	Coût total de transport	•	
	Exactitude des méthodes de prévision des ventes		•
	Temps de cycle de développement produit		•
Opérationnel	Coût de fabrication	•	
	Capacité d'utilisation des ressources		•
	Coût de transport de l'information	•	
	Coût de transport des marchandises	•	

Tableau 5. Une structure pour l'évaluation de performance de la chaîne logistique [Gunasekaran 01]

V.2 Distinction entre système de mesure de performance traditionnel et moderne

Le tableau 6 montre qu'il est possible de distinguer deux types de mesure de performance : la mesure de performance traditionnelle axée sur le contrôle de gestion et la mesure de performance moderne axée sur des mesures non-financières. La mesure de performance traditionnelle basée sur le contrôle de gestion, telles que le retour sur l'investissement, n'est plus appropriée ou représentative des besoins du marché mondial en matière de transport de l'information [Ghalayini 96]. Pour obtenir l'avantage

concurrentiel, les entreprises modernes ont changé leurs priorités stratégiques du contrôle de gestion à la mesure de performance alternative qui se concentre sur les mesures telles que la qualité, la flexibilité, et le délai. Dans le tableau 6, [Ghalayini 96] présente une comparaison entre la mesure de performance traditionnelle et moderne.

Mesure de performance classique	Mesure de performance moderne
1. Basée sur le bilan comptable de l'année précédente	1. Basée sur la stratégie de l'entreprise
2. Principalement des mesures financières	2. Principalement des mesures non-financières
3. Destinées aux directeurs	3. Destinées à tout le personnel
4. Mesures hebdomadaires ou mensuelles	4. Mesures en temps-réel (horaires ou journalières)
5. Mène à la frustration des employés	5. Simples, précises et faciles à utiliser
6. Néglige l'ouvrier	6. Sert fréquemment à l'ouvrier
7. A un format fixe	7. N'a pas de format fixe
8. Ne varie pas entre deux sites	8. Varie entre deux sites
9. Ne varie pas dans le temps	9. Change au cours du temps selon les besoins
10. Destiné principalement au contrôle de la performance	10. Destiné à améliorer la performance
11. Pas applicable dans de nombreux domaines (par exemple : architecture informatique)	11. Applicable dans de nombreux domaines
12. Gène l'amélioration continue	12. Contribue à la réalisation de l'amélioration continue.

*Tableau 6. Comparaison entre mesure de performance traditionnelle et non traditionnelle
[Ghalayini 96]*

V.3 Les principaux outils d'évaluation de performance

Dans un souci de synthèse, nous nous limiterons, ici, aux apports les plus récents en matière d'évaluation de performance, nous retiendrons :

- l'Activity Based Costing / Management (ABC/ABM) qui consiste à obtenir le coût réel et la valeur ajoutée d'une activité donnée afin d'améliorer l'utilisation des ressources associées [Ravignon 98];
- le Balanced Scorecard (BSC) qui met en avant la nécessité de baser l'évaluation de performance sur l'utilisation de variables d'action (autrement appelées déterminant de la performance) et non sur la simple mesure des résultats [Kaplan 96], [Kaplan 01];
- le modèle SCOR, présenté dans la deuxième partie de ce chapitre, qui développe une boîte à outil d'indicateurs de performance pour le pilotage des chaînes logistiques [SCOR 05];
- la méthode ECOGRAI, détaillée par la suite, qui apporte une démarche de définition d'indicateurs cohérents à partir de la définition des objectifs et variables de décision [Ducq 05];
- le triplet Efficacité / Efficience / Pertinence qui offre des axes d'analyse en fonction de l'expression des moyens, consignes et résultats d'une organisation [Bescos 95], [Burlat 03] :
 - efficacité : obtention des résultats par rapport à ceux attendus,
 - efficience : moyens utilisés par rapport aux résultats escomptés,
 - pertinence : adéquation des moyens avec les objectifs de réalisation espérés.

Par la suite, nous ne présenterons que les méthodes permettant d'apporter une réponse à notre problématique.

V.4 Les approches de mesure de performance dédiés à la chaîne logistique

V.4.1 Mesure et dimensions de la performance logistique : deux points de vue

V.4.1.1 Point de vue fabrication

La littérature fait de nombreuses propositions quant aux différentes catégories de mesure de performance. Nous avons choisis de retenir le point de vue de [Theppitak 03] qui propose que le processus de fabrication et les dimensions principales de la performance en fabrication puissent être définis en termes de qualité, délai de livraison, fiabilité de la livraison, coût et flexibilité. Cependant, en dépit de cette affirmation, la confusion existe toujours en ce qui concerne la signification réelle de ces termes génériques. [Wheelwright 84] emploie la *flexibilité* dans le contexte des volumes variables de production, mais [Tunalv 92] l'emploie pour se rapporter à la capacité de l'entreprise à introduire de nouveaux produits rapidement.

Il serait cependant extrêmement fastidieux de passer en revue toutes les mesures de performance possibles. Par conséquent, seulement une sélection des mesures les plus importantes concernant la qualité, le délai, le coût et la flexibilité sera présentée dans le tableau 7.

<u>Qualité</u>	<u>Délai</u>	<u>Flexibilité</u>
Q1 : Performance	D1 : Délai de fabrication	F1 : Qualité matérielle
Q2 : Dispositif	D2 : Cadence de production	F2 : Qualité de production
Q3 : Fiabilité	D3 : Délai de livraison	F3 : Nouveau produit
Q4 : Conformité	D4 : Performance à l'échéance	F4 : Produit modifié
Q5 : Longévité technique	D5 : Fréquence de livraison	F5 : Livraison
Q6 : Utilité		F6 : Volume
Q7 : Esthétique		F7 : Préparation
Q8 : Qualité perçue		F8 : Ressources
Q9 : Humanité		
Q10 : Valeur		
	<u>Coût</u>	
	C1 : Coût de fabrication	
	C2 : Valeur ajoutée	
	C3 : Prix de vente	
	C4 : Coût de fonctionnement	
	C5 : Coût de transport	

Tableau 7. Les dimensions de la qualité, du délai, du coût et de la flexibilité

Mesures de performance concernant la qualité. Traditionnellement la qualité est définie en termes de conformité aux spécifications et, par conséquent, les mesures basées sur la qualité se sont concentrées sur des questions telles que le nombre de défauts et le coût de qualité. [Feigenbaum 61] était le premier à proposer que le coût réel de la qualité soit une fonction des coûts de mesure préventive, d'évaluation et d'échec. [Campanella 83] propose les définitions suivantes comme définitions de ces trois types de coût :

- les **coûts de prévention** sont des coûts dépensés dans le but d'empêcher des anomalies (coûts du plan de qualité ou du programme de formation);
- les **coûts d'évaluation** sont des coûts dépensés dans l'évaluation de la qualité du produit et dans la détection des anomalies (coût de l'inspection ou de l'essai);
- les **coûts de non qualité** sont des coûts dépensés en raison des anomalies, et sont habituellement divisés en deux types :
 - Les **coûts internes de non qualité** sont des coûts résultant des anomalies identifiées avant la livraison du produit au client tel que des coûts de reprise ou de casse.
 - Les **coûts externes de non qualité** sont des coûts résultant des anomalies identifiées après la livraison du produit au client, tel que des coûts liés au traitement des plaintes du client.

Mesures de performance concernant le délai. La littérature fait apparaître que la stratégie commerciale et la mesure de performance impliquent que le délai soit une nouvelle métrique stratégique. L'importance du délai, selon [Stalk 88] [Stalk 90], peut être justifiée par les arguments suivants : la mesure, le contrôle et la réduction des délais augmentent la qualité, réduisent des coûts, améliorent la réponse aux commandes du client, augmentent les livraisons, augmentent la productivité, réduisent des risques puisque la dépendance dans les prévisions est réduite, augmentent la part de marché et augmentent des bénéfices.

Mesures de performance concernant le coût. En raison des critiques formulées à l'encontre de la gestion traditionnelle des coûts, [Cooper 88a] [Cooper 88b] [Cooper 89a] [Cooper 89b] a développé une approche appelée : Activity Based Costing (ABC). Cette méthode

permet de comprendre la formation des coûts et les causes de leurs variations. Ainsi désormais on prend conscience au sein de l'organisation que les produits consomment des activités et que les activités consomment des ressources. La méthode ABC permet donc d'identifier un inducteur de coût par opération. Cela revient à pouvoir affecter directement l'ensemble des charges à un produit. Il ne s'agit donc pas de calculer un coût mais de le piloter.

Mesures de performance liées à la flexibilité. [Slack 83] identifie la *gamme*, le *coût* et le *décal* comme étant des dimensions de la flexibilité, bien qu'il modifie plus tard ce modèle afin qu'il inclue uniquement la *gamme* et les *réponses*, où la *gamme* se rapporte à la façon dont le système de fabrication peut changer et les *réponses* se rapportent à la façon dont le système de fabrication peut changer rapidement et à faible coût [Slack 87].

V.4.1.2 Point de vue logistique

[Eymery 98] à un point de vue différent de celui de [Theppitak 03] car il identifie le service aux clients, les délais, les stocks et les coûts logistiques comme représentant les dimensions de la performance logistique.

Le service aux clients. Le contrat avec le client est une promesse qu'il est vital d'honorer convenablement pour l'image de l'entreprise fournisseur. Livrer dans les conditions prévues en fonction de la demande est la première des caractéristiques de la qualité logistique. En effet un client peut être très fortement pénalisé s'il n'a pas les produits attendus dans les délais annoncés. Le taux de service est l'indicateur qui mesure la proportion des produits livrés à temps par rapport à tous ceux que les clients ont demandés à une date donnée.

Cet indicateur peut se décliner tout au long de la chaîne logistique chacun ayant des fournisseurs et des clients avec qui les relations de livraison peuvent se mesurer par des taux de service.

Les délais. Les clients n'attendent pas seulement un produit de qualité, avec un coût intéressant en proportion de sa valeur perçue, mais aussi un délai. Suivant les produits, les secteurs industriels et commerciaux, suivant aussi les cultures et les pays, cette dimension

du délai peut prendre une part prépondérante dans le choix qu'un client fait de son fournisseur.

- Le *temps de réactivité* (ou *temps de réponse*) correspond au délai entre la demande de livraison et la livraison réelle.
- Le *temps d'écoulement* représente quant à lui le temps de traversée des produits (physiques) du point d'entrée au point de sortie d'un site. Il caractérise l'aptitude du système industriel et logistique à servir rapidement une demande sans recours à des stocks intermédiaires.
- Le *délai de mise sur le marché* est quant à lui vital pour les produits nouveaux ou fortement évolutifs (informatique, pharmacie...).

Les stocks. Ils sont là pour assurer la disponibilité des produits que l'on veut vendre, et permettre un bon service au client malgré des temps de production interne longs ou peu fiables. Mais ils présentent de graves inconvénients : ils sont à l'origine de coûts importants et, de plus, ont des « effets secondaires » ennuyeux : ils rendent plus compliquée la gestion, moins directe la détection des problèmes de qualité... Ils constituent vite une mauvaise habitude dont on ne peut plus se passer.

On sous-estime souvent le véritable coût des stocks, le coût financier tout d'abord, pour lequel il convient de prendre un taux d'actualisation habituellement supérieur à un simple taux d'intérêt bancaire, puis un ensemble d'autres coûts liés aux stocks :

- le coût des surfaces, des bâtiments utilisés pour le stockage et l'entretien de ces bâtiments, le gardiennage;
- les équipements divers pour le stockage et la manutention associée : rayonnages, chariots élévateurs, emballages;
- la main-d'œuvre de manutention des stocks;
- les frais de gestion administrative : saisie des mouvements, informatique, inventaires, temps de recherche des produits;

- risques de vieillissement, de détérioration pendant le stockage ou les manutentions associées, risque d'obsolescence, risques couverts par les assurances (le montant des primes peut être lié à la valeur des stocks), impôts;
- risques liés au retard de détection des problèmes qualité (coût de tri et de début des stocks).

Les coûts logistiques. La logistique a un impact sur certains postes de coûts très significatifs, si bien qu'il n'est pas rare que dans une entreprise les coûts logistiques soient estimés de 8 à 15 % du chiffre d'affaires.

Les coûts de transport représentent généralement un poste significatif de coût logistique. Suivre un indicateur à ce sujet est important : le pourcentage des coûts de transport par rapport au chiffre d'affaire a naturellement l'intérêt de rapporter les coûts de transport en proportion du niveau de l'activité.

Les coûts de manutention incluent :

- les coûts de main-d'œuvre de manutention;
- les coûts des équipements, des investissements et de la maintenance.

Les coûts de conditionnement des produits intègrent les frais de mise en palette, les films de protection, les cartons, les emballages.

Il est également intéressant de suivre de manière analogue **les coûts administratifs** de gestion de la chaîne logistique : agents de planning, administration des ventes, gestion des informations des systèmes associés, etc.

Les coûts induits par les défaillances logistiques : productivité et capacité diminuées en fabrication à cause de problèmes d'approvisionnement, temps passé à résoudre des problèmes divers, à répondre à des clients impatients de ne pas recevoir leurs commandes, pertes de ventes ou de marges liées à un service médiocre, etc.

V.4.2 Méthodologie de développement d'un système de mesure de performance pour les entreprises réseau

Cette méthodologie a été initialement développée pour des entreprises virtuelles. Cependant, elle peut tout aussi bien être appliquée à des entreprises collaboratives (ou chaîne logistique) sans modification de la démarche puisque la seule différence entre ces deux types d'entreprises est la durée de la collaboration qui est plus courte dans le cas des entreprises virtuelles que dans le cas des entreprises collaboratives. De plus, la mesure de performance est autant importante pour ces deux types d'entreprises.

V.4.2.1 Système de mesure de performance pour les entreprises virtuelles

Une entreprise virtuelle est une entreprise attentive c'est à dire que le moindre changement dans l'environnement interne ou externe de celle-ci doit se refléter aussi vite que possible dans ses objectifs et ses actions sachant que les activités de toutes les composantes contribuent à l'atteinte de l'objectif global [Chalmeta 05]. Dans ce cadre, le système de mesure de performance est un outil fondamental pour atteindre un haut degré d'intégration. Il permet de mesurer et d'évaluer la performance de l'entreprise par rapport à ses objectifs, mais également, d'être une aide à la prise de décision et à la conception du plan d'action. La figure 24 montre la position du système d'indicateurs de performance à l'intérieur d'un projet d'intégration d'entreprise virtuelle [Chalmeta 03].

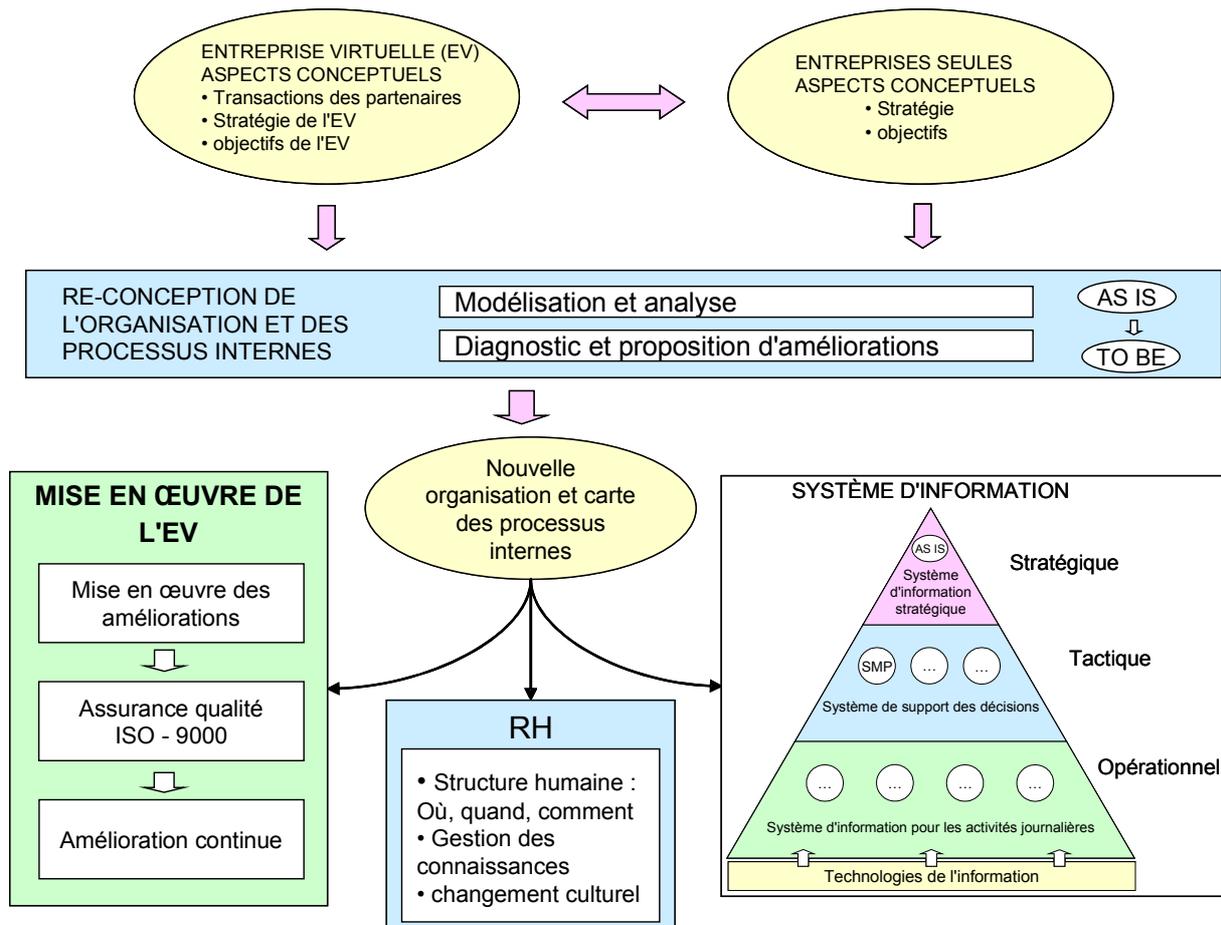


Figure 24. Position du système de mesure de performance dans un projet d'intégration d'entreprise virtuelle

Un système de mesure de performance doit permettre à une entreprise virtuelle de [chalmeta 05] :

- clarifier et faire évoluer la stratégie,
- reconsidérer la situation de chaque entreprise qui la compose et de l'entreprise virtuelle dans sa globalité,
- communiquer la stratégie à travers toute l'entreprise virtuelle,
- aligner les entreprises, leurs composantes et leurs objectifs individuels avec la stratégie de l'entreprise virtuelle,
- lier les objectifs aux cibles à long terme et aux budgets annuels,

- fournir des rapport périodiques sur la performance afin de connaître et d'améliorer la stratégie.

V.4.2.2 Méthodologie de développement d'un système de mesure de performance

Une méthodologie doit permettre aux dirigeants de développer un système de mesure de performance d'entreprise virtuelle et d'aider la prise de décision à différents niveaux [Kaplan 00]. Cependant, cette définition n'est pas totalement satisfaisante vis-à-vis des particularités de l'entreprise virtuelle. Dans le tableau 8, [Kaplan 00] montre les principales différences entre une entreprise seule et une entreprise virtuelle.

	Entreprise traditionnelle	Entreprise virtuelle
Concept	Rentabilité immédiate Statique Ensemble de fonctions (achat, fabrication, etc.) et de ressources (personnel, machine, etc.)	Rentabilité future Dynamique Ajout des processus et capacités
Ressources	Localisées	Adaptées selon les compétences
Temps	Séquentiel	Parallèle
Technologie de l'information	Partage complet informatique et papier flux de données	Partage informatique incomplet Communication interpersonnel et accès aux informations
Savoirs :		
Comportement	Connaissance	Partage et codification
Conviction	Je suis responsable des savoirs	Mes savoirs augmentent grâce au flux d'information et mon entreprise bénéficie de mes savoirs
Valeur	Amour-propre	Respect et confiance
Infrastructure :		
Physique	Juste à temps	Manque de dépendance sur le process qui ne peut pas être mesuré pour des raisons physiques ou de temps

	Entreprise traditionnelle	Entreprise virtuelle
Explicite	Organisation plate	Responsabilité distribuée pour le traitement des plaintes et la recherche des améliorations
Culturelle	Investissement et motivation des effectifs	La direction est attentive aux comportements humains, à la dynamique de groupe, et à la motivation des individus/équipes. La synergie des processus accroît la diversité de la culture d'entreprise....

Tableau 8. Principales différences entre l'entreprise traditionnelle et l'entreprise virtuelle
[Kaplan 00]

La méthodologie développée par [chalmeta 05] (figure 25) prend en compte tous les aspects de l'entreprise virtuelle. La première étape commence au niveau stratégique lorsque les dirigeants des différentes entreprises concernées conçoivent l'entreprise virtuelle. Ils traversent alors le cycle itératif qui contient les activités suivantes :

- définition des objectifs stratégiques de l'entreprise virtuelle,
- traduction de ces objectifs en plan d'action,
- sélection des indicateurs stratégiques et mise en oeuvre des relations à travers eux.

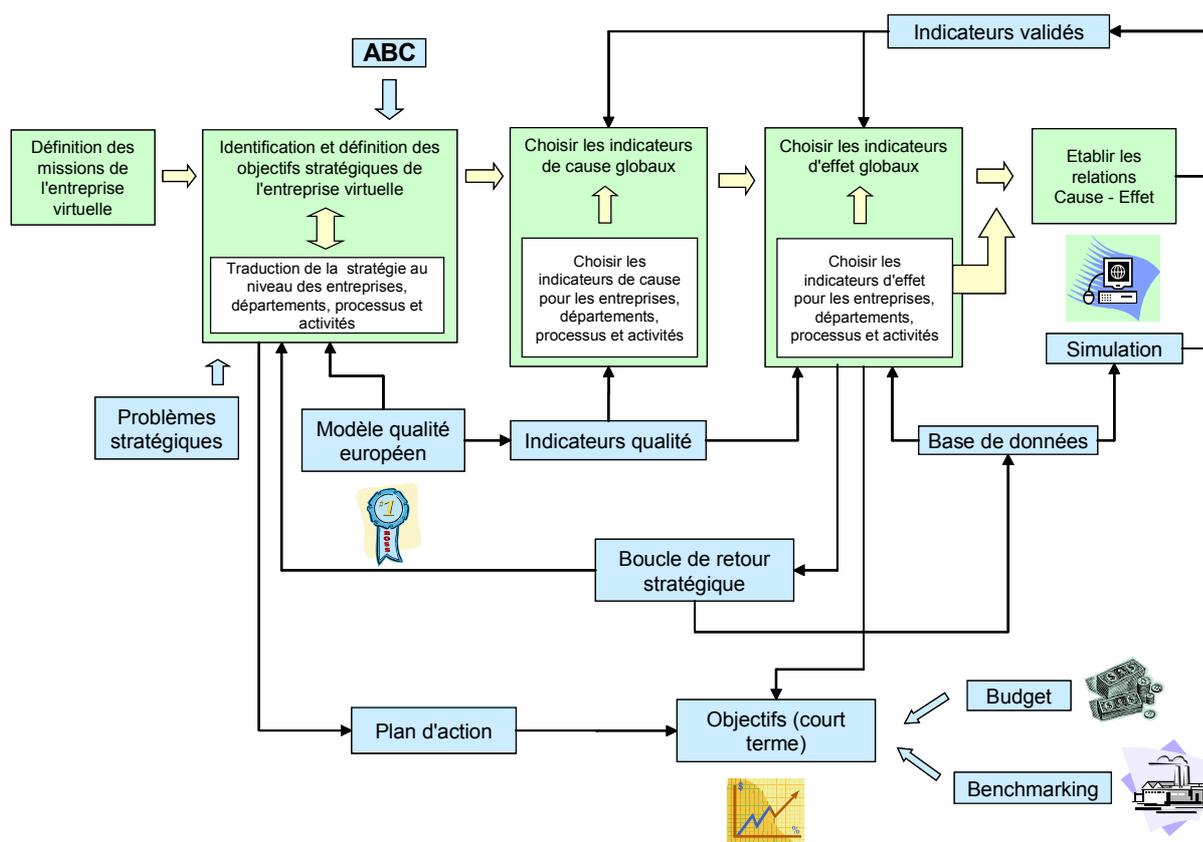


Figure 25. Méthodologie de développement d'un système de mesure de performance

L'étape suivante consiste à transformer les objectifs et les indicateurs du niveau stratégique en objectifs et indicateurs de niveau inférieur identifiant la performance et le degré d'intégration réalisés au sein de l'entreprise virtuelle en prenant en compte les différentes perspectives, niveaux de décision et organisations. L'identification et l'organisation des objectifs et des indicateurs dépend de chaque type d'entreprise virtuelle. Cependant, les aspects suivants doivent être analysés et évalués :

- les mécanismes pour l'organisation et la coordination de toutes les entreprises impliquées dans l'entreprise virtuelle dans le but de :
 - développer un plan d'action spécifique et des activités complémentaires,
 - d'identifier les changements organisationnels qui encouragent les opérations complémentaires et le transfert de connaissance;
- les méthodes de travail dans les processus inter-organisationnels critiques;

- les infrastructures technologiques qui permettent l'automatisation des flux d'information des processus inter-organisationnels;
- les techniques de communication pour réduire les différences qui existent entre les différentes entreprises;
- les relations entre les personnes des différentes entreprises pour le partage de l'information, l'échange technologique et la part prise dans les groupes de travail collectif.

Une fois que les objectifs et les indicateurs pour contrôler l'entreprise virtuelle sont définis, les étapes précédentes doivent être appliquées à chaque entreprise qui la composent. Les objectifs et les indicateurs à définir dépendent de chaque type d'entreprise, mais ils doivent être conformes à ceux précédemment établis pour la gestion de l'entreprise virtuelle. Par conséquent, le système de mesure de performance permettra aux dirigeants de s'assurer que tous les niveaux de l'entreprise virtuelle intègrent la stratégie à long terme et que tous (les différentes entreprises, les départements et les objectifs locaux) sont alignés avec elle.

Le dernier point de la méthodologie est la révision des processus de l'entreprise virtuelle et de ceux des différentes entreprises individuellement. Par conséquent, le système de mesure de performance ne doit pas simplement être considéré comme un moyen pour obtenir un ensemble d'indicateurs mais comme un mécanisme permettant d'améliorer l'efficacité et la compétitivité de l'entreprise virtuelle.

V.4.3 Méthodologie pour la définition de systèmes d'indicateurs de performance pour le pilotage de la chaîne logistique

[Lauras 04] propose une méthodologie pour la définition de système d'indicateurs de performance fonction de ses **Déterminants** et des points de vue **Efficacité, Efficience** et **Pertinence** (DEEP). DEEP peut être formalisée en six phases :

1. établissement d'un modèle de décision sur la base de la méthodologie GRAI : il s'agit de préciser au travers de cette formulation, les différents centres de décision existant dans le système étudié, et d'associer à chacun d'eux les déterminants de la

- performance. Cette modélisation permet également de préciser pour chaque centre de décision les éléments temporels à considérer dans la définition des indicateurs (périodicité minimale de mesure et portée minimale des projections).
2. pour un horizon décisionnel, définition du modèle des processus qui couvre le périmètre fonctionnel du système coopératif (correspond à la vue du système pour une ligne de la grille GRAI élaboré en phase 1). Restituer l'ensemble de centres de décision sur les activités qui composent ces processus. Il s'agit de préciser la vision de chaque centre de décision sur les activités réalisées par sa fonction, mais aussi les interactions existantes entre les activités. Cette étape s'appuie sur la méthodologie SADT/IDEF0 et fait donc apparaître les fonctions réalisées, les ressources et les entrées utilisées, les consignes assignées et les sorties produites. A chaque niveau décisionnel, par construction, la définition des processus s'affine (les activités vues à un niveau supérieur) tout en conservant une cohérence globale.
 3. Substitution des fonctions réalisées, par chacune des activités, par les déterminants de la performance définis à partir du modèle GRAI. Cette étape consiste à propager, pour chaque horizon, les variables de décision sur le modèle de processus réalisé. Elle met alors en évidence, pour chaque activité, la totalité des éléments de référence utiles à la définition des indicateurs de performance et des points de vue.
 4. Définition par les utilisateurs concernés, et sur la base des modèles précédemment réalisés, des indicateurs de performance (résultats et variables de décision), et des trois points de vue. L'utilisation de formulations standards issues d'experts de terrain ou de bonnes pratiques est ici préconisée.
 5. Implémentation des différents tableaux de bord ainsi constitués dans les systèmes d'information existants.
 6. Pilotage de l'intégration de la chaîne logistique par la mesure de performance : utilisation des portefeuilles d'indicateurs ainsi constitués pour conduire des actions d'amélioration continue du système logistique et notamment des ententes qui les constituent. Ceci peut conduire à redéfinir les responsabilités, les processus ou les

leviers d'action.

V.5 La gestion de l'évolution dans les systèmes de mesure de performance

En dépit du temps et des efforts déployés pour re-concevoir les systèmes de mesure, il est évident que les entreprises élaborent en permanence de nouveaux systèmes de mesure pour s'assurer qu'ils continuent à refléter le contexte organisationnel même si celui-ci change. Les entreprises mettent en oeuvre de nouvelles mesures pour refléter de nouvelles priorités sans éliminer les mesures reflétant d'anciennes priorités devenues obsolètes [Meyer 94]. Par conséquent, les entreprises se retrouvent noyées sous les données [Neely 00]. C'est pourquoi, [Kennerley 03] propose une méthode empirique composée de deux phases distinctes. La phase 1 permet de répondre à la première question : « quels facteurs affectent, facilitent et empêchent la manière dont le système de mesure change au cours du temps ? ». Cette phase est détaillée dans les travaux de [Kennerley 02], et les résultats sont résumés ici. Cette phase fournit le contexte de la deuxième phase qui répond à la deuxième question : « Comment les entreprises peuvent-elles gérer leurs systèmes de mesure de sorte qu'ils demeurent continuellement appropriés ? ».

V.5.1 Phase 1 : identification des facteurs affectant l'évolution des systèmes de mesure de performance

Dans chaque entreprise étudiée, un ensemble de barrières qui nuisent à l'évolution des systèmes de mesure de performance ont été identifiées ainsi que différentes approches permettant de surmonter ces barrières. Le tableau 9 illustre les facteurs qui permettent l'évolution des systèmes de mesure de performance. C'est l'existence de ces facteurs qui rend l'évolution d'un système de mesure de performance possible.

Processus	Système	Personnel	Culture
Processus régulier de révision des mesures avec prédétermination des dates de révision et allocation de ressources	Maintenance des capacités de développement des technologies de l'information	Disponibilité des ressources dédiées pour faciliter les révisions et les modifications des mesures	Culture favorisant la mesure de : <ul style="list-style-type: none"> la gestion des anciens, la conduite de la mesure compréhension de l'avantage de la mesure
Intégration des mesures avec initiatives d'amélioration et formulation de stratégie	Systèmes flexibles de technologie de l'information permettant la modification de la collecte de données, de l'analyse et des outils de rapport	Maintenance des capacités internes de mesure de performance	Acceptation des besoins nécessaires à l'évolution
Gestion des mesures pour garantir une approche cohérente de la continuité	Intégration des technologies de l'information et des ressources et objectifs opérationnels	Disponibilité des qualifications appropriées pour employer efficacement les mesures et pour mesurer les objectifs de performance	Communication efficace des mesures et des problèmes liés aux mesures en utilisant des médias admis
Les processus identifient pro activement des déclenchements internes et externes de changement	Ressources dédiées au développement des systèmes de mesure	Développement d'une communauté d'utilisateurs de mesures pour transférer les bonnes pratiques (e-mail, ...)	Utilisation des mesures incitant des actions et qui reflètent la stratégie et les processus
Disponibilité des mécanismes permettant de transférer les meilleures pratiques	Maximisation de la disponibilité des données, minimisation des rapports		Utilisation ouverte et honnête des mesures

Tableau 9. Les barrières de l'évolution

Les études menées ont prouvé que les barrières peuvent être surmontées grâce à un système de mesure utilisant les facteurs suivants : personnel, processus, systèmes et culture. Un système de mesure bien conçu sera accompagné d'un cycle évolutif conçu explicitement avec des déclenchements clairs et les éléments suivants :

- *Processus* – existence d'un processus pour passer en revue, modifier et déployer des mesures,
- *Personnel* – la disponibilité des qualifications exigées pour utiliser, refléter, modifier et déployer les mesures,
- *Système* – la disponibilité de systèmes flexibles qui permettent la collecte, l'analyse et le stockage des données appropriées,
- *Culture* – l'existence d'une culture de mesure au sein de l'entreprise s'assurant que la valeur de la mesure, et des mesures d'importance appropriée, sont appréciées.

[Kennerley 03] montre clairement que l'utilisation active d'un système de mesure de performance est un pré-requis à toute évolution. Etant donnée la disponibilité et l'utilisation efficace du système de mesure de performance, il y a trois phases subséquentes à une évolution efficace :

- *réflexion* sur le système de mesure de performance existant pour identifier les endroits où il n'est plus approprié et où des améliorations doivent être apportées,
- *modification* du système de mesure de performance pour s'assurer de sa cohérence avec les nouvelles directives de l'entreprise,
- *déploiement* du système de mesure de performance modifié de sorte qu'il puisse être employé pour gérer la performance de l'entreprise.

V.5.2 Phase 2 : gestion de l'évolution du système de mesure de performance

[Neely 98] a constaté que les systèmes de mesure de performance se composent de trois éléments corrélés :

1. mesures individuelles qui quantifient l'efficacité et l'efficacité des actions,
2. un ensemble de mesures combinées pour évaluer la performance d'une entreprise dans sa globalité,
3. une infrastructure support permettant l'acquisition de données, assemblée, analysée, interprétée et disséminée.

La littérature suggère que chacun de ces éléments doit être validé afin de garantir leur pertinence et leur efficacité. Par conséquent, le processus de contrôle de l'évolution devrait être déclenché par réflexion sur la pertinence de chacun des éléments du système de mesure en tenant compte des changements au niveau du contexte et de la stratégie de l'organisation.

V.6 ECOGRAI : une méthode de conception et d'implantation d'indicateurs de performance

ECOGRAI est une méthode de conception et d'implantation de système d'indicateurs de performance créée initialement pour toutes les entreprises. Elle comporte six phases dont cinq pour la conception et une pour l'implantation [Ducq 05] :

- **Phase 0** : modélisation du système de production en trois sous-systèmes:
 - *système physique de production*, traversé par des flux physiques du fournisseur à la réalisation et la livraison du produit (clients);
 - *système de décision* qui transmet des ordres au système physique de production suite au traitement d'informations ou de prise de décision selon les niveaux : stratégiques, tactique et opérationnel, et les périodes long, moyen et court terme;
 - *système d'information* qui collecte, distribue et stocke les informations internes et externes utiles au système de production.

Il est important de souligner que les sous-systèmes doivent être coordonnés et synchronisés pour l'atteinte des objectifs fixés par le système. Le sous système d'information recueille les informations d'origine externe (environnement) et interne

permettant au système décisionnel de transmettre les ordres au système de production. La planification synchronise les produits et les ressources dans le système physique. Le système de décision planifie et gère les ressources ainsi que les produits.

- **Phase 1** : identification avec analyse de cohérence des objectifs des centres de décision. Cette phase est faite avec une approche descendante comportant trois sous phases concernant l'identification :
 - des objectifs globaux assignés aux systèmes,
 - des objectifs globaux de chaque fonction de l'axe de production,
 - des objectifs au niveau des centres de décision.

Le déploiement de la performance le long des niveaux décisionnels va entraîner le déploiement des objectifs dans le système de production. Partant des facteurs clés de performance, on détermine les objectifs stratégiques qui sont déclinés en objectifs tactiques et opérationnels. Par ce déploiement, l'atteinte des objectifs opérationnels contribue à l'atteinte des objectifs tactiques, qui à leur tour, aboutissent à la réalisation des objectifs stratégiques.

- **Phase 2** : identification des variables de décision qui sont les moyens d'actions des décideurs pour conduire et déterminer leurs décisions. Dans la méthode les variables de décision sont établies en fonction des objectifs à atteindre. Comme les objectifs doivent être cohérents, il est primordial que ces variables de décision le soient aussi. De plus, il faut obligatoirement une cohérence entre les objectifs et les variables de décision correspondantes pour que le système de production puisse être performant et permette d'atteindre ses objectifs.
- **phase 3** : identification des indicateurs issus de la phase précédente à savoir l'identification d'un ou plusieurs objectifs associés et cohérents avec les variables de décision correspondantes qui vont permettre la détermination des indicateurs de performance qui sont aussi cohérents avec les objectifs et les variables de décision et qui permettent de mesurer l'atteinte des objectifs suite aux actions sur les variables de décision par les décideurs.

- **Phase 4** : conception d'un système d'information sur les indicateurs de performance qui consiste en l'élaboration d'une fiche de spécification, pour chaque indicateur, portant son identification (nom, fonction, centre de décision, période.. .), les objectifs et les variables de décision qui lui sont liés, leurs localisations et les informations de base, les traitements nécessaires, les effets pervers identifiés, le mode de représentation souhaité par les futurs utilisateurs.
- **phase 5** : l'implantation du système d'indicateurs de performance dans le système de production en se basant sur les fiches de spécification dans le système d'information.

Les points forts de la méthode ECOGRAI résident principalement dans :

- l'utilisation de la grille GRAI pour identifier les centres de décision et leurs objectifs.
- l'analyse de la cohérence, une fois ces objectifs identifiés, fixés et regroupés en objectifs stratégiques qui sont les facteurs clés de succès, en objectifs tactiques à moyen terme, traduisant la mise en place des moyens de production et leur évolution, ainsi qu'en objectifs opérationnels à court terme d'abord entre eux respectivement dans les centres de décision auxquels ils sont assignés, puis entre les autres niveaux décisionnels sans oublier de veiller surtout à leur convergence vers les objectifs stratégiques. Cette convergence signifie que l'atteinte des objectifs opérationnels, qui sont des objectifs tactiques à court terme, doit conduire à l'atteinte des objectifs tactiques, qui sont des objectifs stratégiques à moyen terme, et dont la réalisation, à leur tour, doit contribuer à l'atteinte des objectifs stratégiques à long terme.
- la recherche de variables sur lesquelles les dirigeants peuvent agir pour atteindre les objectifs : les variables dites pilotes qui représentent dans l'implantation l'étape entre les objectifs et les indicateurs puis l'identification de leurs conflits avant l'identification des indicateurs.

La base de la méthode ECOGRAI est la cohérence de, et entre, tous les éléments constitutifs du système de production : cohérence interne, intra et inter-fonctions, des

objectifs des centres de décisions de tous niveaux et leurs variables d'actions etc... La cohérence est la base de fondation pour la construction d'un système d'indicateurs de performance pour l'atteinte d'objectifs.

V.7 Conclusion

En considérant l'interopérabilité en tant que performance de l'entreprise et en considérant que l'on se place dans un contexte de chaîne logistique, alors la problématique de la performance dans ce contexte s'appliquent directement à la problématique de l'interopérabilité. Il en va de même pour les systèmes de mesure de performance comportant une gestion de l'évolution et ceux comportant une méthode de conception et d'implantation d'indicateurs. C'est pourquoi nous avons voulu traiter ces trois aspects dans cette partie. Cependant, il est évident que nous n'avons pas dressé une liste exhaustive de tous les systèmes pouvant être classés selon ces trois aspects. Nous avons préféré présenter une sélection des systèmes les plus appropriés à notre problématique.

Deux méthodologies de développement de systèmes de mesure de performance pour la chaîne logistique sont présentées ainsi qu'un système de mesure de performance intégrant la gestion de l'évolution. Par la suite, elles seront fusionnées avec la méthode ECOGRAI, également présentée, afin d'en déduire une méthodologie globale intégrant tous les aspects de ces méthodes. Ce travail sera présenté dans le chapitre 4.

Nous pourrions noter que tous les indicateurs de performance créés seront liés à l'interopérabilité.

VI Conclusion

L'état de l'art présenté pose tous les aspects de la caractérisation de l'interopérabilité et de la gestion de son évolution. En effet, sont présentés ici des méthodes de modélisation d'entreprise permettant la modélisation de l'état existant du système, des outils et méthodes permettant la caractérisation de l'interopérabilité par une représentation graphique et mathématique de celle-ci, des modèles de référence de la chaîne logistique permettant la définition des cibles de la gestion de l'évolution, enfin, la mesure de performance permettant le suivi et la validation de l'évolution.

Cependant, les outils et méthodes présentés ne sont pas spécifiquement dédiés à notre problématique. Par conséquent, ils n'offrent que des pistes de solution à explorer. Le chapitre 3 présentera des outils dédiés à la caractérisation et à la mesure de l'interopérabilité dans un contexte de chaîne logistique et basés sur l'état de l'art. Par la suite, le chapitre 4 fournira un cadre méthodologique aux outils développés.

Chapitre 3

Outils de caractérisation de l'interopérabilité

Table des matières du chapitre 3

I Introduction.....	161
II Typologie des collaborations.....	162
II.1 Les accords commerciaux.....	164
II.2 Les types d'entreprise.....	165
II.3 Les types de communication.....	166
II.4 Les types de relation.....	167
II.5 Caractéristiques des relations.....	168
II.6 Conclusion.....	169
III Interopérabilité et modélisation.....	170
III.1 Les types d'interopérabilités.....	170
III.1.1 L'interopérabilité sémantique.....	170
III.1.2 L'interopérabilité informatique.....	171
III.1.3 L'interopérabilité organisationnelle.....	171
III.2 Relations et interopérabilité.....	172
III.3 Modélisation.....	173
III.4 Conclusion.....	174
IV Caractérisation de l'interopérabilité par les graphes.....	175
IV.1 Projection des modèles GIM en graphes.....	176
IV.2 Enrichissement des modèles.....	176
IV.3 Principe et exemples de transformation de modèles en graphes.....	176
IV.3.1 Les processus modélisés par les actigrammes étendus.....	177
IV.3.2 Les modèles décisionnels modélisés par les grilles GRAI.....	182
IV.3.3 Les modèles de données modélisés par les diagrammes de classes.....	184
IV.4 Conclusion.....	187
V Les règles génériques d'interopérabilité.....	188
V.1 Généralités sur la théorie des graphes.....	189
V.2 Règle générique d'interopérabilité N°1	189
V.3 Règle générique d'interopérabilité N°2.....	191
V.4 Règle générique d'interopérabilité N°3.....	194
V.4.1 La recherche du plus long chemin dans le graphe peut se faire par itérations	

successives.....	194
V.4.2 La recherche du plus long chemin dans le graphe peut se faire par l'utilisation des algorithmes matriciels.....	196
V.5 Règle générique d'interopérabilité N°4.....	197
V.5.1 Le chemin où il y a le plus grand nombre d'arcs.....	197
V.5.2 Le chemin où les nœuds qui le composent totalisent le plus grand nombre de connexions avec les autres nœuds du graphe.....	198
V.5.3 Le chemin qui comptabilise le plus grand nombre d'échanges dans un laps de temps donné en prenant en compte la périodicité d'envoi indiquée sur chaque lien	198
V.6 Conclusion.....	199
VI Mesure du niveau d'effort d'interopérabilité.....	200
VI.1 Définition du niveau d'effort de l'interopérabilité.....	200
VI.2 Les niveaux d'interopérabilité et les critères d'effort	200
VI.2.1 Les niveaux d'interopérabilité.....	201
VI.2.2 Les critères d'effort.....	204
VI.2.3 Interprétation du niveau d'effort.....	207
VI.3 Conclusion.....	208
VII Conclusion.....	209

I Introduction

Le chapitre 1 a mis en évidence la nécessité des entreprises à collaborer au sein d'une chaîne logistique pour améliorer le service au client final. Afin de mettre en place de façon optimale cette collaboration, il est très important d'établir l'interopérabilité au sein de la chaîne. Mais, pour être certain de l'effectivité de cette interopérabilité, il faut être capable de la caractériser, d'une part, de la mesurer et de l'évaluer, d'autre part. L'objectif du chapitre 3 est de répondre à ce besoin en se basant sur l'état de l'art, présenté au chapitre 2, qui pose toutes les bases nécessaires à la caractérisation de l'interopérabilité.

Ce chapitre est composé de quatre parties. La première a pour objet de présenter une typologie des entreprises souhaitant collaborer. Cette typologie a un triple objectif : tout d'abord, elle permet de définir clairement le niveau de collaboration atteint par les entreprises considérées, ensuite, elle permet de limiter la caractérisation de l'interopérabilité aux seuls systèmes impliqués dans la collaboration, enfin, elle permet de décomplexifier le problème en le décomposant en sous-problèmes (ou problèmes élémentaires) que nous savons traiter individuellement.

La deuxième partie offre une définition précise de l'interopérabilité selon trois axes : sémantique, informatique et organisationnel. C'est sur cette définition que seront basés les outils de caractérisation de l'interopérabilité.

La troisième partie présente les règles génériques d'interopérabilité. Ces règles mettent en évidence les problèmes empêchant un fonctionnement optimal de l'échange considéré.

La quatrième partie présente des outils de mesure de l'interopérabilité « sans effort ». Ces outils sont de deux sortes : tout d'abord la recherche du niveau d'interopérabilité d'un échange entre deux systèmes, puis la recherche du niveau d'effort déployé afin de permettre l'interopérabilité de l'échange.

II Typologie des collaborations

Dans le but de la caractérisation de l'interopérabilité au sein des entreprises, il est primordial d'établir une typologie des échanges possibles entre entreprises. En effet, cette typologie a un triple objectif. D'une part, elle nous offre un support visuel qui est une aide à la détermination du niveau actuel des relations entre les entreprises. D'autre part, elle permet d'identifier clairement le niveau d'interopérabilité recherché par les entreprises concernées. Enfin, elle permet de décomplexifier le problème en le décomposant en sous-problèmes (ou problèmes élémentaires) que nous savons traiter individuellement. Cette typologie est présentée par la figure 26. Elle s'appuie sur plusieurs typologies déjà existantes, présentées dans le chapitre 2 : celle de [Dedun 05] pour les colonnes « accords commerciaux » et « types d'entreprises », celle de [Gruat La Forme 05] en ce qui concerne les « types de communication » et celle de [Claveau 05] pour les différents « types de relation ». Nous avons souhaité compléter cette typologie par une caractérisation fine à deux niveaux des relations. Nous n'avons pas fait apparaître ici, volontairement, les différents types d'interopérabilités car chaque type recouvre plusieurs catégories de la colonne « détails des caractéristiques des relations ».

Six colonnes apparaissent dans la typologie :

- *accords commerciaux* : différents types d'accords peuvent être signés entre deux entreprises,
- *types d'entreprises* : différents types d'entreprises possibles,
- *types de communication* : types de communication possibles selon le type d'entreprise défini,
- *types de relations* : type d'échanges effectués entre les entreprises dans le cadre du type de communication choisi,
- *caractéristiques des relations* : éléments échangés entre les entreprises concernées dans le cadre du type de relations choisi,
- *détails des caractéristiques des relations* : détails des éléments échangés,

Dans les quatre premières colonnes, chaque notion est induite par la notion de la colonne précédente à laquelle elle est rattachée.

Des outils spécifiques ont été développés pour la modélisation des compétences techniques, scientifiques et humaines dans les travaux de Patrick Burlat [Burlat 02] et de Xavier Boucher [Boucher 03], ainsi que dans la thèse de Vincent Robin [Robin 05], par conséquent, nous ne les traiterons pas ici.

Pour une meilleure compréhension de la typologie, les définitions des termes employés sont données dans les parties suivantes. Il est à noter que les définitions des termes employés dans les quatre premières colonnes de la typologie ont déjà été données au chapitre 2.

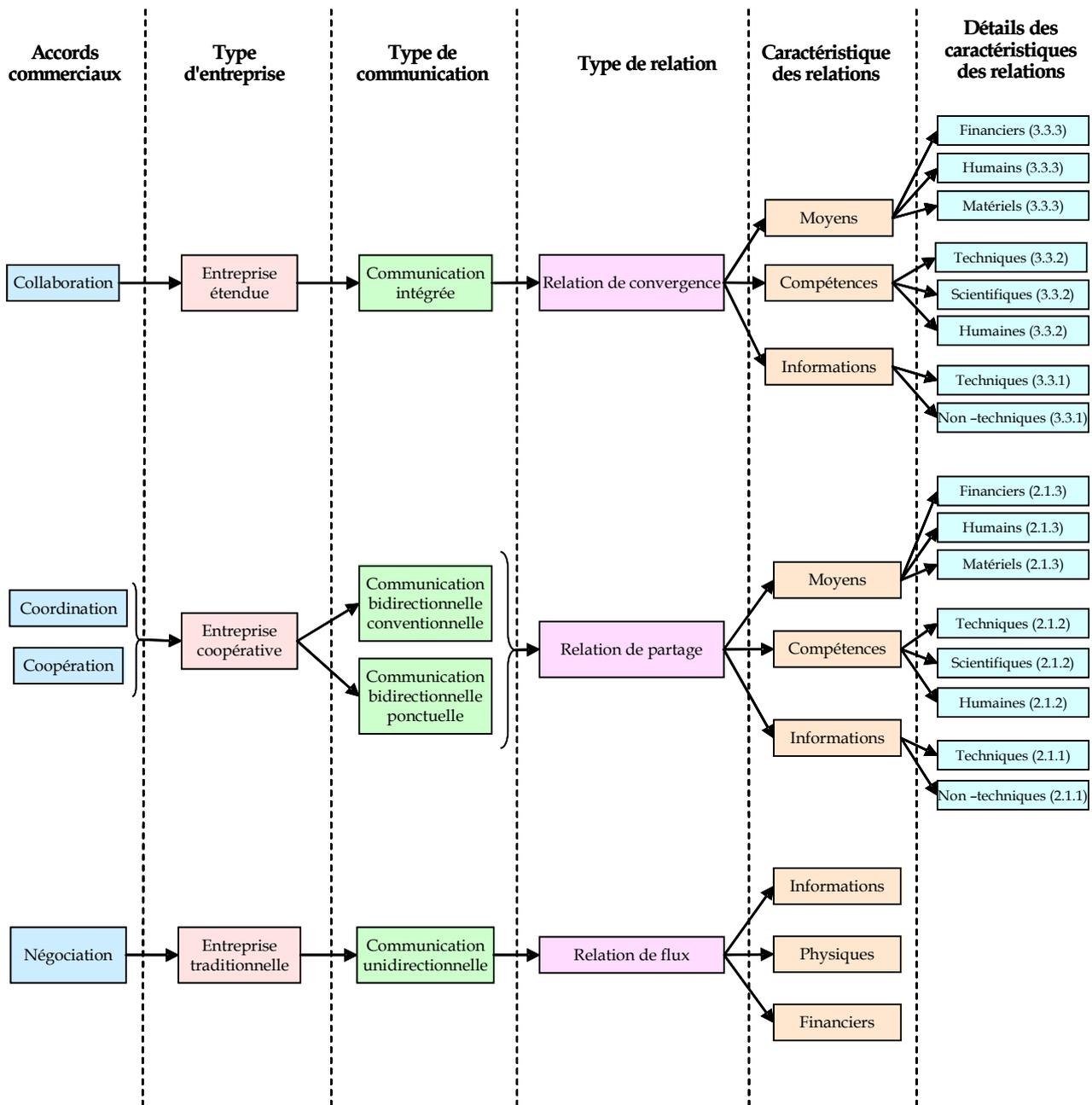


Figure 26. Typologie d'échange au sein des chaînes logistiques globales

II.1 Les accords commerciaux

Cette partie et la suivante sont basées sur la typologie de [Dedun 05].

Collaboration : processus par lequel des parties qui voient des aspects différents d'un problème peuvent explorer leurs différences de façon constructive, chercher et mettre en œuvre des solutions qui vont au-delà de leur propre vision limitée de ce qui est possible.

[rôle 05]

Coordination : association ordonnée et organisée de différents autres processus qui expliquerait l'apparition de ce processus, adaptatif et finalisé, de coordination [CPH 04]. [Bareigts 00] voit la coordination comme un « ensemble de règles de fonctionnement établies par un ou plusieurs acteurs en vue de réaliser une tâche en commun ».

Coopération : terme souvent employé de façon générique afin de définir une action collective organisée autour d'un ensemble d'acteurs partageant un but commun [Monsarrat 04].

Négociation : La négociation est la recherche d'un accord entre deux ou plusieurs interlocuteurs (on ne négocie pas avec soi-même, on délibère), dans un temps limité. Cette recherche d'accord implique la confrontation d'intérêts incompatibles sur divers points que chaque interlocuteur va tenter de rendre compatibles par un jeu de concessions mutuelles.[Wikipedia 05b]

La collaboration induit une intégration des entreprises concernées, elle implique donc une très grande interopérabilité aussi bien au sein même des ces entreprises qu'à leurs interfaces. La coordination et la coopération implique une association des entreprises. Cela induit donc une interopérabilité, mais uniquement à leur interface. La négociation n'implique aucune interopérabilité. Ces quatre notions sont donc classées hiérarchiquement par rapport à leurs implications en terme d'interopérabilité.

II.2 Les types d'entreprise

Entreprise étendue : correspond à un très haut niveau de collaboration. Les partenaires, partagent la même vision du futur et leurs orientations stratégiques devenues collectives et sources de création de valeur (conception de nouveaux produits, résolution de problèmes...). Les entreprises sont alors étroitement interdépendantes en termes de ressources leur permettant d'atteindre ces objectifs. La relation entre partenaires va alors au-delà du simple partage d'informations : elle suppose un véritable partage technologique, les acteurs se caractérisant par une très forte intégration de leurs processus internes ou externes. [Dedun 05]

Entreprise coopérative : correspond à un bas niveau de collaboration. L'entreprise prend conscience de la nécessaire mise en oeuvre d'une relation contractuelle avec certains partenaires dans le but de créer les conditions d'une offre orientée vers la demande. La coopération avec les partenaires sélectionnés est permise par l'utilisation des technologies de l'information, de type EDI par exemple, qui offrent des moyens de coordonner les tâches incombant aux acteurs dans le temps et dans l'espace. [Dedun 05]

Entreprise traditionnelle : est une organisation disposant d'une certaine autonomie qui produit pour vendre sur un marché en combinant et rémunérant des facteurs de production (travail et capital). [lexique 06]

De la même manière que pour les accords commerciaux, l'entreprise étendue, qui englobe les notions de chaîne logistique, d'entreprise collaborative ou d'entreprise virtuelle, implique une très grande interopérabilité entre ces membres, l'entreprise coopérative implique une interopérabilité restreinte aux interfaces entre ses membres alors que l'entreprise traditionnelle n'implique aucune interopérabilité. Cependant, il est nécessaire que l'entreprise traditionnelle apparaisse dans la typologie car au début de l'étude, les entreprises considérées peuvent être des entreprises traditionnelles.

II.3 Les types de communication

Il s'agit de communication entre plusieurs entreprises. Cette partie est basée sur la typologie de [Gruat La Forme 05].

Communication intégrée : Le client est au coeur de l'élaboration du processus de planification de l'entreprise qui prend en compte ses contraintes et ses spécificités propres dans son planning d'activité afin de satisfaire au mieux le client en terme de mise à disposition de sa commande. [Gruat La Forme 05]

Communication bi-directionnelle conventionnelle : L'entreprise segmente sa clientèle en différents groupes et associe à chacun d'entre eux un processus de planification tenant compte de leurs contraintes, spécificités et exigences propres. [Gruat La Forme 05]

Communication bi-directionnelle ponctuelle : Ponctuellement et pour certains de ses

principaux clients, l'entreprise intègre dans son processus de planification leurs contraintes et exigences afin de les satisfaire au mieux. [Gruat La Forme 05]

Communication unidirectionnelle : L'entreprise définit son processus de planification en fonction du marché et de ses caractéristiques. [Gruat La Forme 05]

Ces quatre types de communication sont hiérarchisés, en fonction de la prise en compte des partenaires dans l'élaboration du processus de planification de l'entreprise considérée, du maximum de prise en compte à la non prise en compte.

II.4 Les types de relation

Il s'agit de relations entre entreprises. Cette partie est basée sur la typologie de [Claveau 05].

La **relation de convergence** signifie que plusieurs entreprises produisent collectivement une seule ressource : par exemple, plusieurs activités de plusieurs partenaires dans cette relation participent à la production d'une même ressource, d'où la nécessité d'une mise en cohérence d'informations, de connaissances, d'opérations, etc. La relation duale de convergence concerne le cas où plusieurs ressources sont utilisées par une même entreprise [Claveau 05]. C'est pas exemple le cas dans l'industrie automobile, où les grands constructeurs développent ce type de relations avec leurs sous-traitants.

Une **relation de partage** implique l'utilisation d'une même ressource par plusieurs partenaires et donc le partage d'un certain type d'informations, de connaissances, etc. La relation duale de partage concerne le cas où une entreprise produit plusieurs ressources. [Claveau 05]

La **relation de flux** se produit dans la situation courante où une entreprise produit une ressource utilisée par une autre activité. La relation duale de flux concerne le cas où une entreprise consomme une ressource pour en produire une autre. [Claveau 05]

La relation de convergence s'apparente aux relations au sein d'une chaîne logistique, la relation de partage s'apparente plus à une relation de mis en commun des ressources, savoirs, etc, alors que la relation de flux est une relation classique de type

client/fournisseur.

II.5 Caractéristiques des relations

Moyens : ce que l'entreprise met en œuvre pour atteindre son objectif. [nidinfo 06]

Moyens financiers : C'est avant tout de l'argent, mais c'est également l'expression comptable et financière des plans d'action retenus. Ils peuvent remplir trois missions : outil de gestion prévisionnelle, instrument de coordination et de communication, favorise la délégation et la motivation [Sitecon 05]. Les moyens financiers peuvent également être définis comme un plan comprenant une estimation des dépenses nécessaires à la réalisation d'une opération financière, pour une période donnée, ainsi que des moyens prévus pour la financer [MAH 03].

Moyens matériels : Moyen physiques dont on dispose pour réaliser une action. [Tectrad 05]

Moyens humains : Tous les employés de l'entreprise.

Compétence : la compétence rassemble trois types de savoir : un savoir théorique, un savoir-faire (expérience) et une dimension comportementale (savoir-être acquis et requis) mobilisés ou mobilisables qu'un employé met en œuvre pour mener à bien la mission qui lui est confiée [SPEV 06]. Il s'agit d'un savoir-faire en situation, lié à des connaissances intériorisées et/ou à l'expérience. On ne peut l'observer que par la réalisation des tâches demandées au moment de l'évaluation (performance ou comportement observable) [Oasisfle 05].

Compétences techniques : (Savoir-faire) Le savoir-faire est la connaissance des moyens pour parvenir à l'accomplissement d'une tâche [Wikipedia 06a] c'est-à-dire les connaissances tacites individuelles ou collectives [Rose 04].

Compétences scientifiques : (Savoir) Le savoir est défini habituellement comme un ensemble de connaissances acquises par l'étude ou l'expérience [Wikipedia 06b] c'est-à-dire les connaissances explicites et spécifiques à l'entreprise [Rose 04].

Compétences Humaines : (Savoir-être) Fait référence à un savoir-faire relationnel, c'est-à-

dire à des comportements et des attitudes précises attendues dans une situation donnée [Stratégie 06]. Ces compétences doivent être mise en œuvre afin d'initier la communication avec les autres acteurs, elles peuvent être vues comme des ports d'interface pour accéder aux autres acteurs du milieu environnant [Rose 04].

Information technique : Correspond à toutes les informations concernant le ou les produits ainsi que les ressources de production.

Information non-technique : Par opposition, ce sont toutes les informations qui ne sont pas techniques.

II.6 Conclusion

La typologie présentée répond à un triple objectif. Elle peut être utilisée comme outil de dialogue avec les industriels pour déterminer avec eux le niveau actuel des relations entre les entreprises concernées. Elle permet d'identifier clairement le niveau d'interopérabilité recherché par les entreprises en le situant sur la typologie. Enfin, elle permet de décomplexifier le problème en le décomposant en sous-problèmes (ou problèmes élémentaires) que nous saurons traiter individuellement. En effet, l'expérience acquise au cours des études successives nous permettra d'avoir des solutions « clés en main » pour chaque « boîte » de la typologie. Même si ses solutions ne seront pas forcément applicables directement dans l'entreprise, elles auront le mérite d'orienter l'étude afin de gagner un temps précieux lors de la phase d'analyse.

Dans tous les cas, l'utilisation de cette typologie permettra de réduire le champ de l'étude aux seuls services concernés. Par conséquent, la caractérisation de l'interopérabilité, détaillée dans la suite de ce chapitre, se limitera aux parties identifiées à l'aide de la typologie. Mais avant de présenter la démarche, il faut au préalable expliquer notre vision de l'interopérabilité et la traduire en terme d'objectifs, puis présenter les outils utilisés dans la méthode de caractérisation.

III Interopérabilité et modélisation

Au chapitre 1, nous avons défini l'interopérabilité comme étant « la capacité de deux ou plusieurs systèmes ou composants à échanger des informations et à utiliser ces informations échangées » [IEEE 90]. Au chapitre 2, nous avons montré que nous pouvons considérer l'interopérabilité en tant que performance. Dans ce chapitre, nous présentons notre vision de l'interopérabilité en se basant sur la définition de référence, puis nous décomposerons et nous détaillerons la notion d'interopérabilité afin de pouvoir en extraire des catégories d'indicateurs de performance.

III.1 Les types d'interopérabilités

A notre sens, parler de l'interopérabilité n'est judicieux que dans le cas où il y a un échange (d'information ou de produit) entre deux ou plusieurs systèmes. En effet, dans le cas où deux systèmes échangent ou tentent d'échanger des informations ou des produits, il est primordial qu'ils puissent le faire sans aucun obstacle d'aucune sorte. Le terme « interopérabilité » est un terme vague car il regroupe plusieurs notions dont les plus importantes sont : l'interopérabilité sémantique, l'interopérabilité informatique et l'interopérabilité organisationnelle. Cependant, dans le cas de deux systèmes n'effectuant aucun échange entre eux, la question de l'interopérabilité n'a pas de sens car le fait que les systèmes soient en mesure d'échanger ou non n'a aucune importance.

III.1.1 L'interopérabilité sémantique

L'interopérabilité sémantique peut être définie par la capacité de deux ou plusieurs systèmes à se comprendre mutuellement. Il s'agit de donner du « sens » (une sémantique) aux informations échangées et de s'assurer que ce sens soit distribué dans tous les systèmes entre lesquels des échanges doivent être mis en œuvre. La prise en compte de cette sémantique permet à ces systèmes de combiner les informations reçues avec d'autres informations locales et de les traiter de manière appropriée par rapport à cette sémantique. Cette interopérabilité a deux champs d'applications : *les personnes*, langue commune et langage technique commun, et *les applications informatiques*, qui seront traitées par la

suite.

III.1.2 L'interopérabilité informatique

L'interopérabilité informatique peut être définie par la capacité de deux ou plusieurs ressources informatiques à échanger des données mutuellement sans perte ou dégradation d'information. Elle s'attache à résoudre les problématiques techniques impliquées par la complexité inhérente au fait de lier des systèmes informatiques et les services qu'ils procurent, en décrivant les standards de présentation, de collecte, d'échange, de traitements, de sécurisation et de transport de l'information. Cette interopérabilité a deux champs d'application :

- les systèmes techniques:
 - langage de programmation commun,
 - format de données commun,
 - modèle de données commun,
- la communication homme / machine :
 - interface visuelle permettant une double compréhension homme / machine,
 - langage commun,
 - format des données exploitable par l'homme.

III.1.3 L'interopérabilité organisationnelle

L'interopérabilité organisationnelle définit le rôle des acteurs et leurs responsabilités au sein de la chaîne logistique en fournissant les modèles de protocole d'accord sur l'accès aux informations interopérables, en fixant les procédures et processus d'exécution menant soit à une standardisation du travail soit à l'insertion de processus intermédiaires permettant de faire le lien entre deux entreprises, en fixant les politiques d'intégrité et de confidentialité de ces informations et en proposant les mécanismes nécessaires à leur localisation et à leur diffusion. Elle permet donc la collaboration entre les services de différentes entreprises, qui se différencient dans leurs organisation interne, et la

structuration de leurs opérations.

Un système a besoin, pour être efficace, d'une information fiable, précise, délivrée au bon moment et en nombre suffisant. La notion d'interopérabilité est donc directement liée aux trois notions générale de la performance :

➤ **délat :**

- **l'information doit être délivrée au bon moment** c'est-à-dire au moment où l'utilisateur en a besoin et uniquement à ce moment là,
- **aucune opération intermédiaire ne doit être nécessaire** avant l'exploitation de l'information ou du produit,
- **toutes les informations ou produits doivent être utilisés.** Si tel est le cas, cela évite une perte de temps et d'argent pour l'expéditeur qui aurait envoyé des informations ou produits en vain,

➤ **coût :**

- **standardisation et réduction du nombre d'outil utilisés**, notamment pour les outils logiciels, les outils matériels (de l'atelier par exemple), les outils de communication (téléphone, fax, coursier, mail, courrier...), ...

➤ **qualité :**

- **les informations doivent être fiables** c'est-à-dire qu'elles doivent être complètes et conformes à ce qu'a envoyé l'expéditeur (ceci permet d'améliorer la qualité des échanges et des produits) ce qui n'exclut pas la manipulation de l'information par d'autres personnes;
- **les produits doivent être fiables** c'est-à-dire qu'ils doivent respecter le cahier des charges et être de qualité constante.

III.2 Relations et interopérabilité

Les types de relations possibles entre plusieurs entreprises, présentés dans la typologie de la figure 26, sont au nombre de trois : relation de flux, relation de partage et relation de

convergence. Le niveau d'interopérabilité requis pour chacune de ces relations est, bien évidemment, très différent puisque, selon le type de relation considéré, les entreprises auront un niveau d'implication dans leurs relations qui variera de faible à fort selon le cas. Cette variation dans le niveau d'interopérabilité requis est également vrai pour les colonnes intitulés : « caractéristiques des relations » et « détails des caractéristiques des relations » de la figure 26.

En observant plus précisément la typologie et pour faire le lien avec les types d'interopérabilité présentés dans la partie précédente, nous pouvons constater que chacun des types d'interopérabilité se retrouve pour chaque type de relation. Prenons l'exemple suivant : dans la « relation de convergence en terme de moyens financiers », nous pouvons observer l'influence des trois types d'interopérabilité :

- l'interopérabilité sémantique permet aux entreprises une compréhension unique et commune des diverses informations échangées ce qui évite les problèmes de mal-entendu ou d'incompréhension des demandes ou réponses formulées,
- l'interopérabilité informatique facilite et garantit les échanges financiers,
- l'interopérabilité organisationnelle offre une définition claire des rôles et responsabilités de chaque intervenant dans la relation.

III.3 Modélisation

Dans le but de la caractérisation de l'interopérabilité, nous devons modéliser l'état existant des entreprises. Pour cela, de nombreux langages de modélisation peuvent être utilisés, chaque langage ayant ses spécificités propres. Or nous souhaitons avoir toujours les mêmes renseignements issus des modèles et pouvoir appliquer des règles d'interopérabilité de façon systématique quelque soit les langages utilisés. C'est pour cette raison que, dans un premier temps, nous transformons les modèles ainsi obtenus en graphe. En effet, il présente l'avantage d'être un langage générique dans lequel nous pouvons transformer tous les autres puisqu'ils sont tous basés sur la théorie des graphes. Puis, nous appliquons les règles génériques de façon systématique quel que soit le langage

utilisé pour la modélisation. Enfin, nous pouvons évaluer l'effort d'interopérabilité en apportant, si besoin est, des renseignements supplémentaires sur les arcs du graphe. Dans ce cas, nous parlerons enrichissement des modèles.

III.4 Conclusion

Le terme « interopérabilité » étant un terme imprécis, nous l'avons décomposé en trois parties : interopérabilité sémantique, interopérabilité informatique et interopérabilité organisationnelle. Cette décomposition nous permettra, par la suite, de définir des niveaux d'interopérabilité mesurable sur chaque échange effectué au sein de la chaîne logistique. Pour effectuer cette mesure, nous devons disposer de modèles de l'état existant du système qui seront fournis par les méthodes de modélisation d'entreprise. Cependant, les modèles issus des diverses méthodes existantes sont très différents les uns des autres. Or, pour effectuer une mesure de l'interopérabilité qui soit significative, elle ne doit pas être influencée par les caractéristiques des modèles utilisés. C'est pourquoi, nous avons choisi d'utiliser les graphes, présentés dans le chapitre 2, afin de caractériser l'interopérabilité. Dans la partie suivante, nous présenterons des règles de transformations des modèles GIM sous forme de graphes.

IV Caractérisation de l'interopérabilité par les graphes

Les chaînes logistiques sont des entreprises réseaux. Or dans le chapitre 2, nous avons montrés que les graphes, en tant qu'outils de représentation de réseau, étaient appropriés pour caractériser les chaînes logistiques. Cependant, pour acquérir les informations nécessaires à la représentation de l'état existant par les graphes, nous avons besoin d'une méthode. Les méthodes de modélisation d'entreprise, présentées au chapitre 2, offrent un cadre de modélisation et une démarche permettant de recueillir efficacement les informations nécessaires à la caractérisation de l'interopérabilité. De plus, il est possible de transformer les modèles issus des langages de modélisation d'entreprise en graphe afin de représenter les « noeuds d'interopérabilité » c'est-à-dire les endroits au sein de l'entreprise ou de la chaîne logistique où il y aura un échange quelque soit la nature de cet échange (informationnel ou de produits). Afin de différencier les divers types d'échanges, nous adopterons la représentation graphique de la figure 27.

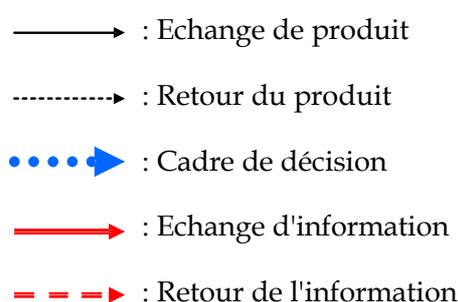


Figure 27. Représentation des différents types d'échanges

L'avantage principal de la transformation sous forme de graphe est qu'elle nous permet d'extraire, des différents langages utilisés, les seules informations concernant l'interopérabilité, c'est-à-dire, les seules informations portant sur les échanges effectués au sein du périmètre de l'étude concernée et ceci dans le but d'avoir une vision à la fois claire et détaillée des échanges effectués selon le point de vue qui nous intéresse (activité, ressources humaines, ...). De plus, la transformation sous forme de graphe, étant donné qu'elle peut se faire à partir de n'importe quel langage de modélisation, nous permet d'avoir un outil de caractérisation de l'interopérabilité unique, générique et indépendant des langages utilisés pour la modélisation. Ceci nous permettra par la suite d'appliquer

sur les graphes, de façon systématique, des règles génériques qui seront indépendantes des langages de modélisation. Cependant, nous n'utiliserons, comme exemple dans ce mémoire, que les langages de modélisation de la méthode GIM (Grai Integrated Methodology) pour illustrer les transformations. D'autre part, la perte d'information due au choix des seules informations concernant l'interopérabilité n'est pas un problème en soit puisque l'on ne traite ici que les problèmes liés à l'interopérabilité.

IV.1 Projection des modèles GIM en graphes

Dans ce mémoire, pour des raisons d'homogénéité, nous utiliserons les langages de la méthode GIM pour illustrer la transformation des modèles sous forme de graphe et pour modéliser l'état existant des entreprises dans le chapitre d'application. Cependant, nous n'avons pas jugé intéressant de traduire les réseaux GRAI sous forme de graphe car dans un même centre de décision les problèmes d'interopérabilité sont moins fréquents, en effet :

- soit la décision est prise par une seule personne : dans ce cas il n'y a pas de problème d'interopérabilité,
- soit la décision est prise par plusieurs personnes : dans ce cas les échanges entre ces personnes auront déjà été traité au niveau global.

IV.2 Enrichissement des modèles

Selon les besoins de l'étude, nous pourrions être amenés à enrichir les modèles en y ajoutant, par exemple, les noms des responsables sur les centres de décision de la grille. Ceci nous permettra de ne faire apparaître sur les graphes que les échanges entre personnes, systèmes, services, entreprises, ... différents afin de ne garder que les échanges qui peuvent potentiellement poser un problème d'interopérabilité.

IV.3 Principe et exemples de transformation de modèles en graphes

Dans cette partie, nous présentons les principes et des exemples de transformation pour les modèles : actigramme étendu, grille GRAI et diagramme de classe.

IV.3.1 Les processus modélisés par les actigrammes étendus

Le formalisme Processus est un formalisme simple adapté à la représentation des processus d'entreprise. Basé sur le formalisme actigramme étendu, il manipule des concepts bien définis qui permettent de représenter facilement les différents éléments entrant dans la description d'un processus et illustrant son fonctionnement.

IV.3.1.1 Le méta-modèle du langage « processus »

La figure 28 présente le méta-modèle du langage processus [UEML 03]. A partir du méta modèle de la figure 28, nous pouvons définir les éléments que nous conservons dans la transformation sous forme de graphe. Nous avons identifié, par des traits épais sur le méta-modèle, les différentes classes qui seront conservées. Nous avons entouré la classe ressource si elle est systématiquement utilisée, ce n'est pas le cas de ses sous-classes « material resource » et « human resource » c'est pourquoi nous les avons encadrées avec un trait pointillé. En effet, il est possible de faire des graphes orientés selon un point de vue. Par exemple, nous pouvons être intéressés par faire apparaître les ressources humaines d'un service particulier sur un graphe et les ressources matérielles du même service sur un autre graphe. Dans ce cas, les ressources apparaissent sur chacun des graphes , mais les deux sous-classes n'apparaissent qu'une fois chacune.

En se basant sur les classes sélectionnées sur le méta-modèle, nous pouvons établir des règles de transformation, explicitées dans la partie suivante, puis nous proposerons un exemple d'application de cette transformation.

Identifiers of classes :

A extended activity or a process is identified by its IDcode.

A flow is identified by the quartet : name, role (input, output, resource control), destination and origin.

A resource is identified by its name.

The others elements have no identifier.

Scope of the identifiers.

The scope of each identifier is the Extended Actigram Model (EAM).

Attributes of classes :

All attributes are mandatory.

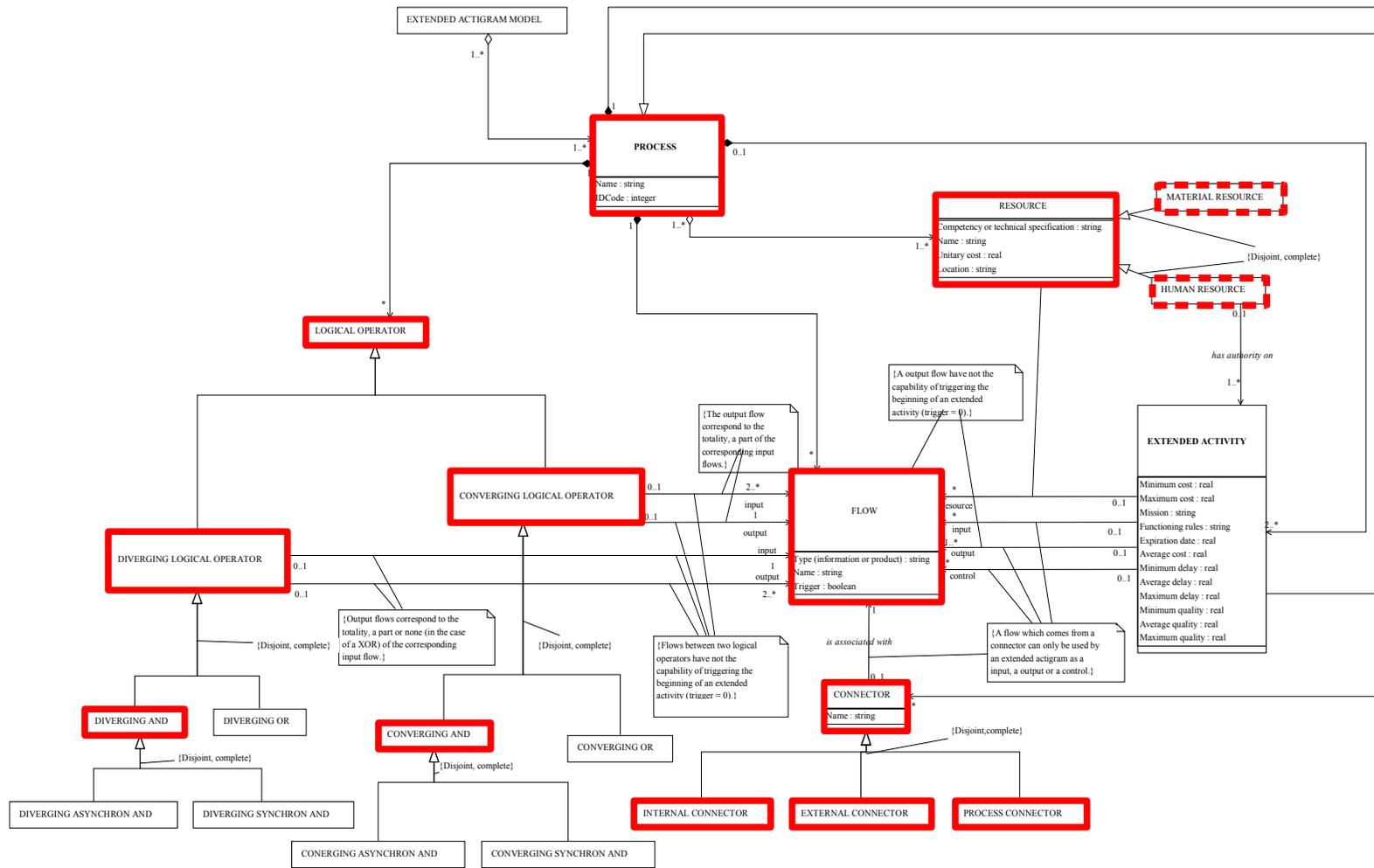


Figure 28. Méta-modèle des processus [UEML 03]

IV.3.1.2 Règles de transformation des processus sous forme de graphe

La transformation des processus sous forme de graphe s'effectue à l'aide des règles suivantes :

- chaque activité ou ressource (selon point de vue que l'on souhaite) est représentée par un « nœud » (point ou cercle) sur le graphe.
- chaque flèche entre deux ou plusieurs activités est représentée par une flèche entre deux ou plusieurs nœuds.
- le type de flèche diffère selon la nature de l'échange considéré (échange d'informations, de produits ou cadre de décision).
- les entrées et sorties des processus sont distinguées sur les graphes à l'aide de représentations différentes de nœuds présentées sur la figure 29 :



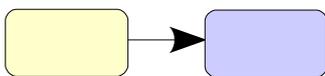
Figure 29. Formalismes d'entrée/sortie de graphes

La représentation sous forme de graphe est déduite de la représentation des processus tels

que :



ou



donne :



Par conséquent, un échange entre deux personnes ou deux activités est représenté par une « flèche » (arc) entre deux nœuds.

IV.3.1.3 Exemple de transformation de processus sous forme de graphe

La figure 31 présente un exemple de transformation du processus de la figure 30 en un graphe.

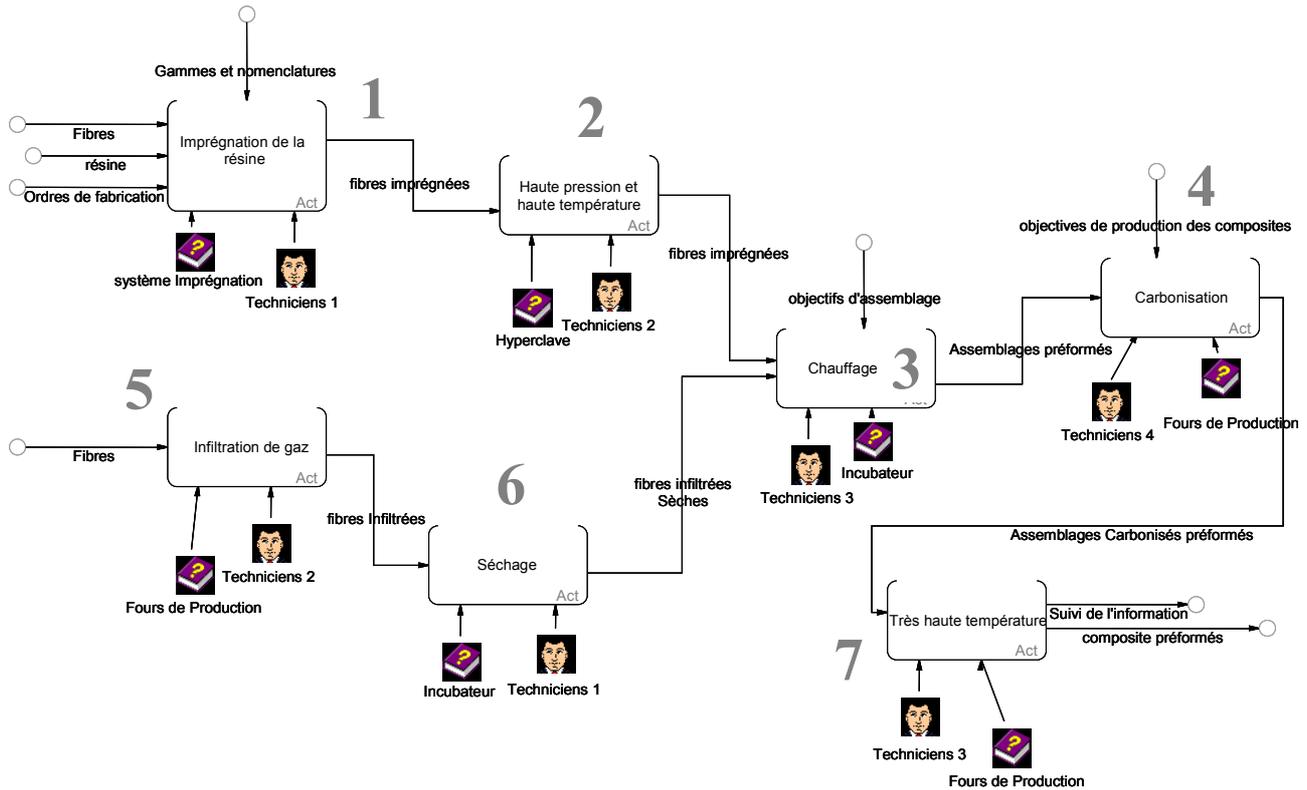


Figure 30. exemple de processus

Nous définissons un processus d'une entreprise en tant qu'enchaînement d'activités corrélées ou interactives. Un processus reçoit des objets en entrée et leur ajoute de la valeur, par le moyen de ressources, tout en fournissant des objets de sortie (produits/services) remplissant les besoins et les exigences d'un client (atteindre les objectifs) internes ou externes à l'entreprise. Il ne peut être déclenché que par des événements internes et/ou externes à l'entreprise, c'est-à-dire des changements d'état de composants du système. Chaque processus est en communication avec d'autres et peut être décomposé en sous-processus [Abdmouleh 04].

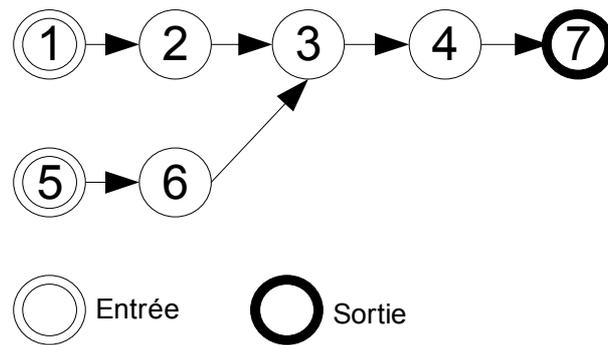


Figure 31. Graphe des activités du processus de la figure 30

Sur la figure 31, il est possible d'indiquer sur chaque flèche du graphe le temps de propagation des produits à l'intérieur du processus.

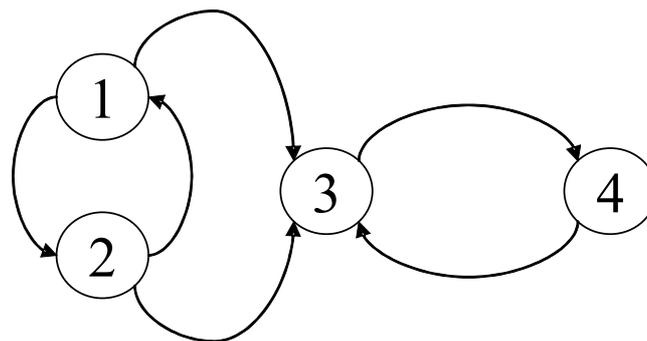


Figure 32. Graphe des ressources humaines de la figure 30

La figure 32 représente le graphe des ressources humaines issu du processus de la figure 30. Cette représentation nous permet de voir clairement les interactions de chaque technicien de l'atelier. En effet, chaque nœud représente un technicien, désigné par son numéro.

Les modèles de processus d'entreprise contiennent quatre catégories d'objets : le produit, les ressources, les activités et les contraintes. La transformation de ces modèles sous forme de graphes est une projection de deux catégories parmi quatre, les graphes des figures 31 et 32 en sont des exemples.

IV.3.2 Les modèles décisionnels modélisés par les grilles GRAI

La grille GRAI permet la représentation globale de la partie décisionnelle de l'entreprise (système de conduite de production). Elle se présente sous une forme matricielle illustrant la double décomposition fonctionnelle et temporelle.

IV.3.2.1 Le méta-modèle du langage « grille GRAI »

La figure 33 présente le méta-modèle de la grille GRAI [UEML 03]. Dans le cas de ce langage particulier, nous conserverons, dans le graphe, tous les éléments contenus dans la grille. Cependant, nous ne retrouverons pas systématiquement tous les attributs contenus dans toutes les classes. Selon le cas nous utiliserons tout ou seulement une partie de ces attributs.

La partie suivante présente un exemple de transformation d'une grille sous forme de graphe. Dans ce cas, nous avons choisi d'enrichir le modèle avec les noms des personnels concernés afin de mieux faire apparaître les ressources humaines et donc d'identifier plus rapidement le rôle de chacun au sein du processus décisionnel.

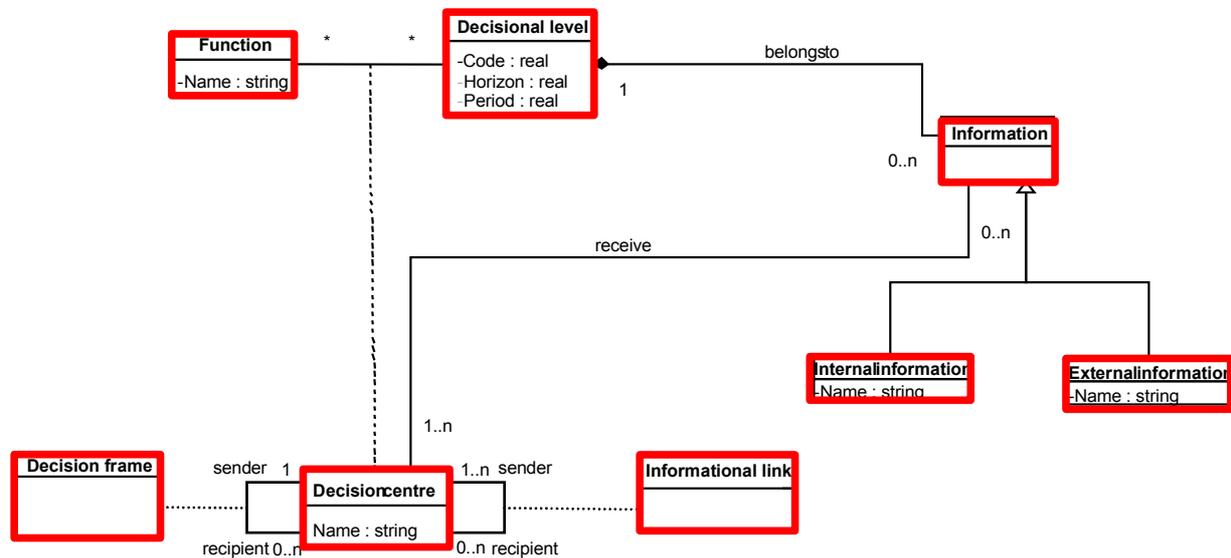


Figure 33. Méta-modèle de la grille GRAI [UEML 03]

IV.3.2.2 Règles de transformation des modèles décisionnels sous forme de graphe

La transposition des grilles sous forme de graphe est similaire à celle des processus. Chaque centre de décision, chaque personne responsable d'un centre de décision ou

chaque logiciel utilisé dans un centre de décision (selon le niveau d'agrégation que l'on recherche pour le graphe) est représenté par un nœud sur le graphe. Chaque flux d'information et chaque cadre de décision est représenté par une flèche reliant deux nœuds.

IV.3.2.3 Exemple de transformation de grille sous forme de graphe

L'exemple suivant montre la traduction de la grille GRAI de la figure 34 en graphe représenté sur la figure 35. Nous avons enrichi le modèle grille en y ajoutant les noms des responsables de chaque centre de décision. De la même façon, nous aurions pu ajouter les différentes applications informatiques, les différents services, ...

Sur le graphe, chaque nœud représente une personne, les flèches en points épais représentent les cadres de décision et les flèches épaisses représentent les informations. Dans le cas où des échanges informationnels ou de cadre de décision existent entre deux centres de décision exécutés par la même personne (c'est le cas des centres PL30 et PL40), nous pouvons choisir de ne représenter sur le graphe qu'un seul nœud pour les deux centres et uniquement les échanges avec les autres centres c'est-à-dire avec les autres personnes sans représenter les échanges entre les deux centres sous la responsabilité de la même personne.

	Info. Externes IE	Gérer le Commercial GC	Gérer le BE GBE	Gérer les Produits GP	Planifier PL	Gérer les Ressources GR	Gérer la Qualité GQ	Info. Internes II
H = 5 ans P = 1 an 10		Pascal Stratégie Commerciale		Laurent Gestion des achats de l'entreprise	Julie Stratégie de production		Téo Démarche Qualité	
H = 1 an P = 1 mois 20	Cdes fermes, prévisionnelles	Cédric Négocier et suivre les cdes annuelles	Rapport annuel de l'analyse prévue / réalisée	Politique d'appropr. Sélection fournisseurs	Programme directeur de production	Plan de formation, Adaptation outil industriel, Politique S/T	Adaptation aux besoins	Capacité disponible
H = 4 mois P = 1 semaine 30	Cdes fermes Fournisseurs	Prospecter de nouveaux clients, Suivre les offres et les devis	Alain Gérer les devis	Gestion des approvisionnements à cours terme	Plan de charge	Ajuster la capacité	Gérer la qualité des activités de contrôle	Travaux en cours
H = 3 semaines P = 1 semaine 40	Cdes fermes	Léa Gérer les offres	Suivre les cdes Faire les gammes	Relancer les fournisseurs	Ordonnancement	Allouer les ressources	Implémentation du contrôle	
	IE	GC	GBE	GP	PL	GR	GQ	II

Figure 34. Exemple de grille GRAI

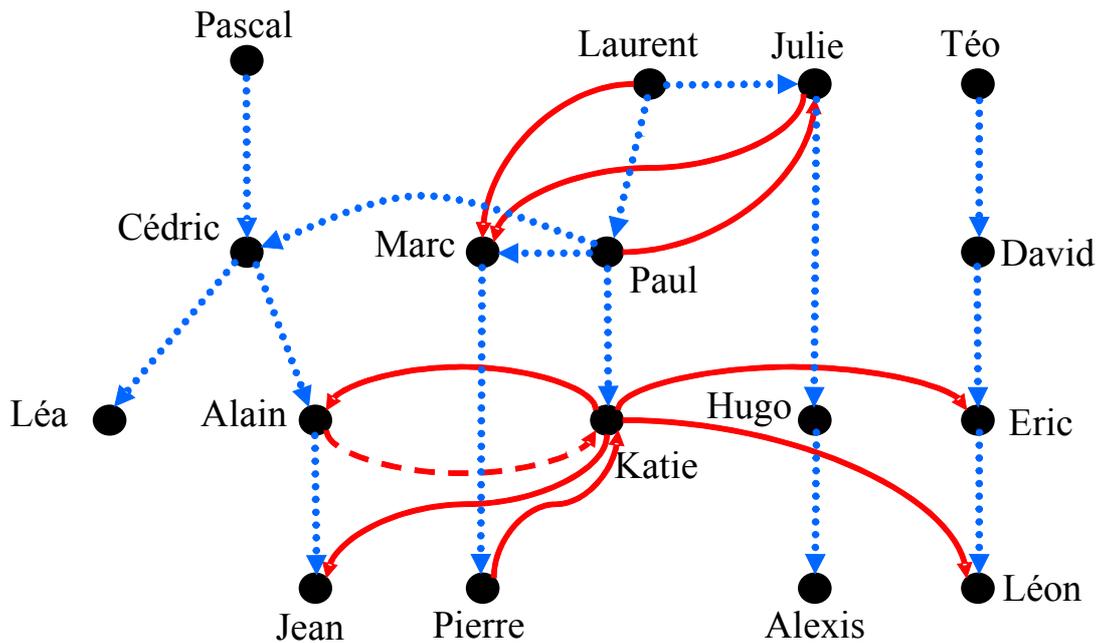


Figure 35. Traduction de la grille de la figure 34 sous forme de graphe

L'exemple de la figure 35 nous montre que le bon fonctionnement de l'entreprise dépend essentiellement de la ponctualité de deux personnes : Katie et Laurent. En effet, si Katie prend du retard dans l'envoi d'information, alors c'est une part importante des informations échangées qui seront bloquées. Si Laurent prend du retard dans l'envoi des cadres de décision, une large majorité des décisions de l'entreprise seront en suspens.

IV.3.3 Les modèles de données modélisés par les diagrammes de classes

Le formalisme diagramme de classe permet de modéliser l'aspect statique du système d'information. En pratique, dans la méthode GIM, nous utilisons ce formalisme pour décrire les modèles conceptuels et structurels de données.

IV.3.3.1 Le méta-modèle du langage « diagramme de classe »

La figure 36 présente le méta-modèle du diagramme de classe [UEML 03]. Dans ce cas, comme pour la grille, nous conservons tous les éléments du méta-modèle après la transformation sous forme de graphe.

IV.3.3.3 Exemple de transformation de diagramme de classe sous forme de graphe

L'exemple présenté montre la transformation d'un diagramme de classe sous forme de graphe. Le diagramme de classe de la figure 38 est basé sur l'exemple de chaîne logistique de la figure 37. Nous avons enrichi le modèle en y ajoutant les noms des services internes à l'entreprise ainsi que le client et le produit.

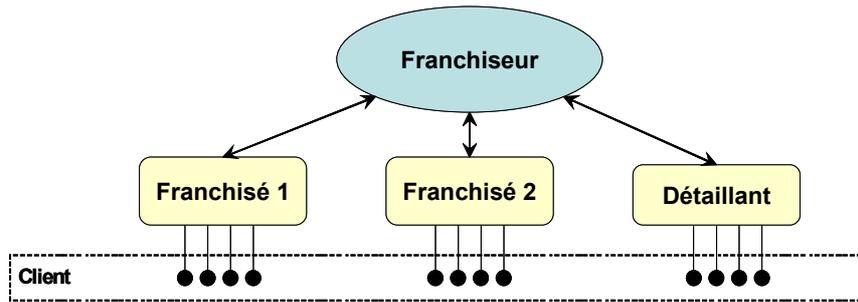


Figure 37. Schéma du cas d'étude

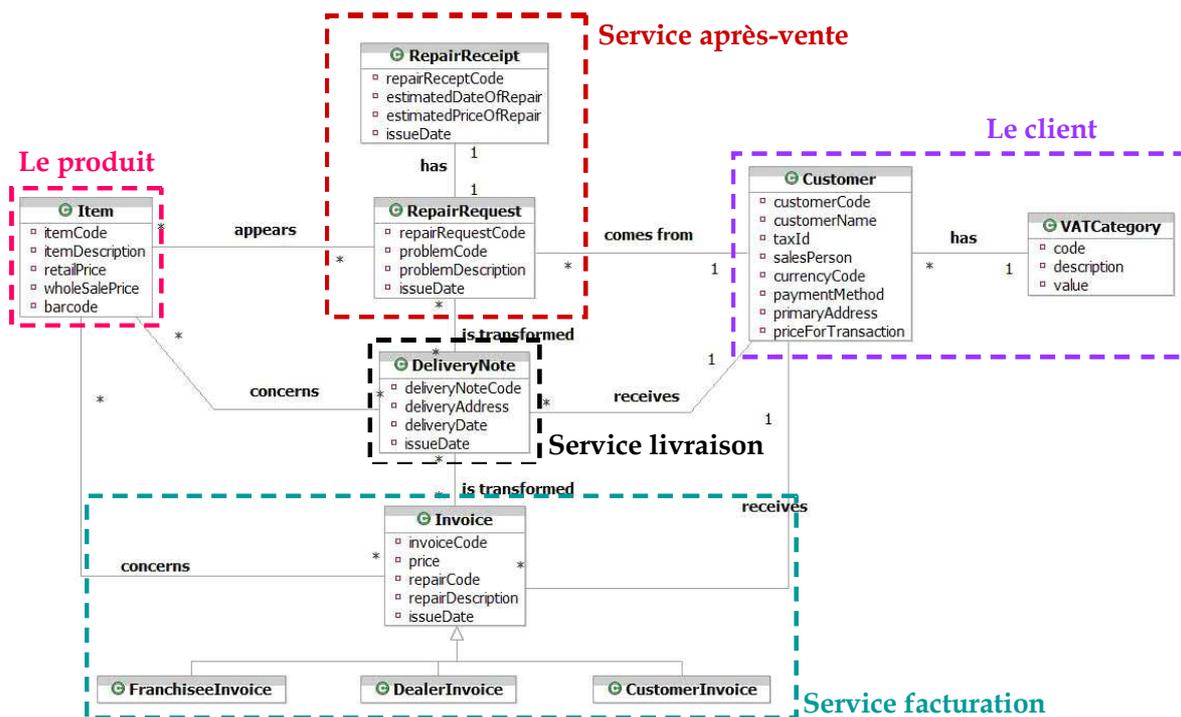


Figure 38. Diagramme de classe du cas d'étude

Sur la figure 39, nous retrouvons toutes les classes du diagramme de classe de la figure 38. Ici, le choix a été fait de ne pas reporter les attributs sur les arcs du graphe. Les liens, orientés ou non, ont été conservés comme tels sur le graphe.

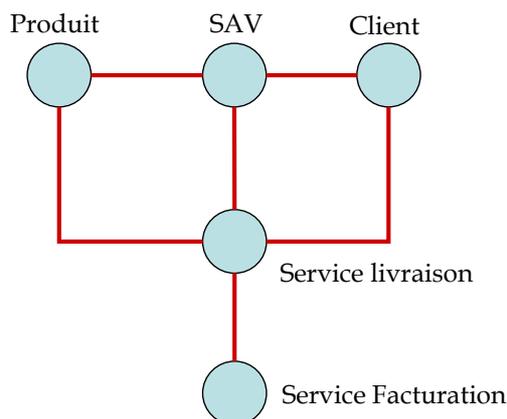


Figure 39. Transformation sous forme de graphe du diagramme de classes de la figure 38

IV.4 Conclusion

Les modèles issus des méthodes de modélisation d'entreprise sont aisément transposables en graphes étant donné qu'ils sont, au départ, basés sur la théorie des graphes. Les graphes présentent un triple avantage. Ils permettent, tout d'abord, d'extraire, des différents langages utilisés, les seules informations concernant l'interopérabilité ce qui permet d'avoir une vision claire et détaillée des échanges effectués au sein de la chaîne logistique. Les graphes permettent, également, de distinguer les différentes entreprises voire les différentes chaînes logistiques afin de respecter la confidentialité des informations et produits échangés comme cela avait été expliqué dans la partie précédente. Enfin, les graphes possèdent une représentation graphique, mais également une théorie mathématique applicable directement sur la représentation graphique. Ce qui nous permet de créer des règles applicables directement sur les graphes déduits des modèles, qui ont pour but de déceler certains problèmes d'interopérabilité. La partie suivante présente ces règles.

V Les règles génériques d'interopérabilité

Dans la typologie présentée dans la première partie de ce chapitre, nous avons vu que selon les parties de l'entreprise que l'on désire étudier, différents langages de modélisation sont utilisés.

La partie précédente a montré qu'il était possible de transformer n'importe quel langage de modélisation en un ou plusieurs graphes représentant uniquement les éléments nécessaires à la caractérisation de l'interopérabilité. Chaque nœud d'un graphe représente une ressource, un service d'une entreprise, une entreprise, ... plus généralement, nous dirons que chaque nœud représente un système. Chaque lien (ou arc) du graphe représente un échange entre deux nœuds (ou systèmes). Ici, le terme « échange » n'est pas employé dans sa signification d'un aller et d'un retour combinés, mais signifie seulement qu'un nœud émetteur envoie une information ou un produit vers un nœud récepteur du même graphe.

Afin de détecter les problèmes d'interopérabilité il est nécessaire d'identifier des règles génériques, applicables à tous les graphes, et des règles spécifiques (liées au domaine de l'entreprise) déterminées par les spécialistes de l'interopérabilité. Il est possible d'identifier cinq règles génériques d'interopérabilité :

1. la nécessité d'avoir une boucle de retour pour chaque nœud du graphe,
2. la nécessité d'identifier les nœuds critiques (ou goulets d'interopérabilité),
3. la nécessité de rechercher le plus long chemin dans le graphe (en terme de temps),
4. la nécessité de rechercher le chemin où le risque de non-interopérabilité est le plus grand c'est-à-dire :
 - a. le chemin où il y a le plus grand nombre d'arcs,
 - b. le chemin où les nœuds qui le composent totalisent le plus grand nombre de connexion avec les autres nœuds du graphe,
 - c. le chemin qui comptabilise le plus grand nombre d'échanges dans un laps de temps donné en prenant en compte la période indiquée sur chaque lien.

Ces règles s'appliquent directement sur les graphes. Etant donné que les graphes peuvent être exprimés à des degrés d'agrégation divers, alors il en va de même pour les règles. Elles peuvent donc être utilisées à différents niveaux d'agrégation.

V.1 Généralités sur la théorie des graphes

Un graphe $G = [X, U]$ est déterminé par :

- un ensemble X dont les éléments sont appelés des sommets ou des nœuds. Si $N=|X|$ est le nombre de sommets, on dit que le graphe G est d'ordre N . On supposera que les sommets sont numérotés $i = 1, 2, \dots, N$.
- un ensemble U dont les éléments $u \in U$ sont des couples ordonnés de sommets appelés des arcs. Si $u=(i, j)$ est un arc de G , i est l'extrémité initiale de u et j l'extrémité terminale de u . On notera souvent $|U|=M$ le nombre d'arcs dans le graphe G .

On dit que j est le successeur de i s'il existe un arc ayant i comme extrémité initiale et j comme extrémité terminale. L'ensemble des successeurs d'un sommet $i \in X$ est noté : Γ_i .

V.2 Règle générique d'interopérabilité N°1

La nécessité d'avoir une boucle de retour pour chaque nœud du graphe : chaque nœud destinataire doit envoyer un retour vers chaque nœud expéditeur afin que l'expéditeur puisse être sûr que le destinataire ait effectivement reçu ce qui lui a été envoyé.

La matrice d'incidence sommets-arcs d'un graphe $G = [X,U]$ est une matrice $A = (a_{iu})$, $i = 1, \dots, N$, $u = 1, \dots, M$ à coefficients entiers 0, +1, -1 telle que chaque colonne correspond à un *arc* de G , et chaque ligne à un *sommet* de G ; si $u = (i, j) \in U$, la colonne u a tous ses termes nuls, sauf :

$$a_{iu} = +1$$

$$a_{ju} = -1.$$

Exemple :

La matrice d'incidence sommets-arcs du graphe de la figure 40 est :

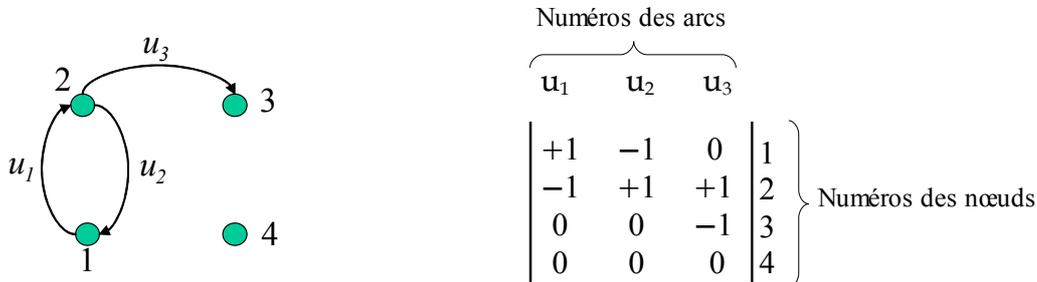


Figure 40. Graphe G

Pour vérifier l'existence de boucle de retour, nous devons comparer chaque ligne de la matrice d'incidence deux à deux. Pour chaque couple de ligne, nous devons regarder le nombre de vecteurs $[+1; -1]$ et le nombre de vecteurs $[-1; +1]$. Si les deux nombres sont identiques, alors nous n'avons que des boucles de retour, dans le cas contraire nous avons autant d'arc sans retour que de différence entre les deux nombres. D'autre part, les règles suivantes sont vérifiées :

- si une ligne est exclusivement composée de « 0 » alors le nœud est isolé.
- si une ligne n'est composée que d'une seule valeur non nulle ou exclusivement de valeur de même signe, alors il n'y a pas de boucle de retour sur ce nœud.
- si une ligne n'est pas composée du même nombre de « +1 » et de « -1 » alors, cela signifie que tous les nœuds destinataires ne renvoient pas systématiquement un retour vers les nœuds expéditeurs. Plus précisément :
 - si le nombre de « +1 » est supérieur au nombre de « -1 » alors, les nœuds destinataires des envois du nœud considéré ne renvoient pas systématiquement un retour vers ce nœud,
 - si le nombre de « +1 » est inférieur au nombre de « -1 » alors, le nœud considéré ne renvoient pas systématiquement un retour vers les nœuds expéditeurs.

V.3 Règle générique d'interopérabilité N°2

Il est nécessaire d'identifier les nœuds critiques (ou goulets d'interopérabilité), c'est-à-dire les nœuds qui en disparaissant diviseraient le graphe en plusieurs parties. Ces nœuds sont importants car en cas de problème sur ces derniers, une partie de la chaîne se trouvera isolée du reste. Or cette situation est à bannir lorsque l'on souhaite mettre en place ou améliorer le fonctionnement d'une entreprise étendue. Cette identification est en fait la recherche des points d'articulation du graphe considéré. Un *point d'articulation* d'un graphe est un sommet dont la suppression augmente le nombre de composantes connexes. [Gondran 95]

Un graphe est dit *connexe* si, pour tout couple de sommets i et j :

- soit $i = j$,
- soit il existe une chaîne joignant i et j .

Une chaîne L de longueur q est une séquence de q arcs : $L = \{u_1, u_2, \dots, u_q\}$, telle que chaque arc u_r de la séquence ($2 \leq r \leq q - 1$) ait une extrémité commune avec l'arc u_{r-1} ($u_{r-1} \neq u_r$) et l'autre extrémité commune avec l'arc u_{r+1} ($u_{r+1} \neq u_r$). L'extrémité i de u_1 non adjacente à u_2 , et l'extrémité j de u_q non adjacente à u_{q-1} sont appelées les *extrémités de la chaîne* L . On dit aussi que la chaîne L joint les sommets i et j . La figure 41 présente un exemple de chaîne.

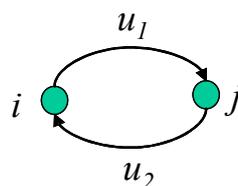


Figure 41. Exemple de chaîne de longueur 2

Le graphe de la figure 42 a comme point d'articulation le nœud 3.

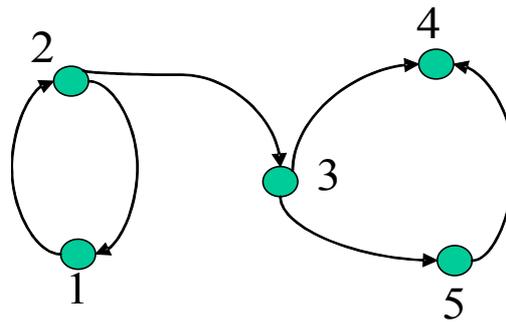


Figure 42. Exemple de graphe ayant un point d'articulation

Partant d'un sommet du graphe, on va numéroter les sommets dans l'ordre d'une exploration en profondeur d'abord, c'est-à-dire que l'on descendra d'abord dans le graphe le plus loin possible sans former de cycle puis on remontera jusqu'à la dernière bifurcation laissée de côté et ainsi de suite jusqu'au retour au sommet de départ. L'ensemble des sommets ainsi rencontrés forment la première composante connexe.

Si tous les sommets du graphe ont été rencontrés, le graphe est connexe.

Sinon, on recommence l'exploration précédente à partir d'un sommet non encore rencontré, d'où une seconde composante connexe, etc.

On notera $num(i)$ le numéro du sommet i dans cette exploration. Si on commence par le sommet l on a donc $num(l) = 1$. On notera $p(i)$ le prédécesseur du sommet i dans l'arborescence ainsi construite.

Le graphe est représenté par sa fonction multivoque Γ . $d_G^+(i)$ représente le nombre de successeur du sommet i : $d_G^+(i) = |\Gamma_i|$. Pour k de 1 à $d_G^+(i)$, $\Gamma_i(k)$ représente le k -ième successeur du sommet i .

Pour effectuer l'exploration dans la structure de données du graphe, on aura besoin à chaque étape de l'algèbre de l'indice $n(i)$ du dernier sommet exploré à partir du sommet i . Au départ, on a donc $n(i)=0$.

Pour chaque sommet i , on considère l'ensemble $D(i)$ des descendants de i . Puis pour chaque sommet $j \in D(i)$ on associe le nombre : $l(j) = \min_{k \in \Gamma_j} (num(k))$,

c'est-à-dire le plus petit numéro des sommets adjacents à j dans le graphe G . On défini

alors un nouvel indice $inf(i)$ par : $inf(i) = \min_{j \in D(i)} l(j)$

Cet indice $inf(i)$ correspond donc au minimum de $num(i)$ et du plus petit numéro des sommets pouvant être atteints avec une seule arête à partir d'un des descendants de i dans l'arborescence.

Remarquons que l'on a toujours $inf(i) \leq num(i)$, le sommet i est un point d'articulation pour le graphe.

L'algorithme 1, tirés de [Tarjan 72], permet la recherche des points d'articulation d'un graphe connexe à partir d'un sommet donné.

Algorithme 1 :

(a) _ Initialisation

$p(i) = 0$ i de 1 à N
 $d(i) = d^+_i = |\Gamma_i|$ i de 1 à N
 $n(i) = 0$ i de 1 à N
 $inf(i) = +\infty$ i de 1 à N
 $k = 0$
 $i = 1$
 $num(1) = 1$
 $p(1) = 1$ (choix arbitraire $\neq 0$)

(b) _ Etape fondamentale

Tant que ($n(i) \neq i$ ou $i \neq 1$) répéter
 Si $n(i) = d(i)$, alors $q \leftarrow inf(i)$
 $i \leftarrow p(i)$
 $inf(i) \leftarrow \min(q, inf(i))$
 si $inf(i) = num(i)$, i est point d'articulation
 (on peut chercher la composante 2-connexe)
 Sinon (on explore le sommet suivant de Γ_i)
 si $j = p(i)$, alors $n(i) \leftarrow n(i) + 1$
 $j \leftarrow \Gamma_i(n(i))$
 si $p(j) = 0$, alors $inf(i) \leftarrow \min(inf(i), num(i))$
 $p(j) \leftarrow i$
 $i \leftarrow j$
 $k \leftarrow k+1$
 $num(i) \leftarrow k$

 sinon $inf(i) \leftarrow \min(inf(i), num(i))$

FIN

V.4 Règle générique d'interopérabilité N°3

Cette règle traduit la nécessité de rechercher le plus long chemin dans le graphe (en terme de temps). En effet, le chemin le plus long sera à gérer avec précaution et il faudra vérifier :

- qu'il n'impacte sur aucun autre chemin,
- qu'il ne prend pas de retard,

ceci signifie qu'il devra être particulièrement surveillé par tous les membres de la chaîne logistique globale. Pour cela, on attribut à chaque lien une durée égale à la somme du temps nécessaire à l'échange et du temps nécessaire au traitement effectué par le nœud émetteur.

Cette règle peut également s'appliquer pour la recherche du chemin le plus coûteux. Dans ce cas, on attribut à chaque lien le coût global dû à l'activité du noeud émetteur et au transport du produit ou de l'information jusqu'au noeud destinataire.

V.4.1 La recherche du plus long chemin dans le graphe peut se faire par itérations successives

Étant donné un graphe $G = [X, U]$, on associe à chaque arc $u \in U$ un nombre $l(u) \in \mathfrak{R}$ appelé « longueur de l'arc ». On dit que G est valué par les longueurs $l(u)$. Si $u = (i, j)$ on utilisera également la notation l_{ij} pour la longueur de l'arc u . Le problème du plus long chemin entre deux sommets i et j sera de trouver un chemin $\mu(i, j)$ de i à j dont la longueur totale :

$$l(\mu) = \sum_{u \in \mu(i, j)} l(u) \quad \text{soit maximum.}$$

Dans notre domaine, quelques que soient les situations, les longueurs sont toujours positives. En nous basant sur l'algorithme de Moore-Dijkstra, qui calcule le plus court chemin d'un sommet donné à tous les autres, nous calculerons le plus long chemin d'un sommet donné à tous les autres.

Posons $X = \{1, 2, \dots, N\}$

Soit l_{ij} la longueur de l'arc (i, j) si $(i, j) \in U$.

Définissons $\pi^*(i)$ comme la longueur minimum des chemins de 1 à i ; en particulier $\pi^*(1) = 0$

L'algorithme procédera en $N-1$ itérations. Au début de chacune des itérations l'ensemble des sommets est partitionné en deux sous-ensembles, S et $\bar{S} = X - S$, avec $1 \in S$.

Chaque sommet i de X est affecté d'une étiquette $\pi(i)$ qui vérifie la propriété suivante :

- si $i \in S$, $\pi(i) = \pi^*(i)$
- si $i \in \bar{S}$, $\pi(i) = \max_{\substack{k \in S \\ k \in \Gamma_i^{-1}}} (\pi(k) + l_{ki})$

La valeur $\pi(i)$ ($i \in \bar{S}$) donne la longueur maximale des chemins de 1 à i , soumis à la condition que tous les sommets excepté i sont dans S .

Algorithme 2a proposé : Recherche du plus long chemin du sommet 1 à tous les autres

(a) _ Initialisation

$$\bar{S} = \{2, 3, \dots, N\}, \quad \pi(1) = 0 \quad \pi(i) = \begin{cases} l_{1i} & \text{si } i \in \Gamma_1 \\ +\infty & \text{sinon} \end{cases}$$

(b) _ Sélectionner $j \in \bar{S}$ tel que $\pi(j) = \max_{i \in \bar{S}} (\pi(i))$

faire : $\bar{S} \leftarrow \bar{S} - \{j\}$.

Si $|\bar{S}| = 0$ FIN ; sinon aller en (c)

(c) _ Faire pour tout $i \in \Gamma_j$ et $i \in \bar{S}$

$$\pi(i) \leftarrow \max(\pi(i), \pi(j) + l_{ji})$$

et retourner en (b).

L'étape (c) revient à ajuster la valeur des $\pi(i)$ ($i \in \bar{S}$) afin de tenir compte du fait que j est maintenant dans S .

L'algorithme définit donc l'un après l'autre les sommets les plus proches de 1. Il conduit à la construction d'une arborescence de racine 1 qui détermine les plus courts chemins de 1 à tous les autres sommets $i \in X$.

Remarquons cependant que si on veut déterminer explicitement le plus long chemin et non pas seulement sa longueur, nous devons dans l'algorithme 2 tenir à jour un vecteur $P(i) = j$ si $\pi(i) = \pi(j) + l_{ji}$. Ce vecteur sera mis à jour à l'étape (c) chaque fois que les $\pi(i)$ augmenteront.

Dans le cas où toutes les longueurs sont égales, nous pouvons améliorer l'algorithme 2 pour le calcul du plus long chemin du sommet 1 à tous les autres.

Algorithme 2b proposé :

(a) _ Poser

$$\pi(1) = 0 \quad \pi(i) = +\infty \text{ pour } i \geq 2$$

$$k = 0, S = \{1\}, S_0 = \{1\}$$

($\pi(i)$ est une étiquette qui, dès qu'elle ne sera plus $+\infty$, sera égale au nombre d'arcs du chemin).

(b)_A l'itération k , soit $S_k = \{i \mid \pi(i) = k\}$ et $S = \{i \mid \pi(i) \leq k\}$

Poser

$$S_{k+1} = \Gamma S_k \cap \bar{S}$$

$$\pi(i) = k + 1 \text{ pour } i \in S_{k+1}$$

$$S \leftarrow S \cup S_k$$

(c)_Si $|S| = |X|$, FIN. Sinon, aller en (b) avec $k \leftarrow k + 1$

V.4.2 La recherche du plus long chemin dans le graphe peut se faire par l'utilisation des algorithmes matriciels

On définit les matrices $L = (l_{ij})$ et $\hat{L} = (\hat{l}_{ij})$ où

$$l_{ij} = \begin{cases} \text{longueur de l'arc } (i, j) \text{ si } (i, j) \in U \\ +\infty \text{ sinon.} \end{cases}$$

$$l_{ii} = 0$$

$$\hat{l}_{ij} = \begin{cases} \text{longueur du plus long chemin entre } i \text{ et } j \text{ si } j \in \hat{\Gamma}_i, \\ +\infty \text{ sinon.} \end{cases}$$

L'algorithme 3, est basé sur les remarques suivantes :

- si on pose $L^{(0)} = L$ et que l'on calcule la matrice $L^{(1)}$ par les formules :

$$l_{ij}^{(1)} = \max(l_{ij}^{(0)}, l_{il}^{(0)} + l_{lj}^{(0)})$$

alors $l_{ij}^{(1)}$ représente la longueur maximum des chemins de i à j ne pouvant avoir que 1 comme sommet intermédiaire.

- Alors si on calcule la matrice $L^{(k)}$ à partir de la matrice $L^{(k-1)}$ par les formules :

$$l_{ij}^{(k)} = \max(l_{ij}^{(k-1)}, l_{ik}^{(k-1)} + l_{kj}^{(k-1)})$$

$l_{ij}^{(k)}$ représente la longueur maximum des chemins de i à j dont les seuls sommets intermédiaires sont des sommets de l'ensemble $\{1, 2, \dots, k\}$.

- On en déduit alors $L^{(N)} = \hat{L}$.

On a donc :

Algorithme 3 proposé : Recherche de la matrice des plus long chemins. Cet algorithme est basé sur celui de [Floyd 62] qui recherche la matrice des plus longs chemins.

Pour k de 1 à N

Faire pour tout i et j de 1 à N

$$l_{ij} \leftarrow \max(l_{ij}, l_{ik} + l_{kj})$$

Lorsque l'algorithme se termine, on a l_{ij} = longueur du plus long chemin de i à j .

Remarquons cependant qu'il faut tenir une comptabilité des nœuds k intermédiaires si l'on veut connaître le chemin et non seulement sa longueur.

V.5 Règle générique d'interopérabilité N°4

La nécessité de rechercher le chemin où le risque de non-interopérabilité est le plus grand. Cette règle peut se définir de trois façons différentes :

- le chemin où il y a le plus grand nombre d'arcs,
- Le chemin où les nœuds qui le composent totalisent le plus grand nombre de connexions avec les autres nœuds du graphe,
- Le chemin qui comptabilise le plus grand nombre d'échanges dans un laps de temps donné en prenant en compte la période indiquée sur chaque lien.

V.5.1 Le chemin où il y a le plus grand nombre d'arcs

En effet, plus le nombre d'arcs est élevé, plus il y aura de manipulation de l'information ou du produit traité donc plus le risque d'erreur ou de non respect de la qualité est élevé.

La recherche du chemin contenant le plus grand nombre d'arcs peut se faire :

1. soit à l'aide de l'algorithme 2 (Recherche du plus long chemin du sommet 1 à tous les autres). Dans ce cas, le chemin que l'on recherche sera celui ayant le plus grand $\Pi(i)$.
2. soit à l'aide de l'algorithme 3 (Recherche de la matrice des plus longs chemins). Dans ce cas, le chemin que l'on recherche est celui ayant la plus grande longueur (si l'on émet l'hypothèse que tous les arcs ont la même longueur).

V.5.2 Le chemin où les nœuds qui le composent totalisent le plus grand nombre de connexions avec les autres nœuds du graphe

En augmentant le nombre de connexions de chaque nœud, on augmente la difficulté des systèmes à être interopérables. En effet, si un système échange avec un nombre élevé d'autres systèmes, il devra donc être interopérable avec tous ces systèmes, par conséquent il devra avoir une grande flexibilité. Or il est plus difficile d'être interopérable avec de nombreux systèmes plutôt qu'avec un seul. C'est pourquoi, il est très important d'identifier ces nœuds particuliers.

Pour connaître le nombre de noeuds avec lequel le noeud i échange, une solution consiste, à partir de la matrice d'incidence du graphe, à regarder à quelle ligne correspond la seconde composante du vecteur $[+1,-1]$ ou $[-1,+1]$ dont la première composante est située sur la ligne i . Le nombre de lignes différentes avec lesquelles la ligne i forme un vecteur $[+1,-1]$ ou $[-1,+1]$ est le nombre de noeuds avec lequel le noeud i échange.

V.5.3 Le chemin qui comptabilise le plus grand nombre d'échanges dans un laps de temps donné en prenant en compte la périodicité d'envoi indiquée sur chaque lien

La notion d'interopérabilité entraîne la notion de criticité de l'interopérabilité. En effet nous sommes amenés à nous interroger sur le fait que les problèmes d'interopérabilité aient la même importance quelque soit le nombre d'échanges effectués entre deux ressources et quelque soient les ressources employées. Dans le cas contraire, la notion de criticité apparaît et prend toute son importance. Or, il apparaît que l'importance des

problèmes d'interopérabilité dépend très fortement du nombre d'échanges effectués. Il est donc essentiel de caractériser la criticité des échanges. En effet, le nombre d'échanges ne se limite pas au nombre d'arcs sur le graphe, il faut également prendre en compte le nombre d'itérations sur chaque arc c'est-à-dire la périodicité avec laquelle les cadres de décision, informations ou produits sont envoyés d'un nœud vers un autre.

Pour cela, il suffit d'utiliser l'algorithme 2a avec comme hypothèse que les longueurs des arcs correspondent à la période indiquée sur chaque arc multipliée par le nombre d'itérations de l'échange considéré. La longueur de chaque arc est indiquée sur le graphe. L'algorithme s'arrête lorsque la longueur maximale est atteinte. La longueur représentant ici le temps qui s'écoule, la longueur maximale représente donc le laps de temps pendant lequel on observe le graphe. Ce laps de temps est défini au début de l'algorithme.

V.6 Conclusion

Les règles d'interopérabilité permettent la mise en évidence de certains problèmes d'interopérabilité au travers de l'application de la théorie mathématique sur la représentation graphique. Cependant, ces règles ne mettent pas en évidence que des problèmes, elles nous indiquent aussi quels nœuds nous devons surveiller plus particulièrement afin d'éviter de créer de nouveaux problèmes, c'est par exemple le cas de la règle N°2. Ceci étant dit, nous pouvons nous poser la question : « l'interopérabilité en soit est-elle suffisante? ». En effet, devons-nous prendre en compte la quantité d'effort déployé pour réaliser l'interopérabilité ? Notre opinion est que la quantité d'effort déployé est une notion quasiment aussi importante que l'interopérabilité elle-même. C'est pourquoi, nous détaillerons cette notion dans la partie suivante.

VI Mesure du niveau d'effort d'interopérabilité

Dans cette partie, nous considérerons l'interopérabilité en tant que performance. Ce faisant, il devient alors possible de la mesurer. Cette mesure s'effectuera selon les trois types d'interopérabilité (définis au paragraphe 3 de ce chapitre) : interopérabilité sémantique, interopérabilité informatique et interopérabilité opérationnelle. Nous retrouvons le triptyque « coût, qualité, délai » au sein de la définition de l'interopérabilité organisationnelle. Il est alors possible de l'associer à chaque arc du graphe.

VI.1 Définition du niveau d'effort de l'interopérabilité

La définition de l'interopérabilité a été récemment redéfinie comme étant la « capacité pour un système ou un produit à travailler avec les autres systèmes ou produits sans effort particulier de la part du client » [I-ESA'06]. Nous pouvons compléter cette définition en précisant que l'interopérabilité « sans effort » peut être définie comme la capacité d'un système à utiliser une information ou un produit sans aide extérieure.

VI.2 Les niveaux d'interopérabilité et les critères d'effort

Dans un premier temps, nous nous limitons à la détection de l'interopérabilité. Pour cela, nous avons établi une série de questions pour lesquelles les seules réponses possibles sont oui ou non. Ces questions sont hiérarchisées, de l'absence totale d'interopérabilité jusqu'à l'interopérabilité effective, de façon à pouvoir établir, sans équivoque, le niveau d'interopérabilité de l'échange considéré. Nous déterminons le niveau d'interopérabilité pour chaque échange (lien du graphe) séparément.

Dans un deuxième temps, nous nous attacherons à déterminer l'effort développé pour permettre l'interopérabilité. Car, si l'objectif principal est l'obtention de l'interopérabilité, cela ne doit pas se faire au prix d'un effort considérable, entraînant inévitablement une consommation excessive de temps, d'argent et peut-être de qualité de l'information ou du produit échangé. Bien entendu, nous ne pouvons mesurer l'effort développé pour permettre l'interopérabilité uniquement dans le cas où l'interopérabilité a été vérifiée au

niveau de l'échange considéré.

VI.2.1 Les niveaux d'interopérabilité

La définition des niveaux d'interopérabilité varient selon la nature de l'échange considéré. Nous nous intéressons, tout d'abord, aux échanges d'informations, puis aux échanges de produits.

Les différentes possibilités de transmission d'une information sont les suivantes :

- A. courrier (papier),
- B. papier donné en main propre,
- C. téléphone (ou transmission orale d'une information),
- D. fax,
- E. donnée informatique :
 - E1. courrier électronique,
 - E2. fichier (attaché à un courrier électronique, par exemple),
 - E3. donnée sur un serveur,
 - E4. donnée mise à jour de façon automatique (mise à jour d'une base de donnée par une tierce personne, par exemple).

VI.2.1.1 Mesure de l'interopérabilité pour les échanges d'informations

En se basant sur les différentes possibilités de transmission d'une information et en considérant un échange d'information entre deux personnes (un cadre de décision peut être considéré comme une information), nous pouvons identifier les niveaux suivants :

1. l'information envoyée n'est pas reçue et rien n'indique :
 - a. au destinataire qu'il aurait dû recevoir quelque chose et,
 - b. à l'expéditeur que le destinataire ne l'a pas reçu (cas A, E1, E2, E3),
2. l'information envoyée n'est pas reçue et rien n'indique au destinataire qu'il aurait

- dû recevoir quelque chose, mais l'expéditeur sait que le destinataire ne l'a pas reçue (cas D, E1, E2),
3. l'information envoyée n'est pas reçue, mais le destinataire et l'expéditeur savent qu'ils auraient dû recevoir quelque chose (cas E3, E4),
 4. l'information est reçue, mais le destinataire ne peut pas l'ouvrir (uniquement dans le cas de données informatiques) (cas E1, E2, E3, E4),
 5. l'information peut être ouverte, mais le destinataire ne la comprends pas (cas A, B, C, D, E1, E2, E3, E4) :
 - a. soit parce que le destinataire n'a pas le logiciel approprié donc les données sont illisibles car elles apparaissent sous forme cryptées (uniquement dans le cas de données informatique),
 - b. soit parce que la langue ou le vocabulaire utilisé dans le document n'est pas une langue maîtrisée par la personne qui doit lire l'information,
 - c. soit parce que le destinataire n'a pas la procédure reliée à cette information,
 - d. ...
 6. l'information est comprise, mais le destinataire ne peut pas l'exploiter car (cas A, B, C, D, E1, E2, E3, E4) :
 - a. il n'a pas besoin de l'information (elle aurait dû être destinée à une autre personne),
 - b. l'information lui est bien destinée, mais elle arrive trop tôt (donc elle risque d'être obsolète au moment ou on en aura besoin et en attendant se pose le problème du stockage),
 - c. l'information lui est bien destinée, mais elle arrive trop tard,
 - d. ...
 7. on peut exploiter l'information (cas A, B, C, D, E1, E2, E3, E4).

Cette démarche peut se résumer par la figure 43. La figure présente un protocole générique d'échange d'information entre deux nœuds donnés. La nature des nœuds n'influe pas sur la démarche proposée. Les nœuds sont ici appelés systèmes pour revenir à leurs significations premières. L'arc reliant les deux nœuds est représenté par une flèche reliant les deux systèmes. Sur cette flèche, sept jalons ont été rajoutés pour représenter les sept étapes menant de la non-interopérabilité à l'interopérabilité. A chaque jalon, une question est posée. Si l'échange est interopérable, alors le dernier jalon est validé, l'information étudiée a donc atteint le système 2 et peut être exploitée par lui. Nous pouvons alors mesurer l'effort déployé pour l'interopérabilité à l'aide des questions présentées dans la suite de ce chapitre.

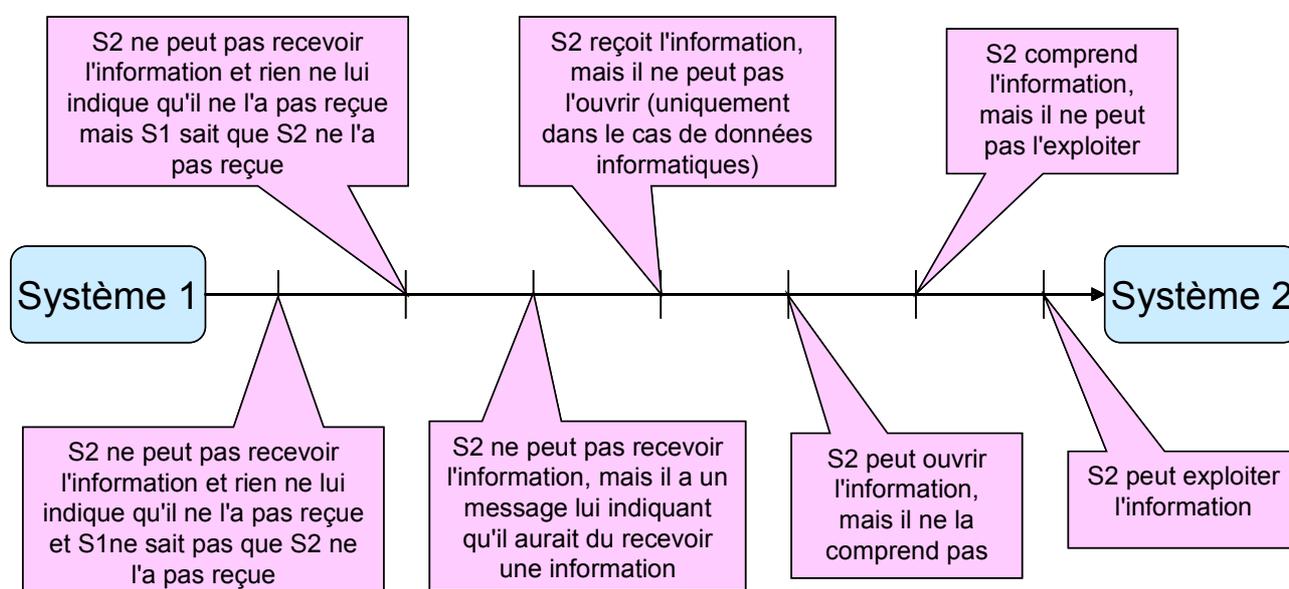


Figure 43. Protocole d'échange d'information

VI.2.1.2 Mesure de l'interopérabilité pour les échanges de produits

Nous pouvons également définir des niveaux d'interopérabilité dans le cas d'échange de produits :

1. on ne peut pas recevoir le produit et rien ne nous indique que nous ne l'avons pas reçu et l'expéditeur ne sait pas que nous ne l'avons pas reçu,
2. on ne peut pas recevoir le produit et rien ne nous indique que nous ne l'avons pas

- reçu mais l'expéditeur sait que nous ne l'avons pas reçu,
3. on ne peut pas recevoir le produit, mais nous avons un message nous indiquant que nous aurions dû recevoir un produit,
 4. on reçoit le produit, mais on ne peut pas l'exploiter car :
 - a. on n'a pas besoin du produit (il aurait dû être destiné à une autre personne),
 - b. le produit nous est bien destiné, mais il arrive trop tôt ou trop tard,
 - c. ...
 5. on peut exploiter le produit.

La démarche proposée peut se résumer par la figure 44. La figure représente un protocole générique d'échange de produits. Ce protocole est similaire à celui des échanges d'information. Nous retrouvons, ici, cinq jalons pour atteindre l'interopérabilité d'un échange de produit entre deux systèmes.

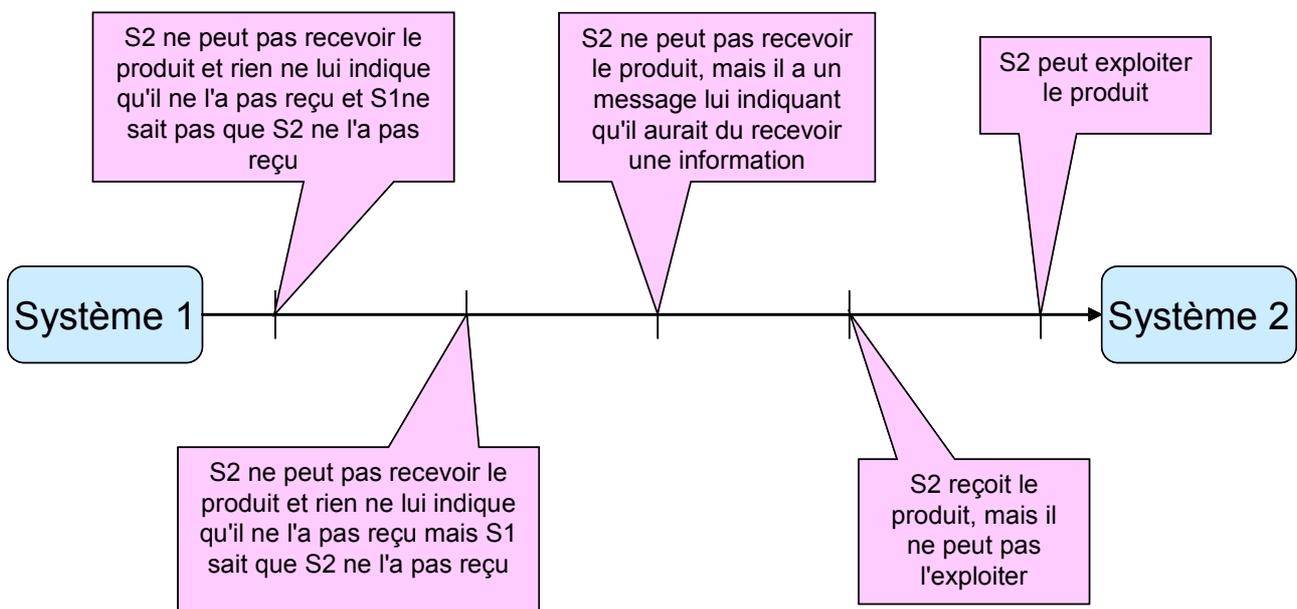


Figure 44. Protocole d'échange de produits

VI.2.2 Les critères d'effort

Comme nous l'avons énoncé précédemment, les « critères d'effort » nous permettent de définir la quantité d'effort déployé dans le but de permettre l'interopérabilité. Or cet effort

entraîne une consommation en terme de temps ou de coût, ceci pouvant entraîner une perte de qualité pour l'entreprise. Il faut donc connaître cet effort avec précision. De plus, nous ne pouvons mesurer l'effort à l'aide des critères que dans le cas où l'interopérabilité est vérifiée c'est-à-dire si le niveau d'interopérabilité mesuré atteint le niveau 7 (pour un échange d'information) ou le niveau 5 (pour un échange de produit).

Les critères utilisés pour la mesure de l'effort sont issus de la description détaillée de notre vision de l'interopérabilité, présentée dans la troisième partie de ce chapitre, selon les trois domaines : sémantique, informatique et organisationnel. Les critères induits de la définition de l'interopérabilité sémantique sont les suivants :

- le nombre d'informations non-exploitées ou de produits dont l'exploitation a posé problème à cause d'une langue étrangère non comprise par la ou les personnes devant exploiter les informations ou produits concernés, sur un laps de temps donné;
- le nombre d'informations non-exploitées ou de produits dont l'exploitation a posé problème à cause d'un langage technique non compris par la ou les personnes devant exploiter les informations ou produits concernés, sur un laps de temps donné.

Les critères induits de la définition de l'interopérabilité informatique sont les suivants :

- le nombre d'informations ou de produits non-exploités ou de messages d'erreur lors de l'exploitation d'une information ou d'un produit qui sont dûs à un langage non-connu du système technique chargé de l'exploitation et ce sur un laps de temps donné;
- le nombre d'informations ou de produits non-exploités ou de messages d'erreur lors de l'exploitation d'une information ou d'un produit qui sont dûs à un format de données non-connu du système technique chargé de l'exploitation et ce sur un laps de temps donné;
- le nombre d'informations ou de produits non-exploités ou de messages d'erreur lors de l'exploitation d'une information ou d'un produit qui sont dûs à un modèle de

donnée non-connu du système technique chargé de l'exploitation et ce sur un laps de temps donné;

- le nombre d'informations non-traitées à cause de la non-compréhension de l'interface homme/machine;
- le nombre d'informations non-traitées à cause de l'utilisation par la machine d'un langage non-compris par l'homme ou inversement, et ce sur un laps de temps donné;
- le nombre d'informations non-traitées du fait de l'utilisation par la machine d'un format des données (exemple : message d'erreur) non-compris par l'homme ou inversement, et ce sur un laps de temps donné.

Les critères induits de la définition de l'interopérabilité organisationnelle sont les suivants :

- le temps perdu avant le traitement de l'information (le temps entre le moment où on reçoit l'information et le moment où on peut l'utiliser (temps nécessaire au traitement du fruit de l'échange : donnée, produit, ...));
- le nombre d'opérations nécessaires (excepté ouvrir et/ou enregistrer le fichier dans le cas de données informatiques) avant de pouvoir exploiter le fruit de l'échange;
- le nombre d'outils utilisés pour permettre l'utilisation de l'information ou du produit;
- le temps entre le moment où on reçoit l'information ou le produit et le moment où on en a besoin;
- le nombre d'informations ou de produits que l'on ne traite pas (pour diverses raisons : on ne sait pas à quoi correspond la pièce reçue, il y a trop d'informations et on ne traite que de temps en temps la dernière arrivée, on a pas besoin de l'information, ...) sur le nombre d'informations ou de produits que l'on reçoit, pendant un laps de temps donné;
- le nombre de produits présentant un défaut sur le nombre total de produits, sur un

laps de temps donné;

- le nombre d'informations qui se sont avérées erronées ou de produits qui se sont avérés défectueux après leur exploitation, sur un laps de temps donné;
- le nombre d'informations non-exploitées car elles sont arrivées trop tôt ou trop tard.

VI.2.3 Interprétation du niveau d'effort

Après avoir apporté une réponse à chacune des questions permettant de déterminer le niveau d'effort de l'échange considéré, nous pouvons remplir le tableau suivant :

Numéro du lien	Nom du premier critère	Nom du second critère	...	Moyenne des notes par lien
Lien N°1	Note	Note	Note	
Lien N°2	Note	Note	Note	
...	Note	Note	Note	
Moyenne des notes par critère				

Tableau 10. Tableau récapitulatif des notes par lien de chaque critère

Avec « Lien » : les liens du graphe, « Critère » : les critères d'effort définis précédemment et « Note » : une note comprise entre 0 et 5 proportionnelle à l'effort à fournir selon le classement suivant :

0. Aucun effort
1. Très peu d'effort
2. Peu d'effort
3. Effort moyen
4. Effort conséquent
5. Énormément d'effort

Le choix de la note sera fait en fonction d'une échelle préétablie par le groupe de pilotage.

VI.3 Conclusion

L'interopérabilité sans effort est le but ultime recherché par toutes les chaînes logistiques car elle doit faciliter la collaboration entre les entreprises afin de réduire les coûts, les délais et améliorer la qualité des produits et du service au client final. Il est donc primordial de vérifier cette interopérabilité et de vérifier les efforts déployés pour l'atteindre. C'est pourquoi deux échelles de niveaux d'interopérabilité ont été créées à partir de la liste des moyens de transmission possibles d'une information ou d'un produit. Ces deux échelles, une pour un échange d'information et l'autre pour un échange de produit, sont composées d'une suite de questions pour lesquelles les réponses ne peuvent être que oui ou non. Chaque échelle doit être appliquée pour chaque lien du ou des graphes établis lors de la phase de caractérisation de l'interopérabilité, présentée dans la quatrième et la cinquième partie de chapitre. Si une réponse positive est apportée à chaque question, alors l'interopérabilité est vérifiée, il est donc possible de mesurer l'effort déployé pour permettre cette interopérabilité. C'est là qu'interviennent les critères d'effort, qui sont une série de questions classées en trois catégories et déduites de notre vision de l'interopérabilité présentée dans la troisième partie de ce chapitre.

VII Conclusion

Les outils développés permettent une caractérisation complète de l'interopérabilité quelle soit sémantique, organisationnelle ou informatique. En effet, les règles génériques et spécifiques, d'une part, le calcul du niveau d'interopérabilité et le calcul du niveau d'effort au travers de leurs questions, d'autre part, traitent de tous les aspects de l'interopérabilité.

La caractérisation se fait au niveau de chaque lien du graphe c'est-à-dire pour chaque échange entre deux systèmes donnés. Elle permet de définir si, pour l'échange considéré, les deux systèmes sont interopérables. Dans le cas où l'interopérabilité est établie, nous pouvons mettre en évidence le fait qu'elle soit plus ou moins optimale grâce aux règles génériques et spécifiques qui mettent en évidence certains problèmes. D'autre part, nous pouvons spécifier le niveau d'effort déployé afin de permettre l'interopérabilité. L'objectif recherché étant une interopérabilité optimale et sans effort sur tous les liens du graphe. Dans ce but, le chapitre suivant présente une méthode utilisant les outils de caractérisation. Cette méthode sera, par la suite, incluse dans une méthode globale de gestion de l'évolution d'entreprises pour leur permettre d'améliorer ou de mettre en place leurs interopérabilités respectives.

Chapitre 4

Démarche de caractérisation de l'interopérabilité et de gestion de l'évolution

Table des matières du chapitre 4

I Introduction.....	215
II Démarche de caractérisation de l'interopérabilité.....	217
II.1 Démarche adoptée pour le déroulement de l'étude.....	217
II.1.1 Les différents groupes.....	218
II.1.2 Phase 1 : Initialisation de l'étude.....	219
II.1.3 Phase 2 : Modélisation et analyse de l'existant.....	220
II.1.4 Phase 3 : Application des outils spécifiques à l'interopérabilité.....	221
II.1.5 Phase 4 : Contexte et objectif du futur système.....	221
II.1.6 Phase 5 : Conception du futur système.....	221
II.2 Modélisation de l'entreprise.....	222
II.3 Transformation des modèles sous forme de graphes.....	222
II.4 Respect des règles d'interopérabilité.....	222
II.4.1 Les règles spécifiques.....	223
II.4.2 Diagnostic des problèmes d'interopérabilité.....	223
II.5 Mesure de l'interopérabilité « sans effort ».....	224
II.5.1 L'exploitation des résultats.....	225
III Gestion de l'évolution.....	226
III.1 Une méthode progressive.....	226
III.2 GEM : Cadre de l'évolution.....	229
III.2.1 Niveau « définition stratégique » : Application de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité.....	230
III.2.2 Niveau « planning d'action » : Analyse de cohérence des objectifs pour chaque niveau.....	232
III.2.3 Niveau « planning d'action » : Définition du système de mesure de performance pour la gestion de l'évolution.....	238
III.2.4 Niveau « gestion de projet » : Mise à jour des données concernant l'interopérabilité.....	241
IV Conclusion.....	242

I Introduction

Le chapitre 1 expliquait la nécessité, pour les entreprises, à développer un processus d'évolution continue. Pour cela nous nous appuyerons sur la méthode GEM présentée au chapitre 1. Le chapitre 3 présentait des outils permettant la caractérisation de l'interopérabilité. Ces outils seront intégrés dans une méthode développée dans ce chapitre.

Ce chapitre est composé de deux grandes parties. La première partie présente la méthode de caractérisation de l'interopérabilité. Elle offre un cadre aux outils de caractérisation présentés au chapitre 3 afin de détecter les problèmes d'interopérabilité et de quantifier les niveaux d'interopérabilité pour chaque échange et l'effort développé pour permettre l'interopérabilité.

La deuxième partie donne un cadre d'évolution pour l'interopérabilité des entreprises concernées. Ce cadre générique issu de la méthode GEM a été adapté au problème spécifique de l'interopérabilité et des outils ont été ajoutés.

La démarche de caractérisation présentée part du postulat que la caractérisation de l'interopérabilité peut se faire à différentes échelles. Elle peut être mise en oeuvre au sein d'un service ou d'une entreprise afin d'étudier l'interopérabilité des ressources de ce service. Mais, elle peut également être réalisée pour l'ensemble d'une chaîne logistique incluant tous les services et ressources des entreprises qui la composent.

La méthode, présentée dans la suite de ce chapitre, a été réalisée dans l'hypothèse d'une étude sur une chaîne logistique. L'organisation générale d'une chaîne logistique telle que nous l'imaginons est présentée par la figure 45. Nous pouvons identifier deux niveaux : le niveau global, qui gère toute la chaîne logistique globale, et le niveau local, qui gère chaque entreprise individuellement. Le niveau global détermine les limites et les missions de la chaîne logistique globale, identifie les segments du marché et les cibles clients, définit les objectifs stratégiques et tactiques et détermine le plan d'action pour la totalité de la

chaîne logistique globale. Le niveau local détermine les critères permettant d'atteindre les buts fixés par le niveau global, définit les objectifs stratégiques, tactiques et opérationnels et identifie le plan d'action de l'entreprise concernée.

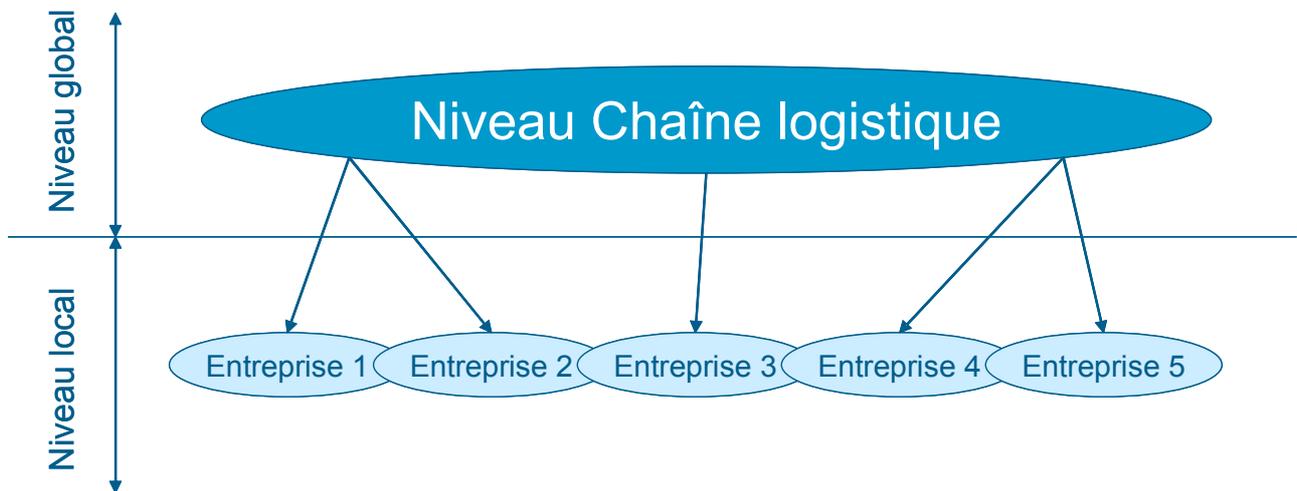


Figure 45. Organisation générale d'une chaîne logistique

II Démarche de caractérisation de l'interopérabilité

Cette démarche est un cadre méthodologique aux outils développés au chapitre 3. Elle s'articule autour de cinq parties principales. Nous présenterons, tout d'abord, la définition des objectifs et le déroulement de l'étude. Cette étape, la première de la démarche, est primordiale car c'est elle qui va poser toutes les bases, les frontières, les objectifs de l'étude et la démarche mise en œuvre. Puis nous pourrons modéliser l'état existant du système à partir des méthodes de modélisation d'entreprise, présentées au chapitre 2. Par la suite, nous transformerons les modèles sous forme de graphes afin d'y appliquer les règles d'interopérabilité.

II.1 Démarche adoptée pour le déroulement de l'étude

L'étude débute par la mise en place d'un groupe de pilotage. Il est constitué d'un ou de plusieurs spécialistes en interopérabilité ainsi que des dirigeants des entreprises concernées. Selon le nombre d'entreprises concernées et l'importance de la participation de chaque entreprise au sein de la chaîne logistique, le nombre de personnes représentant chaque entreprise peut, également, varier.

La démarche adoptée est celle de la méthode GRAI [Doumeingts 84][Vallespir 02] adaptée au contexte de la chaîne logistique. L'étude débute par une modélisation de l'état existant, à l'intérieur du périmètre défini par le groupe de pilotage. Une fois les modèles établis, nous les transformons sous forme de graphe. Puis nous appliquons les règles génériques et les règles spécifiques qui permettent de mettre en évidence les problèmes d'interopérabilité liés à l'organisation des systèmes étudiés. Ensuite, nous mesurons l'interopérabilité au niveau de chaque échange afin de différencier les échanges interopérables des autres, de mettre en évidence les étapes qu'il reste à franchir pour réaliser l'interopérabilité pour les échanges non-interopérables et de connaître l'effort développé pour réaliser l'interopérabilité. Tous ces résultats sont transformables en terme d'objectifs à atteindre qui serviront de guide pour concevoir le modèle de reconception du système. Cette démarche peut se résumer par la figure 46.

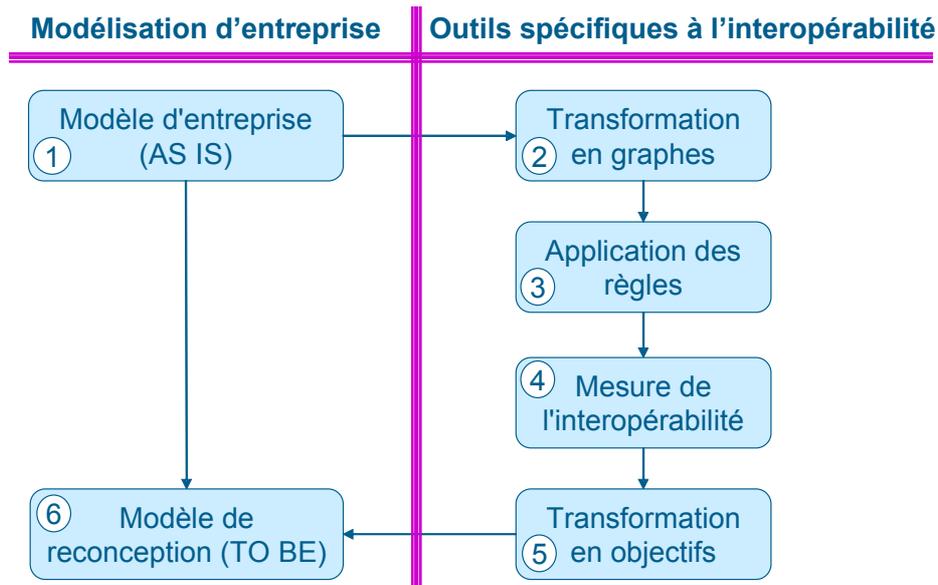


Figure 46. Lien entre le modèle d'entreprise de l'état existant, la caractérisation de l'interopérabilité et le modèle de reconception

Nous présenterons, en premier lieu, les groupes qui mèneront l'étude. Puis nous présenterons les principales phases de la démarche :

- Initialisation,
- modélisation et analyse de l'existant,
- application des outils spécifiques à l'interopérabilité,
- contexte et objectifs du futur système,
- conception du futur système.

II.1.1 Les différents groupes

La figure 1 présente l'articulation des différents groupes intervenant tout au long de l'étude. Sur cette figure, nous retrouvons les deux niveaux identifiés sur la figure 45. En effet, le groupe de pilotage agit au niveau global de la chaîne logistique alors que les autres groupes se situent au niveau local c'est-à-dire au niveau de chaque entreprise.

Le **groupe de pilotage** définit clairement les objectifs et les limites de l'étude ainsi que les groupes de synthèses. Il pilote l'étude tout au long de son déroulement en prenant toutes les décisions importantes notamment en ce qui concerne les grandes orientations. Enfin, il

évalue les résultats afin de programmer des corrections si nécessaire. [Vallespir 02]

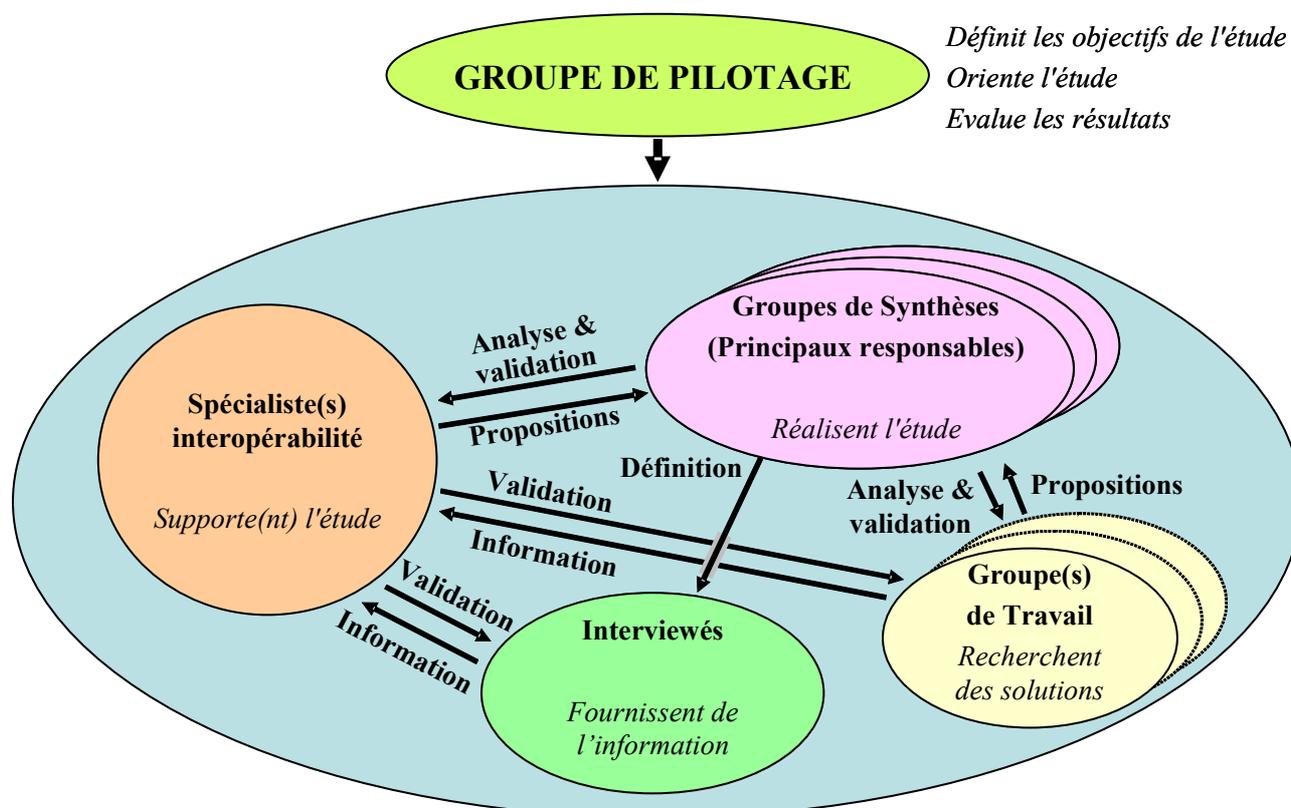


Figure 47. Articulation entre les différents groupes [Vallespir 02]

Les **groupes de synthèses** ont pour mission de suivre le déroulement de l'étude au plus près dans chaque entreprise. Ainsi, selon la taille de chaque entreprise et son implication dans l'étude, le groupe de pilotage choisira de créer un groupe de synthèse pour une ou plusieurs entreprises. Enfin, chaque groupe de synthèse pourra, s'il le souhaite, créer un ou plusieurs **groupe de travail** qui auront la tâche de trouver des solutions concrètes à chaque problème d'interopérabilité. [Vallespir 02]

II.1.2 Phase 1 : Initialisation de l'étude

Le **groupe de pilotage** définit clairement le niveau d'interopérabilité que les entreprises souhaitent atteindre et avec quels partenaires. Parallèlement, il définit le périmètre concerné par l'étude au sein de la chaîne logistique et/ou de chaque entreprise. Il s'agit, ici, de définir clairement les départements, services, lieux géographiques, ateliers, personnes, ... concernés par l'étude. D'autre part, les membres du groupe de pilotage désignent les membres des différents groupes de synthèses ainsi que les grandes

orientations souhaitées.

II.1.2.1 Définition du niveau d'interopérabilité souhaité entre deux entreprises

Le choix de la définition du niveau d'interopérabilité sera effectué par le groupe de pilotage en fonction des relations déjà existantes (s'il y en a) entre les entreprises concernées et des objectifs définis par le groupe de pilotage de la chaîne logistique. L'identification des relations déjà existantes entre les différents partenaires ainsi que le niveau d'interopérabilité choisi s'effectuera à l'aide de la typologie définie dans la deuxième partie du chapitre 3. La typologie sera utilisée comme un outil méthodologique support à la discussion entre les membres du groupe.

II.1.2.2 Définition du périmètre de l'étude

La définition du périmètre de l'étude, qui est une des tâches du groupe de pilotage, découle directement du choix du niveau d'interopérabilité attendu. En effet, si le groupe de pilotage décide de limiter l'interopérabilité aux relations de flux physiques et aux informations techniques, alors les services tels que la comptabilité ou le commercial ne seront pas concernés par l'étude. Le périmètre de l'étude peut être différents selon les entreprises, leurs domaines et leur implication au sein de la chaîne logistique.

II.1.3 Phase 2 : Modélisation et analyse de l'existant

Le groupe de synthèse va, tout d'abord, superviser la modélisation de l'entreprise en créant la grille décisionnelle et en planifiant des interviews qui apporteront plus de détails aux modèles et permettront de créer les modèles de processus et les diagrammes de classes, si besoin. Les interviews seront réalisées par les spécialistes de l'interopérabilité qui mènent l'étude. Puis le groupe de synthèse valide les résultats des interviews ainsi que les modèles créés par les spécialistes à partir de ces résultats et révisé, éventuellement, la grille décisionnelle. Enfin, il met en évidence les problèmes d'interopérabilité détectés et établit un rapport de synthèse à destination du groupe de pilotage.

II.1.4 Phase 3 : Application des outils spécifiques à l'interopérabilité

Cette phase est entièrement réalisée par les spécialistes de l'interopérabilité. Les modèles sont tout d'abord transformés sous forme de graphes, puis on applique les règles génériques d'interopérabilité. Selon les besoins de l'étude, des règles spécifiques d'interopérabilité (spécifiques à l'étude menée) seront établies et appliquées sur les graphes. Par la suite, le niveau d'interopérabilité de chaque échange sera mesuré ainsi que le niveau d'effort des échanges pour lesquels l'interopérabilité aura été vérifiée. Les spécialistes de l'interopérabilité rédigeront un rapport, à destination des groupes de pilotage et de synthèses, qui présentera les résultats de l'application des règles, d'une part, et des mesures effectuées, d'autre part, ainsi que les interprétations de ces résultats qui seront traduits sous forme d'objectifs pour le futur système. Ces objectifs seront soumis à la validation des différents groupes.

II.1.5 Phase 4 : Contexte et objectif du futur système

Le groupe de synthèse va établir une liste, la plus exhaustive possible, des contraintes internes et externes à l'entreprise en définissant précisément chacune d'entre-elles. Puis il va, à partir des objectifs soumis par les spécialistes et des contraintes identifiées, déduire les objectifs du futur système et va rédiger un rapport de synthèse à l'attention du groupe de pilotage. Ce dernier devra définir, à l'aide des rapports, les objectifs globaux de la chaîne logistique ainsi que les objectifs locaux retenus. Il en informera ensuite les différents groupes de synthèse et lancera la phase de conception du futur système.

II.1.6 Phase 5 : Conception du futur système

Les groupes de synthèses apportent des solutions aux dysfonctionnements identifiés lors de la phase de modélisation et d'analyse de l'existant. Puis ils proposent des orientations et les soumettent au groupe de pilotage qui choisira quelles orientations il souhaite retenir. Les groupes de synthèses établiront les grilles GRAI ainsi que les réseaux GRAI globaux. Ces derniers seront établis en accord avec les groupes de travail qui définiront également les réseaux détaillés. Enfin, les groupes de synthèses et le groupe de pilotage rédigeront conjointement un rapport de synthèse de la phase de conception.

II.2 Modélisation de l'entreprise

Les modèles d'entreprises seront établis par les spécialistes de l'interopérabilité en accord avec les interviewés, les membres des groupes de synthèses et ceux du groupe de pilotage. Tous les langages de modélisation d'entreprises, basés sur la théorie des graphes, peuvent être utilisés pour établir les modèles. Des informations complémentaires nécessaires à la caractérisation de l'interopérabilité pourront être collectées, telles que les durées de chaque activité ou les temps logistiques. Ces informations complémentaires seront déterminées par les spécialistes de l'interopérabilité qui mènent l'étude.

II.3 Transformation des modèles sous forme de graphes

Les modèles issus des langages de modélisation d'entreprises sont transformés sous forme de graphes selon les règles de transformation présentées dans le chapitre précédent. Par cette transformation, une partie des informations est perdue pour n'extraire que les informations relatives à l'interopérabilité. L'avantage principal de cette manipulation est d'obtenir une vision indépendante des langages de modélisation utilisés tout en clarifiant les échanges existant au sein de la chaîne logistique.

Il est important de noter que la perte d'informations due à la transformation sous forme de graphe n'est pas un problème dans le sens où nous conservons les modèles, avec toutes les informations contenues, afin de les ré-utiliser lors de la phase de re-conception, où elles sont indispensables. Cependant, nous n'avons pas besoin de toutes ces informations pour la caractérisation de l'interopérabilité c'est pourquoi nous employons un langage plus approprié (les graphes) avec un tri des informations.

II.4 Respect des règles d'interopérabilité

Une fois le ou les graphe(s) réalisé(s), nous pouvons appliquer les règles d'interopérabilité. Ces règles nous permettent d'identifier des dysfonctionnements qui nuisent à l'interopérabilité. Ces règles s'appliquent directement sur les graphes et sont de deux types. Les règles génériques, d'une part, qui sont appliquées dans tous les cas, ces règles sont explicitées au chapitre 3. Les règles spécifiques, d'autre part, qui sont déterminées par

les spécialistes de l'interopérabilité qui mènent l'étude. Une des particularités de ces règles est qu'elles sont informatisables c'est-à-dire qu'elles peuvent être appliquées de façon automatique à l'aide d'un logiciel (non-développé) qui s'appuierait sur les algorithmes définis au chapitre 3 et sur d'autres algorithmes issus de la détermination des règles spécifiques.

II.4.1 Les règles spécifiques

Les règles spécifiques sont déterminées par les spécialistes de l'interopérabilité en accord avec le groupe de pilotage de la chaîne logistique globale. Ces règles sont principalement fondées sur l'expérience des spécialistes, issue de nombreuses études, mais également sur l'expérience des gens du métier, traduite par les spécialistes.

Ces règles sont dites « spécifiques » car elles sont liées au domaine et à la situation particulière de la chaîne logistique concernée. En effet, les industries agro-alimentaires et les industries métallurgiques, par exemple, n'auront pas nécessairement besoin des mêmes règles spécifiques pour l'établissement de leur interopérabilité.

II.4.2 Diagnostic des problèmes d'interopérabilité

Caractériser les problèmes d'interopérabilité c'est connaître les « endroits » (nœuds) où les problèmes se posent, mais c'est également connaître la nature de ces problèmes. Pour chaque problème, il faut donc identifier sa nature et réunir le maximum d'informations nécessaires à l'identification de ce problème.

L'application des règles génériques et des règles spécifiques nous permettent de mettre en évidence les problèmes d'interopérabilité des entreprises concernées ainsi que les nœuds, arcs ou chemins à surveiller. L'utilisation des graphes, nous permet d'identifier les endroits où les problèmes se posent : cela peut être entre deux personnes, entre deux outils informatique, entre deux machines, ... Les règles nous permettent de connaître la nature des problèmes, par exemple : information technique, information non-technique, produit fini, produit dans une phase intermédiaire, pièces détachées, matières premières, emballage, ..., mais également tous les échanges indiqués dans la typologie.

Cependant, diagnostiquer les problèmes ne suffit pas, il faut également mesurer l'interopérabilité et la non-interopérabilité afin de connaître le degré d'interopérabilité de chaque échange précisément et, par agrégation, le degré d'interopérabilité de deux services, de deux entreprises, ... C'est ce que nous nous proposons de faire dans la partie suivante.

II.5 Mesure de l'interopérabilité « sans effort »

Cette fois encore, la démarche s'appuie sur les graphes précédemment établis.

La démarche est sensiblement la même qu'il s'agisse d'échange d'information ou de produits. Il s'agit, en premier lieu et pour chaque lien du graphe, de répondre de façon positive ou négative à chaque question du questionnaire approprié au type d'échange considéré (échange d'information ou de produit). Les questionnaires sont présentés dans le chapitre 3. Les questions sont hiérarchisées de la non-interopérabilité vers l'interopérabilité totale. Elle doivent donc être posées dans l'ordre et dès qu'une réponse négative est fournie à une question, on stoppe le questionnaire. Le niveau d'interopérabilité atteint par l'échange considéré et le numéro de la dernière question ayant reçu une réponse positive. Si la dernière question reçoit une réponse positive, alors l'échange est dit « interopérable ».

La deuxième étape consiste uniquement à mesurer l'effort développé pour permettre l'interopérabilité de l'échange. Cette étape ne peut être réalisée que si l'échange est interopérable. Elle consiste à répondre à un questionnaire présenté au chapitre 3. Cette fois les réponses attendues sont des données numériques. L'ordre des questions n'a cette fois pas d'importance il faut simplement apporter une réponse à chaque question.

La troisième étape consiste à interpréter le niveau d'effort de chaque lien selon :

- chaque critère séparément,
- la moyenne des critères par type d'interopérabilité,
- la moyenne globale de tous les critères confondus.

Il est également possible de faire des moyennes par critère afin d'extraire facilement les

points forts et les points à améliorer en terme d'effort déployé sur la totalité des liens interopérables du graphe.

L'interprétation du niveau d'effort se fait par l'intermédiaire de l'attribution d'une note selon un barème arrêté par le groupe de pilotage.

II.5.1 L'exploitation des résultats

La mesure du niveau d'interopérabilité de chaque lien nous permet d'avoir une vision claire des liens interopérables et de ceux qui ne le sont pas. Les graphes nous permettent d'avoir une représentation graphique de cette interopérabilité en différenciant les liens par des couleurs correspondant au niveau d'interopérabilité atteint par ceux-ci. Pour les liens où l'interopérabilité n'est pas vérifiée, la mesure nous permet d'identifier le niveau d'interopérabilité de l'échange concerné donc de connaître les étapes qu'il reste à franchir pour atteindre l'interopérabilité recherchée. Ces étapes constituent un guide pour le modèle de reconception de l'échange considéré.

La mesure de l'effort et plus précisément la note attachée à chaque critère ou la moyenne des notes pour chaque lien (selon le niveau d'agrégation souhaité) permet d'avoir une vision claire de l'effort déployé par les ressources des systèmes considérés pour permettre l'interopérabilité de leurs échanges.

III Gestion de l'évolution

La démarche de caractérisation de l'interopérabilité nous permet d'obtenir, sous forme d'objectifs à atteindre, les évolutions à apporter au système. Cependant, ces évolutions ont besoin d'un cadre afin de les gérer au mieux. C'est pourquoi nous présentons ici une méthode globale de gestion de l'évolution de l'interopérabilité.

La démarche proposée est une démarche d'évolution continue. Cependant, nous pouvons nous interroger sur l'utilisation d'une telle démarche alors que l'on pourrait croire que l'interopérabilité peut se résumer à un seul projet. Or l'interopérabilité, tout comme l'environnement de l'entreprise et le choix des partenaires de la chaîne logistique, évolue au cours du temps. C'est pourquoi, il est primordial pour l'entreprise d'avoir une évolution continue de son interopérabilité tant interne (entre ses services) qu'externe (avec les autres partenaires de la chaîne logistique).

III.1 Une méthode progressive

Cette méthode (figure 49) est basée sur la méthode (GEM) présentée au chapitre 1. GEM, en tant que méthode de gestion de l'évolution, permet à des entreprises isolées d'évoluer vers l'interopérabilité et la collaboration à travers la chaîne logistique. Le principe de GEM est de construire le système d'évolution comme un processus continu. En pratique, le processus d'évolution est composé d'un ensemble d'étapes représentant l'évolution du système étudié.

La méthode présentée figure 49 considère deux entreprises distinctes, l'entreprise 1 (E1) et l'entreprise 2 (E2). A ce stade, deux cas sont à envisager, ils seront détaillés par la suite :

- soit les deux entreprises collaboraient déjà par le passé et souhaitent approfondir et/ou améliorer leur collaboration. Dans ce cas, il sera alors possible d'appliquer toutes les étapes de la méthode de caractérisation et de mesure de l'interopérabilité,
- soit les deux entreprises n'avaient jamais collaboré et souhaitent donc mettre en place cette collaboration dans les meilleures conditions possibles. Dans ce cas, les étapes de la méthode de caractérisation, concernant l'identification du niveau

d'interopérabilité et la mesure des critères d'effort ne pourront pas être mise en œuvre, car elle nécessitent une collaboration déjà existante, et les résultats de ces étapes seront remplacés par des prévisions. La gestion de l'évolution apportant un cadre à la vérification de ces prévisions au fur et à mesure de l'avancement des projets d'évolution.

La figure 49 présente l'évolution simultanée de deux entreprises distinctes dans un but commun de collaboration effective. C'est pourquoi nous retrouvons deux parcours d'évolution sur la figure. Il est important de noter que ces deux parcours sont en fait les déclinaisons locales d'une trajectoire globale (figure 48). En effet, dans un premier temps, on définit une trajectoire globale d'évolution, au niveau global de la chaîne logistique c'est-à-dire appliquée à l'ensemble des partenaires, puis, dans un second temps, on déduit, de la trajectoire globale, les trajectoires locales, au niveau de chaque entreprise. Les étapes indiquées sur la trajectoire du niveau global serviront à synchroniser les évolutions du niveau global et du niveau local ainsi que les évolutions de plusieurs entreprises du niveau local entre-elles.

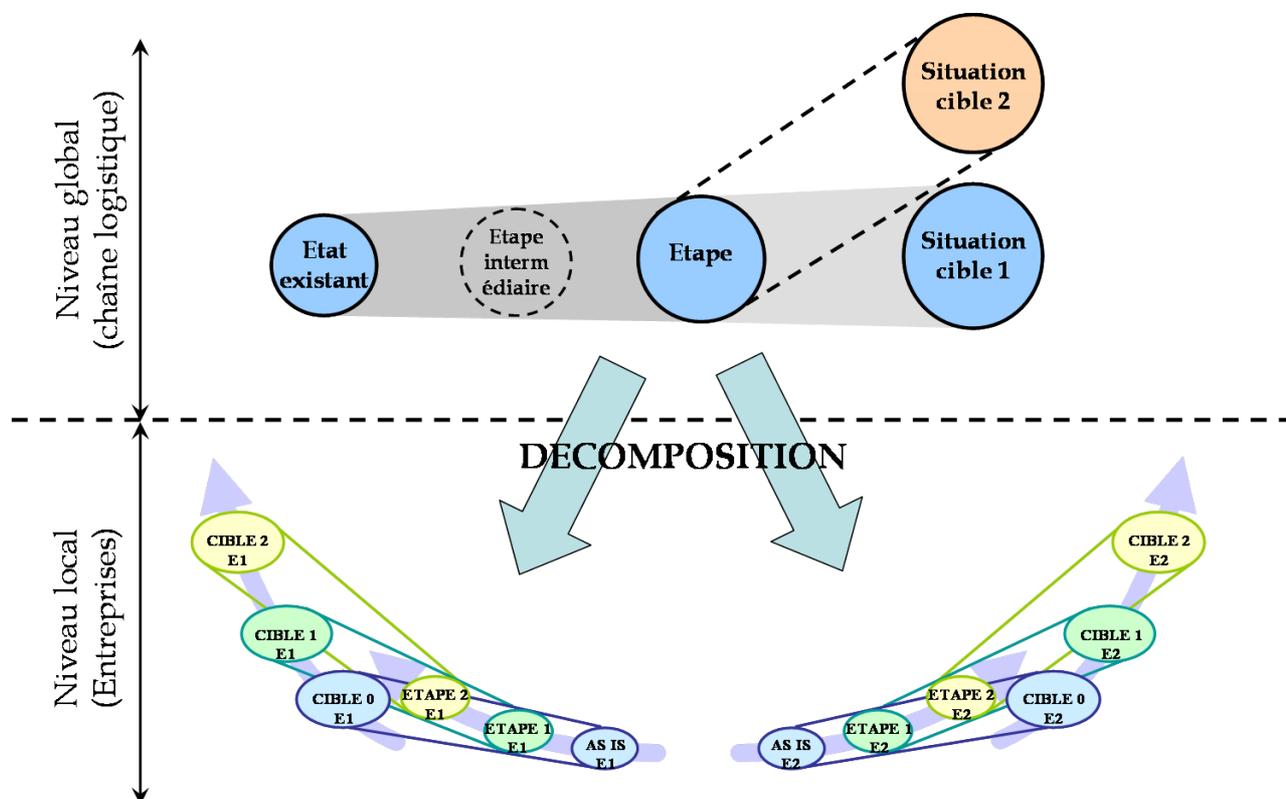


Figure 48. Décomposition de la trajectoire d'évolution du niveau global au niveau local

Sur les figures 48 et 49, le « AS IS » représente le modèle de l'état existant du système. Les composants du système seront alors décrits et formalisés : ceci permet d'avoir une meilleure compréhension du fonctionnement du système ainsi que de détecter les points à améliorer. La CIBLE correspond aux objectifs stratégiques du système. La CIBLE finale étant la collaboration effective entre les entreprises E1 et E2. L'ETAPE est un stade intermédiaire entre le « AS IS » et la CIBLE. Il correspond au futur système qui sera implanté.

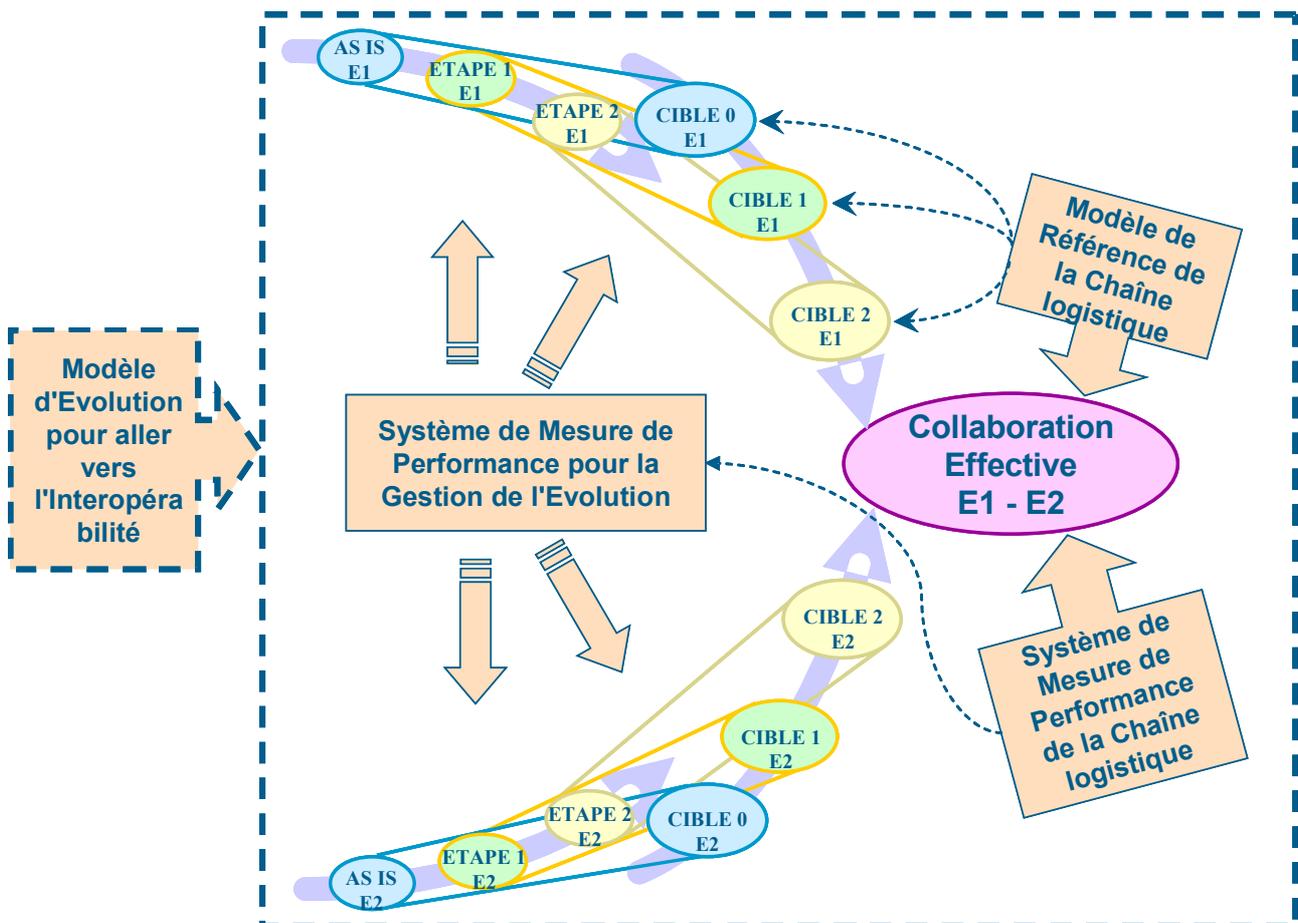


Figure 49. Principe de la méthode d'évolution des entreprises vers l'interopérabilité

Pour la validation de chaque étape, un système de mesure de performance est établi, il s'agit du système de mesure de performance pour la gestion de l'évolution (SMPGE). Il est redéfini à la fin de chaque étape de l'évolution pour s'adapter à la validation de l'étape suivante. Au terme de la collaboration, le SMPGE est transformé en un autre système de mesure de performance, adapté à la performance de la chaîne logistique (SPMCL) et mis en place pour surveiller le fonctionnement de celle-ci et poursuivre la surveillance de

l'interopérabilité à l'aide des modèles, principes, règles, niveaux et critères mis en place lors de l'évolution.

La définition des cibles est basée sur les modèles de référence de la chaîne logistique définis dans le chapitre 2 ainsi que sur les modèles de l'état existant du système et les résultats de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité.

III.2 GEM : Cadre de l'évolution

La méthode GEM, telle que présentée au chapitre I, comporte trois niveaux de gestion (figure 50) qui sont repris sur le schéma global de la figure 51.

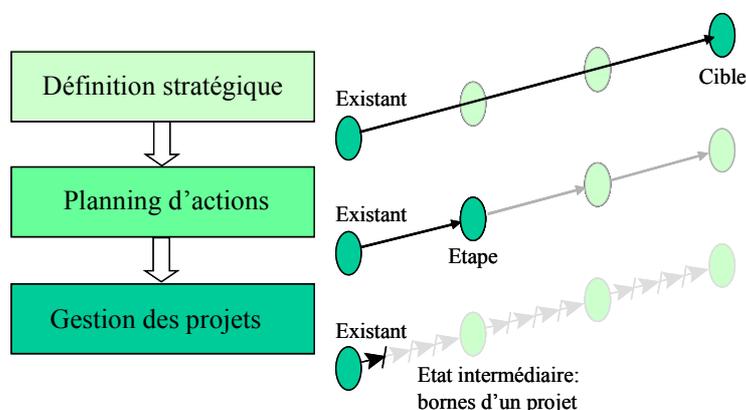


Figure 50. Trois niveaux de gestion de l'évolution

La figure 51 détaille le processus d'évolution de la méthode GEM. Ici, chaque itération (ou boucle) de la méthode est distinguée par un niveau de gris particulier. En plus des modules de base déjà expliqués dans le chapitre 1, des modules spécifiques à la problématique de l'interopérabilité au sein des chaînes logistiques ont été ajoutés, notamment :

- l'application de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité,
- l'analyse de cohérence des objectifs pour chaque niveau de la chaîne logistique,
- la définition du système de mesure de performance pour la gestion de l'évolution,
- la phase de mise à jour des données concernant l'interopérabilité.

Chacun de ces modules est détaillé par la suite selon le niveau de gestion auquel il

appartient.

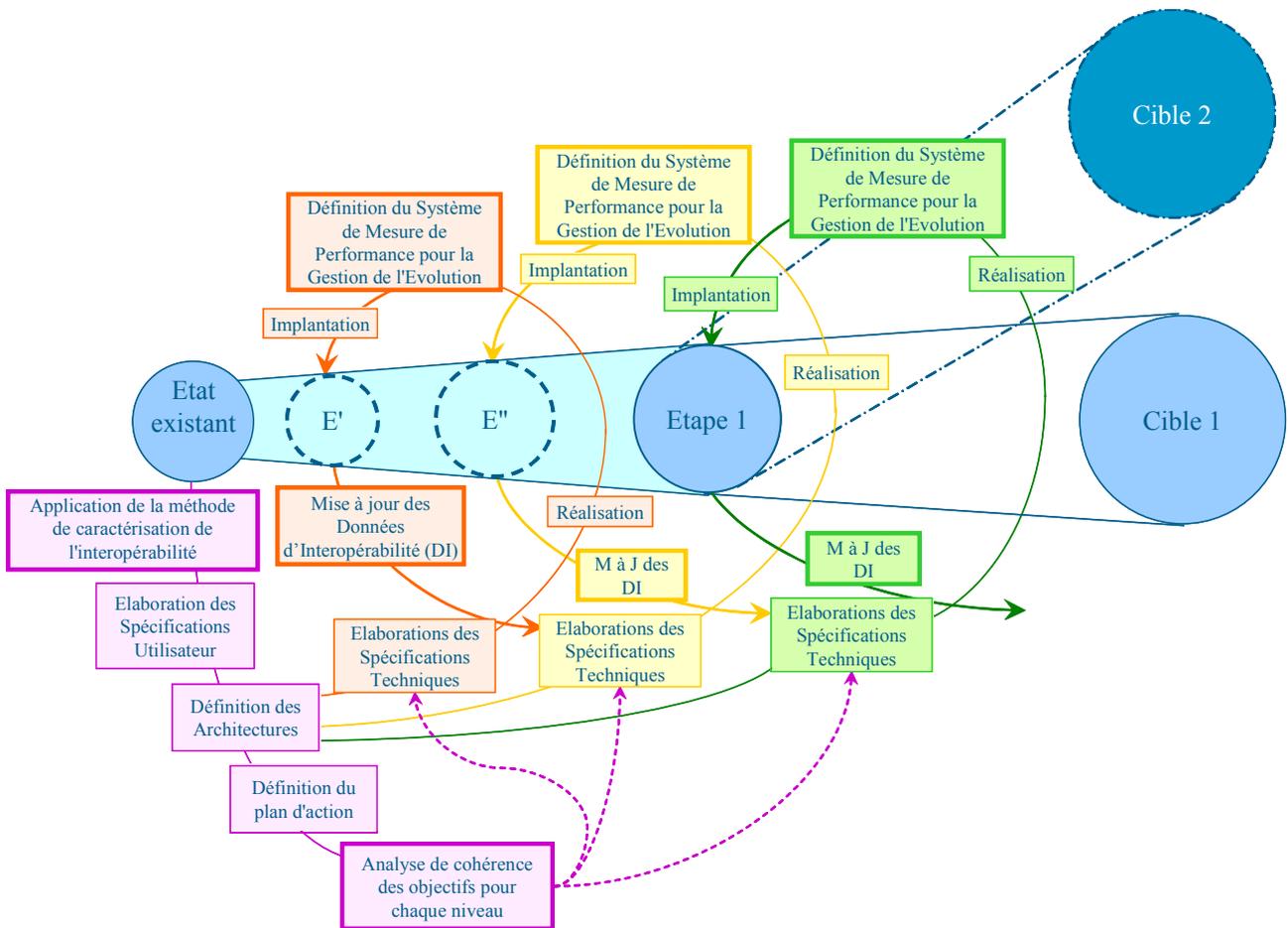


Figure 51. GEM pour la chaîne logistique

III.2.1 Niveau « définition stratégique » : Application de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité

Comme nous l'avons déjà énoncé auparavant, deux cas sont à envisager : le cas de deux entreprises ayant un historique de collaboration et le cas de deux entreprises n'ayant jamais collaboré auparavant.

III.2.1.1 Cas de deux entreprises ayant un historique de collaboration

Si les deux entreprises, que l'on souhaite faire évoluer, collaboraient déjà avant le déclenchement de l'étude, alors on applique normalement la méthode de caractérisation qui vient s'insérer naturellement dans le processus d'évolution porté par GEM. Dans ce cas, la méthode de caractérisation est résumée par la figure 52. Par la suite, les modèles

sont actualisés, lors de la phase de mise à jour des données concernant l'interopérabilité, afin de suivre et valider leur évolution.

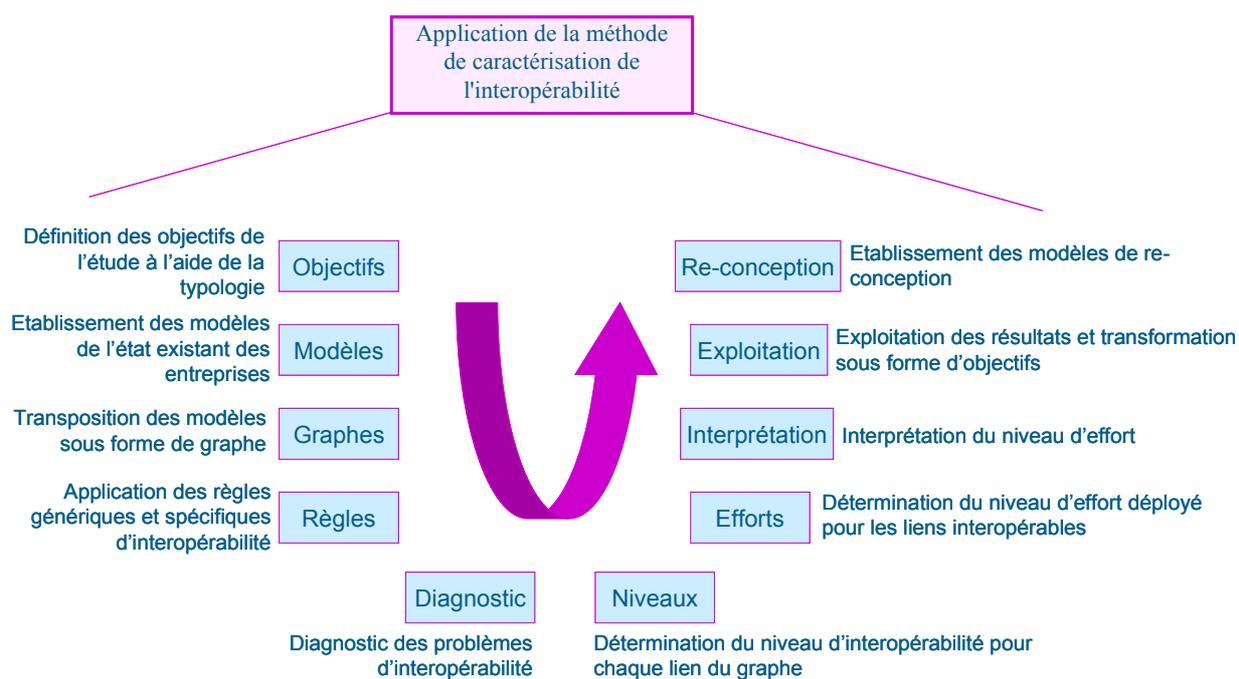


Figure 52. Méthode de caractérisation appliquée au cas de deux entreprises ayant déjà collaboré

III.2.1.2 Cas de deux entreprises n'ayant pas d'historique de collaboration

Si les deux entreprises n'ont jamais collaboré avant le déclenchement de l'étude, alors certaines étapes de la méthode de caractérisation, notamment celles concernant l'identification du niveau d'interopérabilité et la mesure des critères d'effort ne pourront pas être mise en œuvre telles qu'elles sont expliquées dans la méthode. Elle seront alors adaptées et les résultats de ces étapes seront prévisionnels. En effet, nous adapterons les modèles de l'état existant des systèmes étudiés afin de faire apparaître une collaboration qui n'existait pas jusqu'alors. D'autre part, il nous sera impossible de mesurer l'interopérabilité de la collaboration entre les systèmes si celle-ci n'existe pas. C'est pourquoi nous ne pourrons établir que des prévisions sur ces mesures. Par la suite, ces prévisions seront validées par la phase de mise à jour des données concernant l'interopérabilité.

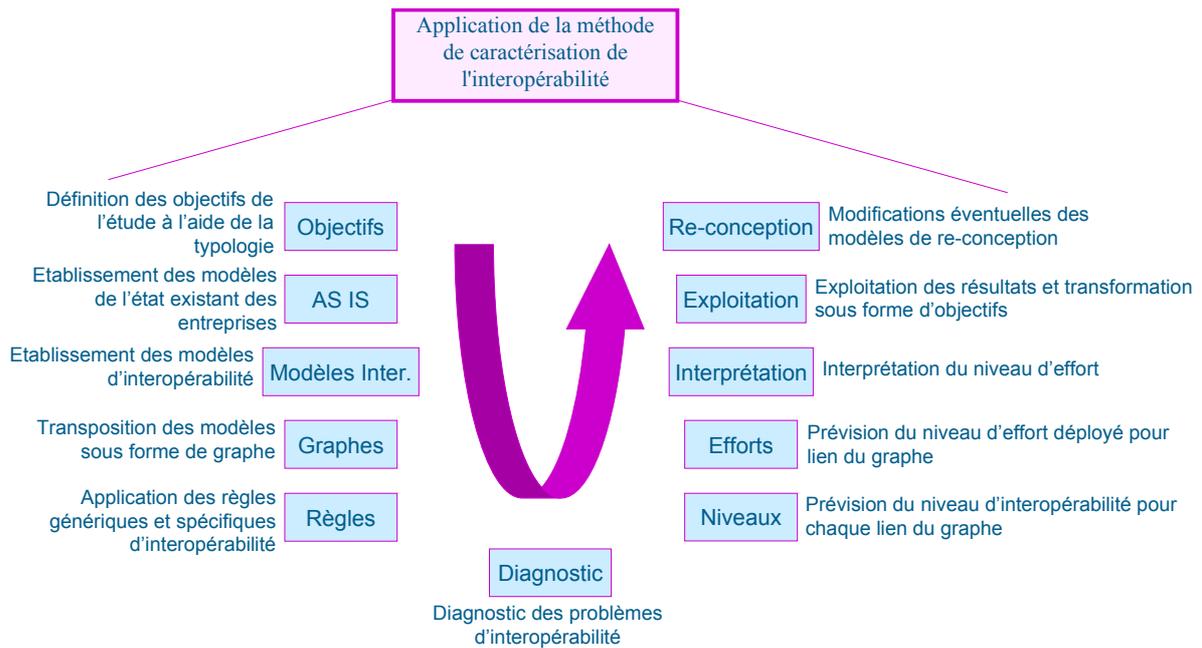


Figure 53. Méthode de caractérisation appliquée au cas de deux entreprises n'ayant jamais collaboré dans le passé

III.2.2 Niveau « planning d'action » : Analyse de cohérence des objectifs pour chaque niveau

Etant donné que nous avons adopté une structure de chaîne logistique à deux niveaux, le niveau global et le niveau local, nous sommes contraints de vérifier la cohérence des objectifs entre ces deux niveaux, mais également la cohérence entre les objectifs locaux et les projets. Ceci dans le but d'éviter que des actions menées au niveau local aient des objectifs contradictoires avec les objectifs du niveau global. Ce travail est très complexe, c'est pourquoi nous souhaitons utiliser une vision matricielle de ce déploiement pour visualiser l'ensemble des aspects relationnels. Nous pouvons donc utiliser l'outil matriciel du QFD [Akao 92],[Akao 04] pour mieux formaliser cette déclinaison de la stratégie à deux niveaux. Pour sa part, [Pillet 05] s'est inspiré de la matrice « Maison de la qualité », de la phase 1 de la méthode QFD, pour construire la « Matrice d'impact »; d'autre part, [Ducq 99] s'est inspiré de la même matrice pour construire la « Maison de la Décision ». Nous avons adaptés ces deux matrices afin de mieux répondre à nos besoins.

III.2.2.1 Articulation entre les deux matrices d'impact

Dans un premier temps, nous construisons la matrice d'impact entre les objectifs globaux et les objectifs locaux d'interopérabilité. Puis, lorsque la cohérence de tous les objectifs a été vérifiée, nous construisons la matrice d'impact entre les objectifs locaux d'interopérabilité et les projets locaux. Lorsque la cohérence entre les objectifs et les projets est vérifiée, nous pouvons lancer la phase de mise en œuvre des projets. La figure 54 présente l'articulation de ces matrices qui sont détaillées dans les paragraphes suivants.

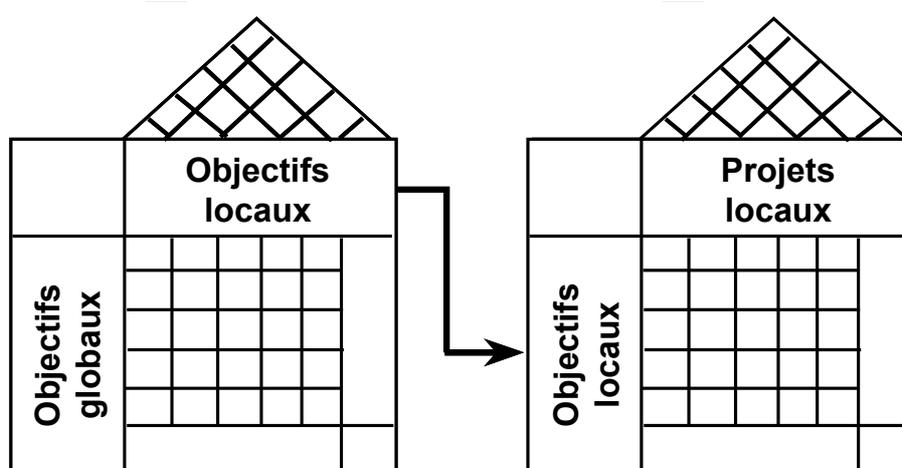


Figure 54. Articulation entre les deux matrices d'impact

III.2.2.2 La matrice d'impact entre objectifs globaux et locaux

La création de la première matrice de déploiement (objectif global/objectif local) est le résultat d'un travail avec le groupe de pilotage. La matrice d'impact présentée figure 55 a pour vocation de servir de guide méthodologique pour l'animation du groupe de pilotage. Cet outil permet de garantir la cohérence de l'ensemble des objectifs stratégiques, tactiques ou opérationnels au niveau local avec les objectifs stratégiques, tactiques et opérationnels du niveau global c'est-à-dire la contribution de chacun des objectifs locaux à l'atteinte de l'ensemble des objectifs globaux grâce à des indicateurs de performance de résultat :

- IPRGi : Indicateur de Performance de Résultat au niveau global
- IPRLi : Indicateur de Performance de Résultat au niveau local.

Création de la matrice d'impact objectifs globaux / locaux

Nous devons tout d'abord lister les objectifs globaux et les objectifs locaux d'interopérabilité. Puis, nous attribuons un coefficient d'importance, qui peut varier de 1 à 5, à chaque objectif global d'interopérabilité. Ce coefficient est déterminé par le groupe de pilotage pour indiquer les priorités entre les objectifs retenus. Ensuite, nous explicitons, par des signes + ou -, les relations de corrélation entre les objectifs locaux. Cette étape nous permet de faire apparaître l'impact de la mise en oeuvre de chaque objectif local sur les autres objectifs locaux. Par la suite, nous déterminons la contribution de chaque objectif local d'interopérabilité à l'atteinte des objectifs globaux. Pour cela, nous attribuons les coefficients 1, 3 ou 9 selon le degrés de contribution. Puis, nous en déduisons la somme des poids pour chaque objectif global en additionnant les coefficients de chaque ligne. Enfin, nous pouvons calculer le degrés d'importance de chaque objectif local qui est égal à la somme de chaque poids multiplié par l'importance de l'objectif global associé. Ce degrés d'importance nous permettra de hiérarchiser les objectifs locaux entre eux.

La figure 55 présente un exemple de matrice d'impact entre objectifs globaux et locaux.

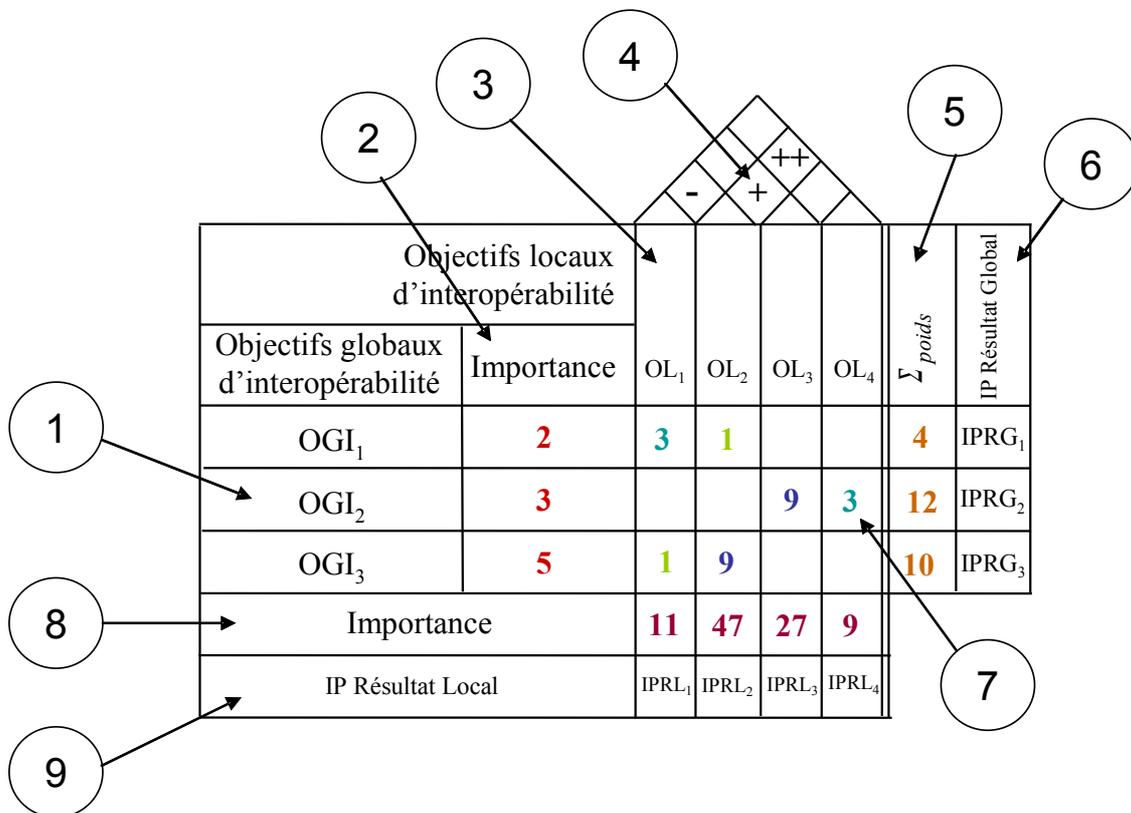


Figure 55. Matrice d'impact Objectifs globaux/ Objectifs locaux

- ① Cette partie de la matrice d'impact contient tous les objectifs d'interopérabilité du niveau global.
- ② Chaque objectif global est classé par ordre d'importance. Cet ordre est déterminé par le groupe de pilotage et il varie entre 1 et 5.
- ③ Cette partie contient tous les objectifs d'interopérabilité du niveau local.
- ④ La partie haute de la matrice d'impact montre les relations de corrélation entre les objectifs locaux. Ces relations sont symbolisées par le signe + lorsque la réalisation d'un objectif a un impact positif sur la réalisation d'un autre objectif et ++ lorsqu'il est très positif, et par le signe - ou -- lorsque les deux objectifs locaux sont, respectivement, en conflit ou réellement antagonistes.
- ⑤ Cette partie correspond à la somme des poids de chaque objectif local.
- ⑥ Sont décrits ici les indicateurs de performance de résultat de chaque objectif global (IPRG_i), leur but est de vérifier l'atteinte des objectifs globaux.
- ⑦ Chaque objectif local d'interopérabilité contribue à l'atteinte d'un objectif global d'interopérabilité. Cette contribution est quantifiée par un poids de 1 si la contribution est faible, de 3 si la contribution est moyenne ou de 9 si la contribution est forte.
- ⑧ L'importance de la réalisation de chaque objectif local d'interopérabilité, dans le but de la réalisation de chaque objectif global, est égale à la somme de chaque poids multiplié par l'importance de l'objectif global associé. Par exemple l'importance de $OL_1 = (3*2) + (1*5) = 11$.
- ⑨ Les indicateurs de performance de résultat de chaque objectif local (IPRL_i) est décrit ici, leur but est de vérifier l'atteinte de objectifs locaux d'interopérabilité.

III.2.2.3 La matrice d'impact entre objectifs locaux et projets

La création de la deuxième matrice de déploiement (projet local/objectif local) est le résultat d'un travail avec le groupe de synthèse de l'entreprise concernée. La matrice d'impact présentée figure 56 a pour vocation de servir de guide méthodologique pour

l'animation de ce groupe. Cet outil permet de garantir la cohérence de l'ensemble des objectifs stratégiques, tactiques ou opérationnels au niveau local avec les projets mis en oeuvre au niveau local c'est-à-dire la contribution de chacun des projets locaux à l'atteinte de l'ensemble des objectifs locaux grâce au niveau de performance d'interopérabilité de chaque objectif local.

Création de la matrice d'impact objectifs locaux / projets locaux

Nous devons, tout d'abord, lister les objectifs locaux et les projets qui doivent être mis en oeuvre au niveau local. Puis nous établissons les relations de corrélation entre les différents projets, ceci dans la but de déterminer l'impact de la mise en oeuvre de chaque projet sur tous les autres. Ensuite, nous déterminons, par l'attribution d'un coefficient, la contribution de chaque projet à la réalisation de chaque objectif local. Ceci nous permet de calculer la somme des poids de chaque objectif local et de chaque projet afin de déterminer leur ordre d'importance. Enfin, nous déterminerons les valeurs souhaitée et les valeurs maximales des indicateurs de performance sélectionnés et nous les représenterons sous forme graphique sur la droite de la matrice d'impact.

Lorsque les projets seront lancés, nous pourrons remplir les valeurs existantes des indicateurs de performance et ainsi pourvoir suivre l'évolution de l'atteinte de chaque objectif local en le validant ou en effectuant de correction au fur et à mesure de la mise en place des projets de changement.

La figure 56 présente la matrice d'impact des objectifs locaux avec les projets locaux.

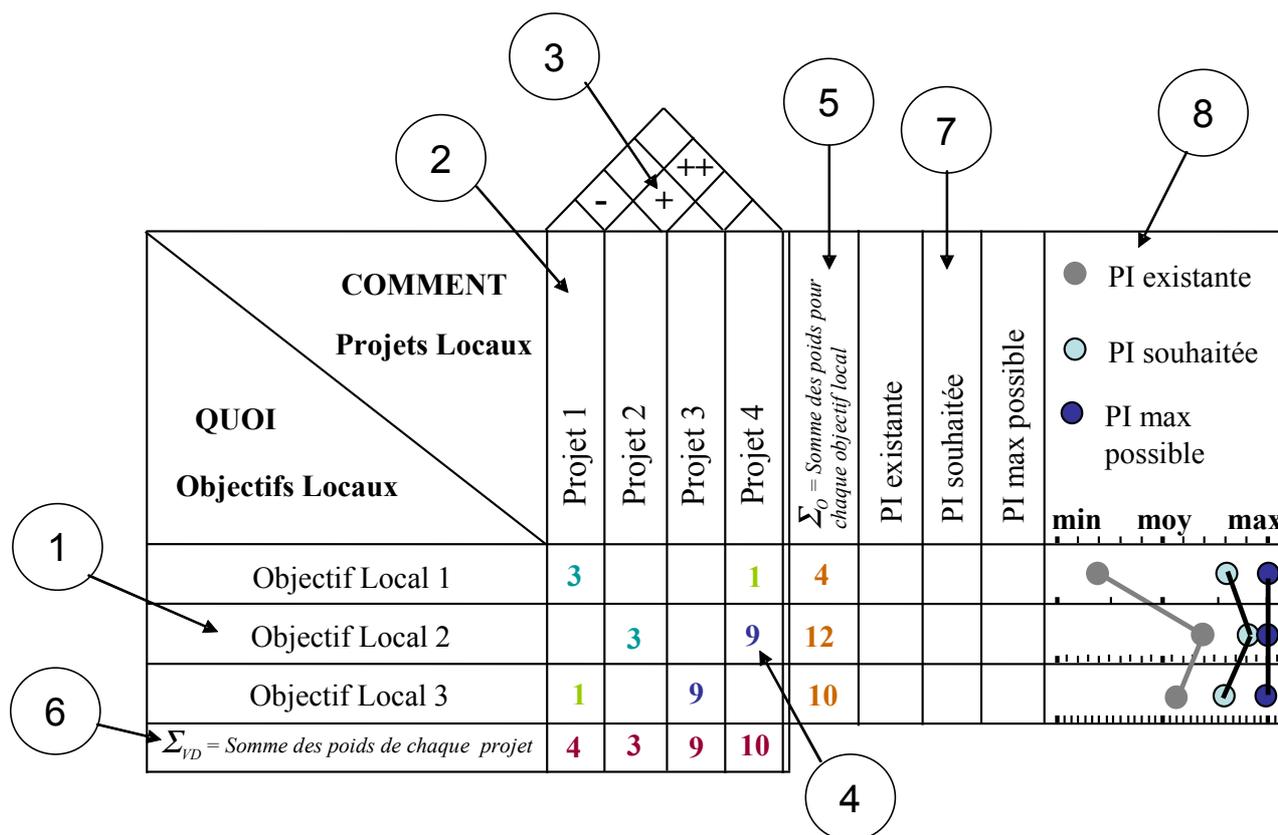


Figure 56. Matrice d'impact Objectifs locaux/ Projets

- ① Cette partie de la matrice d'impact contient tous les objectifs d'interopérabilité du niveau local.
- ② Tous les projets mis en oeuvre au niveau local sont listés ici.
- ③ La partie haute de la matrice d'impact montre les relations de corrélation entre les objectifs locaux. Ces relations sont symbolisées par le signe + lorsque la réalisation d'un objectif a un impact positif sur la réalisation d'un autre objectif et ++ lorsqu'il est très positif, et par le signe - ou -- lorsque les deux objectifs locaux sont respectivement en conflit ou réellement antagonistes.
- ④ Chaque objectif local d'interopérabilité contribue à l'atteinte d'un objectif global d'interopérabilité. Cette contribution est quantifiée par un poids de 1 si la contribution est faible, de 2 si la contribution est moyenne ou de 3 si la contribution est forte.
- ⑤ Cette partie correspond à la somme des poids de chaque objectif local.
- ⑥ Cette partie correspond à la somme des poids de chaque projet.

⑦ Cette partie présente les résultats de la performance existante pour chaque objectif local d'interopérabilité ainsi que la performance souhaitée et la performance maximale atteignable pour chaque objectif.

⑧ Cette partie présente une représentation graphique des performances afin de visualiser rapidement et facilement les améliorations à apporter en matière de performance.

III.2.2.4 Conclusion

Les matrices présentées permettent de valider la cohérence des projets mis en œuvre, impactant au niveau stratégique, tactique et opérationnel du niveau local, avec les objectifs stratégiques, tactiques et opérationnels du niveau global. C'est pourquoi cette démarche intervient après l'établissement du plan d'action dans la gestion de l'évolution. Mais, elle peut également être utilisée pour la validation de la cohérence entre les objectifs stratégiques, tactiques et opérationnels, du niveau global et du niveau local. Dans ce cas, elle pourra intervenir juste après la mise en œuvre de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité dans le processus d'évolution.

III.2.3 Niveau « planning d'action » : Définition du système de mesure de performance pour la gestion de l'évolution

Le système de mesure de performance pour la gestion de l'évolution (SMPGE), présenté sur la figure 58, est créé lors du premier cycle de l'évolution afin de suivre et valider l'étape à laquelle il est rattaché. Par la suite, il est révisé pour chaque étape de l'évolution afin de rester cohérent avec les objectifs de chaque étape. Une fois la collaboration effective, nous transformons le SMPGE en un système de mesure de la chaîne logistique, présenté sur la figure 57. Ces deux systèmes de mesure de performance seront détaillés par la suite.

III.2.3.1 Le système de mesure de performance de la chaîne logistique

Cette partie présente une méthode de développement d'un système de mesure de performance basée sur les travaux de [Chalmetta 05] présentés au chapitre 2. Les principales étapes de la « méthodologie de développement d'un système de mesure de

performance » [Chalmetta 05] ont été reprises et détaillées sur la figure 57. Nous avons également voulu faire apparaître, sur la figure 57, la séparation entre le niveau global et le niveau local de chaîne logistique. En effet, la « phase 1 » traite de la conception du niveau global de la chaîne logistique, la « phase 2 » traite du niveau local et la « phase 3 » traite la partie « mise en oeuvre et exploitation des indicateurs ».

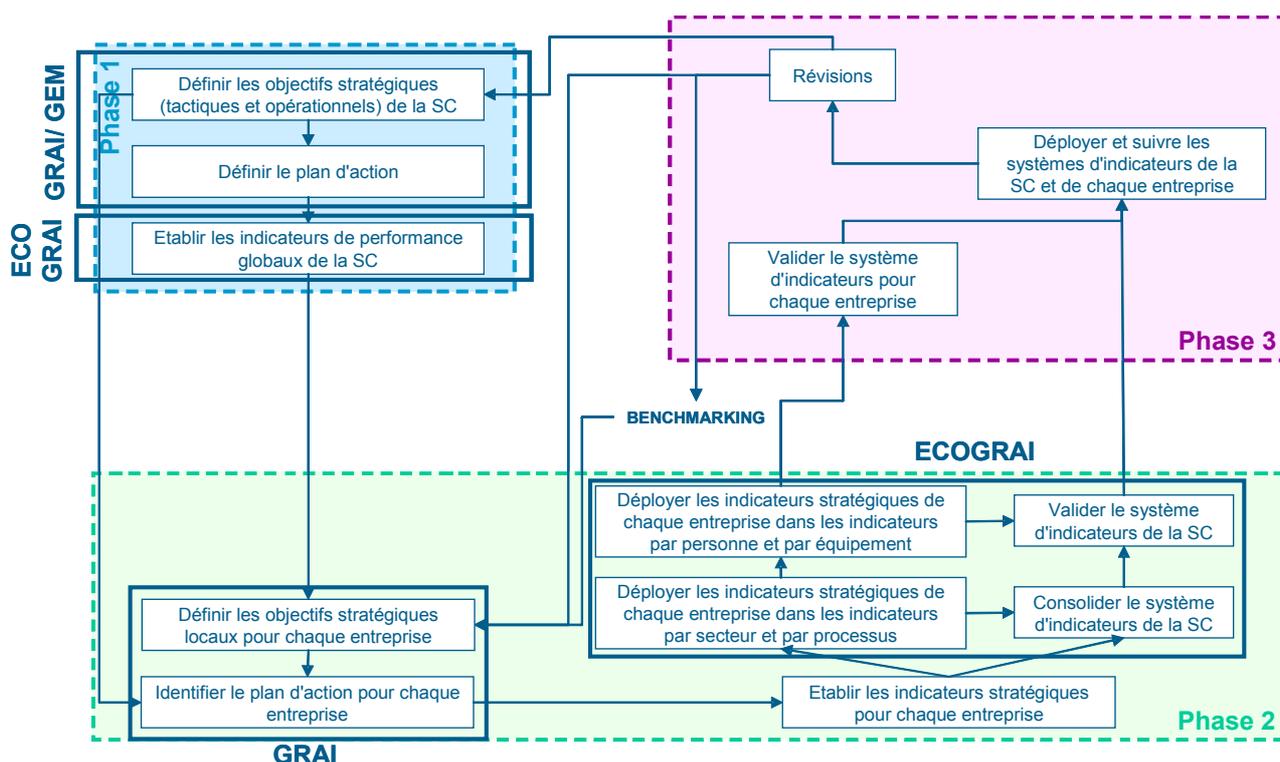


Figure 57. Système de mesure de performance de la chaîne logistique

Le point de départ de la méthode est d'identifier les problèmes stratégiques globaux de la chaîne logistique. Puis, on identifie les déficiences du système et on propose des améliorations possibles. De ceci, on en déduit une définition des objectifs stratégiques, mais également tactiques et opérationnels s'il y a lieu. Ensuite, un plan d'action est établi. Enfin, les indicateurs de performance globaux de la chaîne logistique sont déterminés et transmis au niveau local.

La phase suivante est composée de trois étapes principales. La première définit les objectifs stratégiques locaux et identifie le plan d'action pour chaque entreprise. La deuxième étape établit les indicateurs stratégiques, tactiques et opérationnels pour chaque entreprise. La troisième étape permet de déployer, consolider et valider les indicateurs de

performance selon les catégories : secteurs, processus, personnes et équipement.

La dernière phase est la phase d'exploitation. Elle permet de valider le système d'indicateurs pour chaque entreprise, de déployer et de suivre les systèmes d'indicateurs de la chaîne logistique et de chaque entreprise et de réviser le système d'indicateurs. L'étape concernant l'analyse des résultats des mesures des indicateurs sera détaillée par la suite.

Sur la base de cette méthode, il est possible d'identifier certains modules de la méthodologie GRAI : GIM, ECOGRAI et GRAI strategie, qui peuvent supporter ces phases.

GIM (GRAI Integrated Modelling) [Doumeingts 01] peut être utilisé pour la conception du système cible. Il peut être utilisé aussi bien au niveau global (niveau de la chaîne logistique) qu'au niveau local (niveau des entreprises individuelles). Il permet de modéliser le système existant et, grâce aux diagnostics (détermination de points forts et des points à améliorer) et des objectifs de l'étude, de concevoir le modèle du nouveau système à implanter.

ECOGRAI [Ducq 05], présenté au chapitre 2, permet la définition et la mise en oeuvre du système d'indicateurs de performance.

III.2.3.2 Système de mesure de performance pour la gestion de l'évolution

Le système de mesure de performance pour la gestion de l'évolution est présenté figure 58. Ici, le principe est pratiquement le même que pour le « Système de mesure de performance de la chaîne logistique ». Cependant, seules les phases locales et d'exploitation sont représentées.

La phase locale a été allégée pour ne garder que l'essentiel c'est-à-dire la définition et la mise en oeuvre des indicateurs de performance.

La phase d'exploitation a également été modifiée puisqu'elle ne concerne plus la chaîne logistique dans son ensemble, mais uniquement l'entreprise concernée par l'évolution.

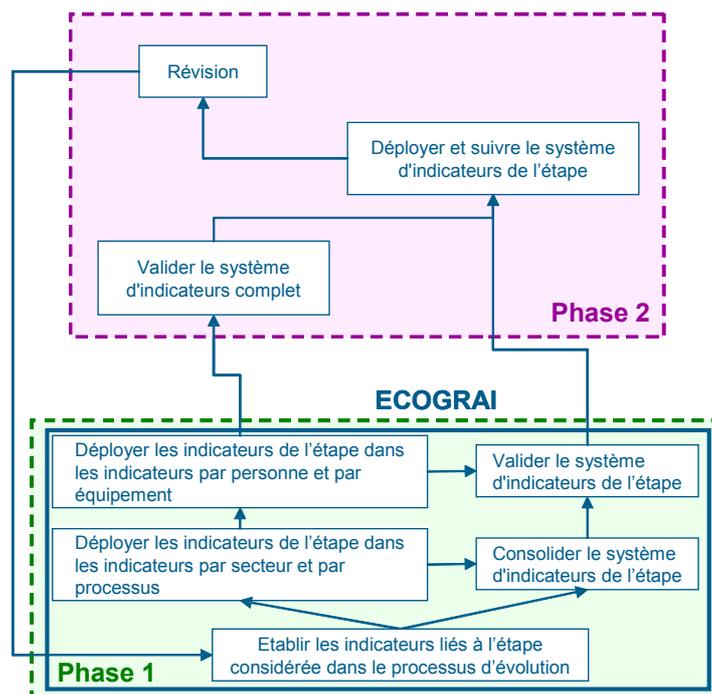


Figure 58. Système de mesure de performance de l'évolution

III.2.4 Niveau « gestion de projet » : Mise à jour des données concernant l'interopérabilité

A chaque fin de cycle (boucle), une phase de mise à jour des données d'interopérabilité est effectuée. Seuls les liens qui auront évolué dans ce cycle seront actualisés. Plusieurs types de données pourront être mis à jour :

- les graphes eux-mêmes, si les changements opérés dans le cycle considéré ont modifié leurs structures;
- les niveaux d'interopérabilité des liens qui ont évolué seront recalculés;
- les niveaux d'efforts des liens qui ont évolué seront recalculés.

Si les résultats constatés sont conformes aux objectifs du cycle, alors le cycle en cours est validé et le cycle suivant peut commencer.

Si les résultats ne sont pas conformes aux attentes, alors le cycle en cours n'est pas validé et il doit recommencer.

IV Conclusion

La méthode de caractérisation de l'interopérabilité développée offre un cadre aux outils de caractérisation développés au chapitre III. Elle permet, quelque soit le nombre et l'importance des entreprises dans la chaîne logistique, de modéliser le fonctionnement des entreprises, d'extraire les seules informations concernant l'interopérabilité, de diagnostiquer les problèmes, de mesurer le niveau d'interopérabilité de chaque échange et de quantifier l'effort nécessaire à l'effectivité de l'interopérabilité.

Cette méthode s'insère dans un cadre général d'évolution donné par la méthode GEM. Ce cadre permet, non seulement de faire évoluer les entreprises pour la réalisation de leurs interopérabilité, mais également de mettre en place des outils de contrôle et de mesure permanent afin de garantir l'interopérabilité dans le temps et pas seulement à la fin de l'évolution.

Chapitre 5

Application de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité

Table des matières du chapitre 5

I Introduction.....	248
II Cadre de l'étude.....	249
II.1 Présentation du groupe AIDIMA.....	249
II.2 Problématique.....	250
II.3 Présentation du cas d'étude.....	251
III Application de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité.....	253
III.1 Définition de l'organisation et des objectifs de l'étude.....	253
III.1.1 Définition du niveau d'interopérabilité souhaité.....	253
III.1.2 Définition du périmètre de l'étude.....	253
III.2 Modélisation des entreprises.....	254
III.3 Transformation de la grille sous forme d'un graphe.....	256
III.4 Application des règles d'interopérabilité.....	257
III.4.1 Les règles génériques.....	257
III.4.2 Les règles spécifiques.....	262
III.5 Mesure de l'interopérabilité sans effort.....	262
III.5.1 Calcul du niveau d'interopérabilité.....	262
III.5.2 Quantification du niveau d'effort.....	263
III.5.3 Exploitation des résultats.....	273
IV Conclusion.....	275

I Introduction

L'étude de cas présentée dans ce chapitre a été réalisée grâce à la collecte de données effectuée dans le cadre du projet intégré européen ATHENA. Ce cas a été proposé par l'association AIDIMA qui regroupe de nombreuses PME espagnoles du meuble dont l'entreprise PERMASA sur laquelle porte l'étude. Plus précisément, nous avons étudié les relations qui lient l'entreprise PERMASA à un fournisseur et à un détaillant, lui-même lié à un client, dans une problématique d'e-Commerce (vente par internet).

Dans un premier temps, nous présenterons le cadre de l'étude et la problématique du scénario proposé. Puis nous présenterons les résultats obtenus par l'application de la méthode de caractérisation et de mesure de l'interopérabilité, présentée au chapitre 4.

Malgré le sérieux avec lequel l'entreprise PERMASA a abordé l'étude, les résultats ne sont pas aussi probants que nous l'aurions espéré au départ. En effet, l'entreprise avait déjà réalisé un travail amont sur leur interopérabilité sémantique et informatique avec leurs détaillants et fournisseurs directs c'est pourquoi aucun problème de ce type n'a pu être relevé par l'étude. Cependant, elle a fait apparaître des problèmes liés à l'interopérabilité organisationnelle de l'entreprise avec son fournisseur et son détaillant.

II Cadre de l'étude

ATHENA (Advanced Technologies for interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Applications) est un projet intégré soutenu par la commission européenne dans le cadre du programme de travail FP6 du IST 2003-2004. Il a été initialisé en février 2004 et se conclura en janvier 2007. Son domaine d'étude concerne les « Entreprises et gouvernements gérés en réseau ». ATHENA a un objectif ambitieux : « à l'horizon 2010, les entreprises devront être capables d'interopérer de façon intégrée les unes avec les autres ». ATHENA vise à apporter une contribution importante au domaine de l'interopérabilité en identifiant et en remplissant un ensemble d'objectifs corrélés financiers, scientifiques, techniques et stratégiques. C'est dans ce cadre que s'inscrivent nos travaux de recherche et c'est pourquoi nous avons choisi de collaborer avec l'association AIDIMA, partenaire du projet, qui a proposé le cas d'étude présenté dans ce chapitre. Ce cas concerne une entreprise de l'association AIDIMA : le groupe PERMASA et ses relations avec un détaillant, un client et un fournisseur.

II.1 Présentation du groupe AIDIMA

AIDIMA est une association espagnole qui promeut la recherche et le développement de l'industrie du meuble. AIDIMA signifie INSTITUT TECHNOLOGIQUE des MEUBLES, du BOIS, de l'EMBALLAGE et du COMPATIBLE.

AIDIMA apporte son appui à toutes les entreprises du secteur en général et plus particulièrement à ses entreprises membres dans plusieurs secteurs d'activité dont :

- emballage, transport et environnement,
- formation et ressources humaines,
- innovation et développement technologique.

AIDIMA a été créée en 1984 à l'initiative de la fédération des entreprises du bois de Valence (Espagne), avec l'appui de l'IMPIVA, institut des PME de Valence. Aujourd'hui, AIDIMA regroupe plus de 600 entreprises associées sur tout le territoire espagnol.

AIDIMA fait partie de la Commission de la technologie et de l'innovation de l'union européenne du meuble (UEA), et participe à plusieurs projets européens d'innovation dont le projet intégré ATHENA et le réseau d'excellence INTEROP, ainsi qu'à plusieurs groupes de travail européens sur des sujets divers de normalisation.

II.2 Problématique

Le secteur du meuble est une industrie très complexe pour tout ce qui concerne le partage de données, les méthodes employées et les processus utilisés entre organisations à travers la chaîne logistique.

L'industrie du meuble de l'Union Européenne fournit environ la moitié de la production mondiale de meubles. L'industrie du meuble est l'une des plus grandes industries de l'UE. Elle représente environ 8.800 entreprises de plus de 20 employés, employant 600.000 personnes, et plus de 80.000 entreprises de moins de 20 employés employant quasiment 300.000 personnes. Les PME, très souvent familiales, ont une forte densité de main d'oeuvre et fournissent donc un emploi à environ un million de personnes. Ces entreprises emploient un large éventail de systèmes d'information, dont la majorité d'entre eux ont été développés par de petites entreprises de logiciel, habituellement en concurrence très forte sur le marché. La conception, la production et les services disponibles sont les principales préoccupations des PME pour qu'elles puissent atteindre le succès.

L'utilisation courante des logiciels « d'e-Business » dans l'industrie du meuble est réduite à l'utilisation de quelques e-mails échangés avec les autres membres de la chaîne logistique ou le client.

L'objectif du scénario d'e-Commerce, présenté dans ce chapitre, dans le secteur du meuble est de faciliter l'interopérabilité entre les services d'e-Business et la mise en oeuvre des mécanismes d'intégration en analysant le niveau actuel de la mise en oeuvre d'e-Business dans le secteur du meuble.

La totalité des avantages de l'e-Commerce seront gagnés seulement lorsque les processus techniques et non-techniques seront entièrement alignés et seront interopérables entre eux.

Les principales observations sont les suivantes :

- la valeur ajoutée dans l'industrie du meuble est concentrée autour de la conception, la fabrication, les ventes et le marketing. Par conséquent, ils tireraient bénéfice de l'adoption des initiatives d'e-Commerce;
- Actuellement, il y a très peu d'exemples d'utilisation de l'e-Commerce au sein des industries spécifiques où les fournisseurs et les acheteurs peuvent commercer et échanger des marchandises et des services. Cependant, des initiatives dans le domaine de l'e-Commerce des matériaux bruts et semi-finis sont susceptibles d'être développés dans les prochaines années car les fabricants se rendent compte qu'il y a des bénéfices significatifs à réaliser en termes de réduction des coûts et d'efficacité;
- La distribution, dans l'industrie du meuble, est structurée d'une manière complexe. Cependant, les solutions telles que l'extranet et la disponibilité d'internet devraient optimiser les rapports entre les dépositaires;
- La gestion des commandes et la logistique sont deux des secteurs où l'e-Commerce devrait être particulièrement salutaire pour l'industrie du meuble.

La problématique de l'e-Commerce de l'industrie du meuble présentée fournit au fabricant deux scénarios différents : la vente qui est orientée client (détaillant), et l'achat qui est orienté fournisseur.

II.3 Présentation du cas d'étude

L'entreprise manufacturière au centre de l'étude est l'entreprise PERMASA membre du groupe du même nom. Le groupe PERMASA est une PME espagnole de 190 personnes. D'un petit atelier à l'origine, il est devenu un groupe international composé de quatre divisions :

- Le siège de Grupo Permasa : il concentre les Directions Marketing et Commerciale et assiste le réseau de distribution du groupe en terme de développement de projets;
- Perfil Madera, S.A., PERMASA, a été fondée en 1971 à Barcelone, puis délocalisée à

Castellón en 1973. PERMASA se consacre à la fabrication de systèmes de mobilier mélaminés, stratifiés, etc;

- Formas Nuevas, S.L., fondée en 1975, située à Fuenlabrada, Madrid. FORMAS NUEVAS est spécialisée dans la fabrication de mobilier de direction, plaqué bois naturel;
- Stampa Metal, S.A., fondée en 2001, est située à Salvatierra, Province d'Alava. Spécialisée dans la fabrication de rangements métalliques.

Pour des raisons de confidentialité, certaines données contenues dans les modèles ont été modifiées. Cependant, cela ne retire rien à la réalité du cas. D'autre part, pour des raisons de compréhension de l'application, nous ne présenterons que les résultats relatifs à la grille globale de la chaîne logistique considérée.

III Application de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité

Dans cette partie, nous présentons les résultats de l'application de la méthode de caractérisation et de mesure de l'interopérabilité, présentée au chapitre précédent, sur notre cas d'étude.

III.1 Définition de l'organisation et des objectifs de l'étude

La première tâche de l'étude a consisté à définir les groupes d'intervenants et, en particulier le groupe de pilotage qui a contribué dans un premier temps à identifier, entre autre, le domaine de l'étude. Ce domaine a été défini comme étant le processus de traitement de la commande électronique du détaillant. Ce domaine inclut le client final, le détaillant, le fabricant et son fournisseur. Dans cette étude, nous considérerons uniquement, d'une part un client qui s'adresse à un détaillant et, d'autre part un fournisseur du fabricant.

Le groupe de pilotage était composé des dirigeants des trois entreprises impliquées ainsi que d'un groupe de spécialistes du LAPS.

III.1.1 Définition du niveau d'interopérabilité souhaité

Conformément à ce qui a été présenté dans le chapitre 3, le groupe de pilotage s'est appuyé sur la typologie pour définir le niveau d'interopérabilité souhaité.

Il a été décidé qu'un haut niveau d'interopérabilité était requis afin d'améliorer le fonctionnement initial des échanges entre ces sociétés. Pour cela, les relations de « donneur d'ordre / sous-traitant » qui avaient cours jusqu'ici seront remplacées par des relations de partenariat au sein d'une chaîne logistique.

III.1.2 Définition du périmètre de l'étude

Le périmètre de l'étude concerne les compétences techniques et scientifiques ainsi que les informations techniques et non-techniques dans le cadre d'une entreprise étendue.

III.2 Modélisation des entreprises

Afin de mieux comprendre les différentes interactions des entreprises les unes par rapport aux autres, nous avons réalisé une grille globale montrant les inter-relations entre les trois entreprises. Cette grille intègre les différentes activités du fabricant relatives au domaine d'étude, mais également deux colonnes correspondant aux activités du détaillant et du fournisseur.

La grille est composée de lignes et de colonnes représentant les critères : temps et fonctions du système. A chaque colonne correspond un type d'activité décisionnelle (fonction). Chaque ligne est caractérisée par un horizon et une période. L'intersection entre une ligne et une colonne définit un centre de décision c'est-à-dire un ensemble d'activités appartenant au même niveau de planification et de contrôle, et oeuvrant vers la même finalité. Les deux colonnes placées aux deux extrémités de la grille représentent les informations à l'interface avec le système contrôlé d'une part, et l'environnement externe d'autre part [Blanc 06].

Il est à noter que sur le modèle décisionnel de la figure 59, nous avons signalé les dysfonctionnements au sens GRAI du terme (règles GRAI) par des étoiles.

Pour la construction de tous les modèles, nous avons attribué un motif différent à chaque entreprise.

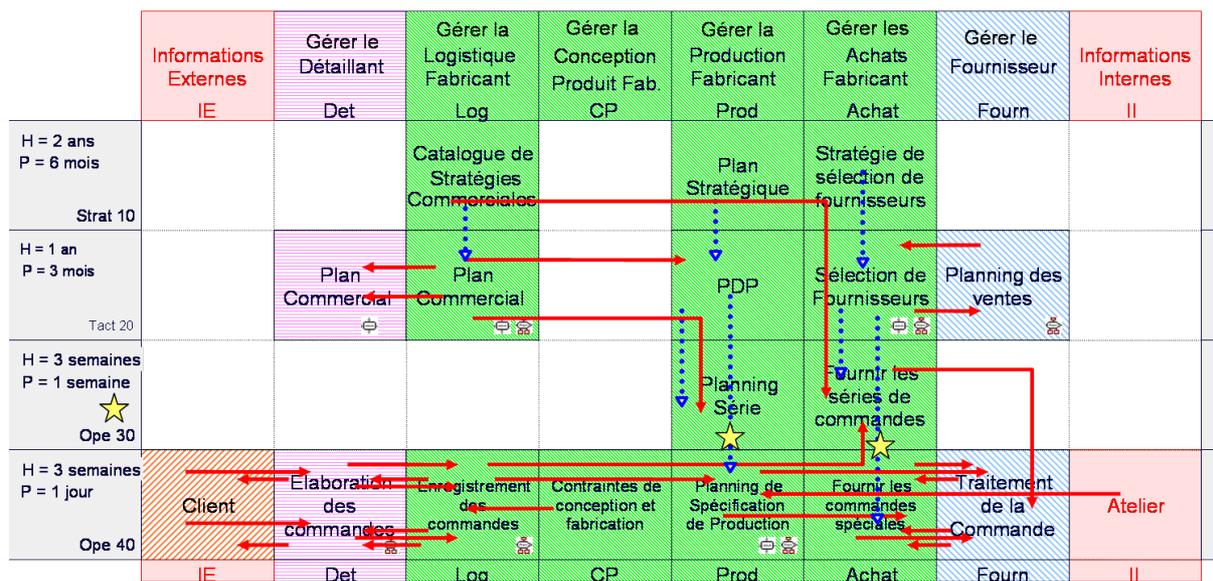


Figure 59. Grille inter-relationnelle de l'état existant

Le modèle décisionnel du système existant a permis de mettre en avant certains points pouvant être améliorés dans le fonctionnement du domaine d'étude tels que :

- Trop peu de cadre de décision arrivent au niveau opérationnel 40, en particulier en ce qui concerne les services de la conception produit et de la logistique ainsi que pour le détaillant et le fournisseur. Or le niveau opérationnel ne peut pas être totalement déconnecté de sa hiérarchie et fonctionner en autarcie, il est donc impératif qu'il soit « cadré » par les niveau supérieur.
- Absence de cadres transversaux permettant de coordonner les différentes fonctions entre-elles, au sein d'une même entreprise d'une part, et entre les entreprises d'autre part. Dans un objectif de chaîne logistique, il est essentiel de coordonner parfaitement toutes les activités entre elles. Pour cela, deux éléments sont nécessaires : des cadres de décisions et des flux d'informations transversaux.
- Très peu de centres de décision pour la fonction « Conception produit fabricant ». Cela dénote une absence d'anticipation. Or de nombreuses décisions sont prises au niveau de la conception notamment pour toutes les commandes de produits spécifiques.
- Absence de décisions stratégiques pour le détaillant et le fournisseur, leurs

décisions sont influencées par le fabricant. Or une entreprise pérenne ne peut pas accepter de voir ses clients ou ses fournisseurs prendre les décisions qui la concerne à sa place.

III.3 Transformation de la grille sous forme d'un graphe

La grille décisionnelle de la figure 59 a été transformée sous forme d'un graphe présenté par la figure 60.

Par soucis de clarté, nous n'avons pas souhaité attribuer le nom de chaque centre de décision comme nom à chaque nœud du graphe, nous avons préféré utiliser le code de chaque centre de décision.

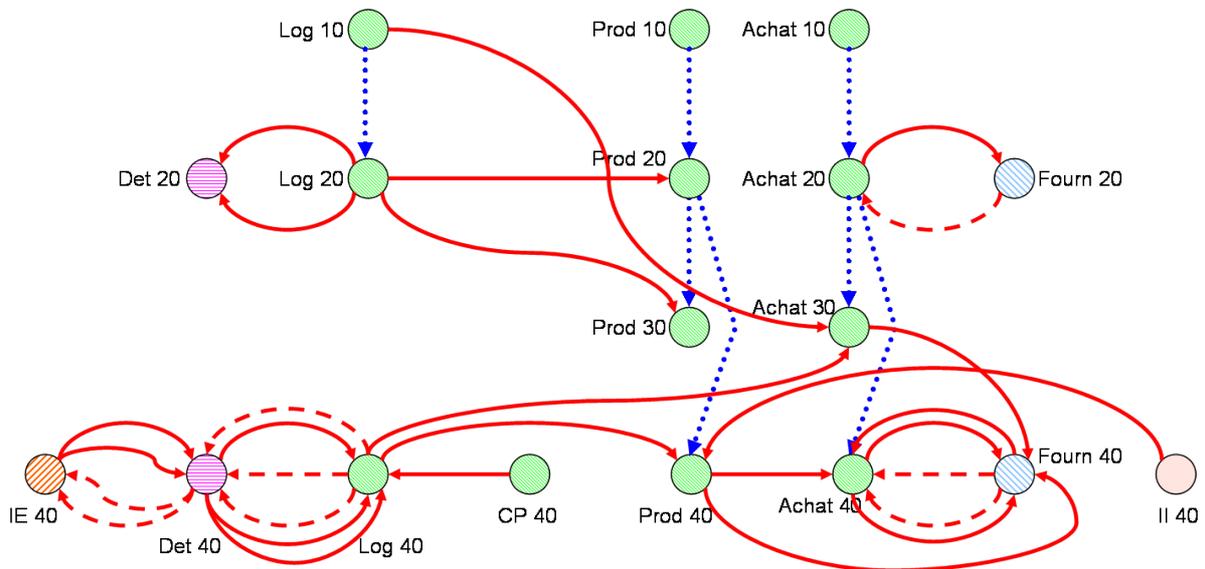


Figure 60. Transformation de la grille inter-relationnelle sous forme de graphes

De plus, le langage GRAI admet, par convention, qu'une boucle de retour implicite est incluse dans chaque cadre de décision qu'elle existe ou pas dans la réalité. Lors de la transformation de la grille sous forme de graphe, nous avons choisi de faire apparaître ces boucles de retour de façon explicite uniquement lorsqu'elles existent. Il apparaît, suite à l'étude, qu'elles n'existent pas dans la réalité, c'est pourquoi elles n'apparaissent pas sur le graphe de la figure 60.

III.4 Application des règles d'interopérabilité

Afin d'apporter plus de clarté aux résultats, nous ne présenterons pas les résultats des calculs pour chaque règle, mais nous présenterons leurs résultats graphiquement.

III.4.1 Les règles génériques

III.4.1.1 Règle N°1 : Vérification de l'existence d'une boucle de retour pour chaque nœud du graphe

Afin de s'assurer que chaque expéditeur reçoit un retour de chaque nœud destinataire à chaque fois qu'il envoie un cadre de décision, une information ou un produit, nous appliquons la règle générique N°1.

Sur la figure 61, chaque nœud posant problème a été repéré d'une croix.

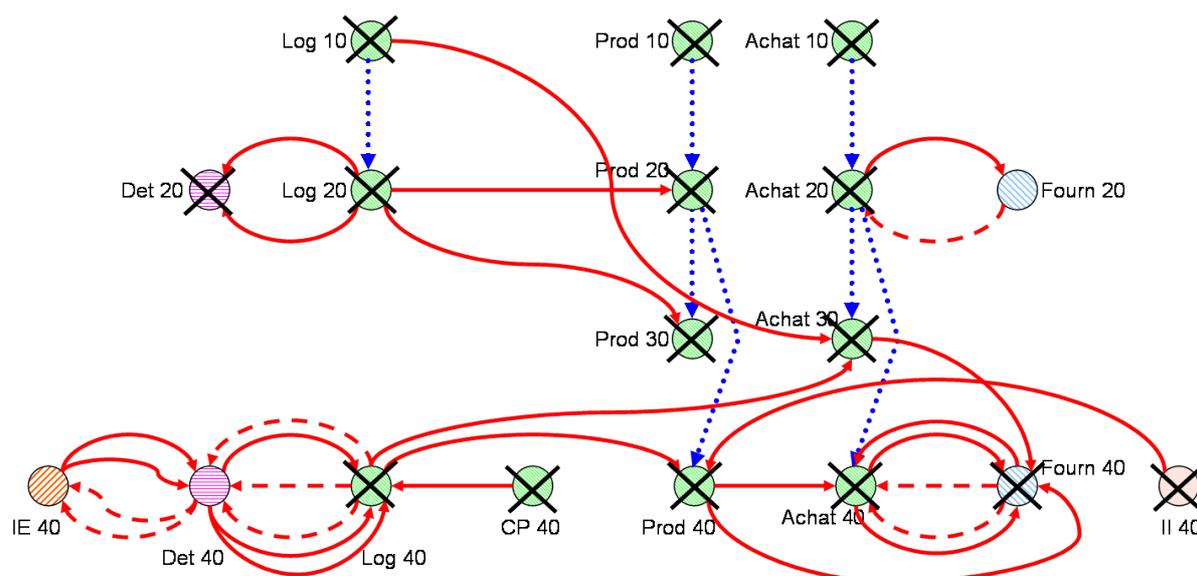


Figure 61. Application de la règle générique N°1

Le constat immédiat que nous pouvons faire est qu'il y a un dysfonctionnement évident en ce qui concerne le retour d'information car de nombreux nœuds ne respectent pas cette règle élémentaire. Par conséquent, il serait intéressant de créer un indicateur de performance qui mesurerait le nombre de retour d'informations entre deux nœuds sur le nombre d'échanges effectués entre ces nœuds.

III.4.1.2 Règle N°2 : Identification des « nœuds critiques »

Afin d'éviter qu'une partie de la chaîne logistique ne se trouve isolée du reste, nous devons identifier les nœuds critiques (ou goulets d'interopérabilité) c'est-à-dire les nœuds qui, en disparaissant, diviseraient le graphe en plusieurs parties.

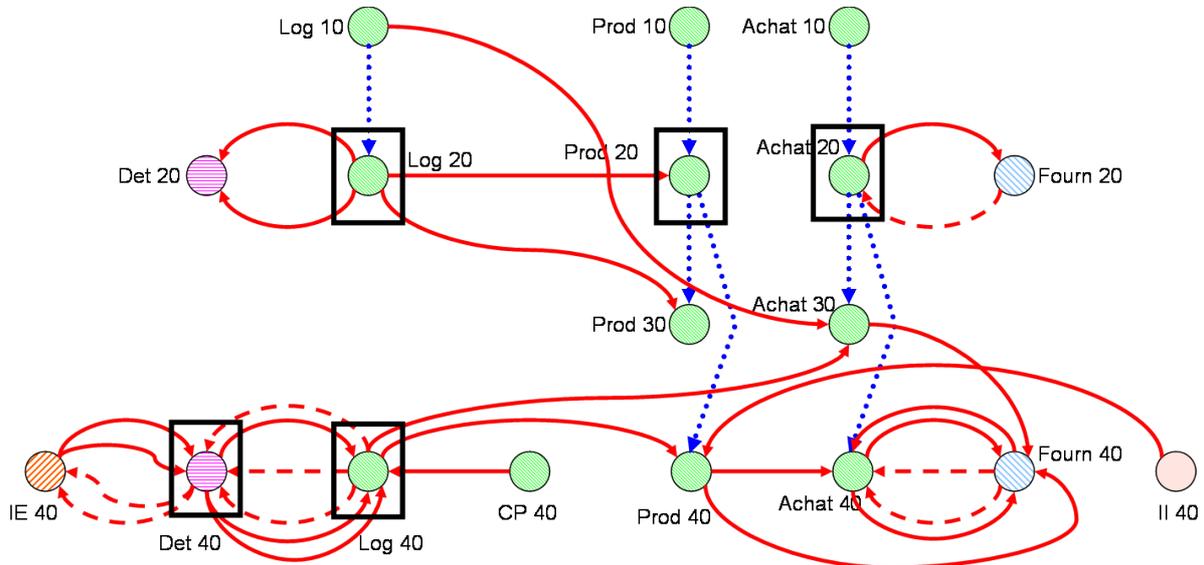


Figure 62. Application de la règle générique N°2

Nous avons pu identifier 5 nœuds critiques, chacun mis en évidence par un cadre, sur la figure 62.

Pour le fonctionnement global de l'entreprise, il est important d'éviter l'existence de noeuds critiques. Par conséquent, lors de la création du modèle de re-conception du système, nous nous attacherons à modifier l'organisation en ce sens.

III.4.1.3 Règle N°3 : Recherche du plus long chemin

Afin de pouvoir surveiller particulièrement le chemin critique, nous recherchons le chemin le plus long en terme de temps. Pour cela, une durée a été ajouté sur chaque arc du graphe. Elle correspond à la somme du temps nécessaire pour échanger les informations ou cadre de décision et du temps nécessaire au traitement de l'information ou du cadre de décision par le nœud émetteur considéré.

La figure 63 présente le résultat de l'application de la règle N°3. Le chemin le plus long a été identifié sur la figure par une couleur plus claire (bleu clair).

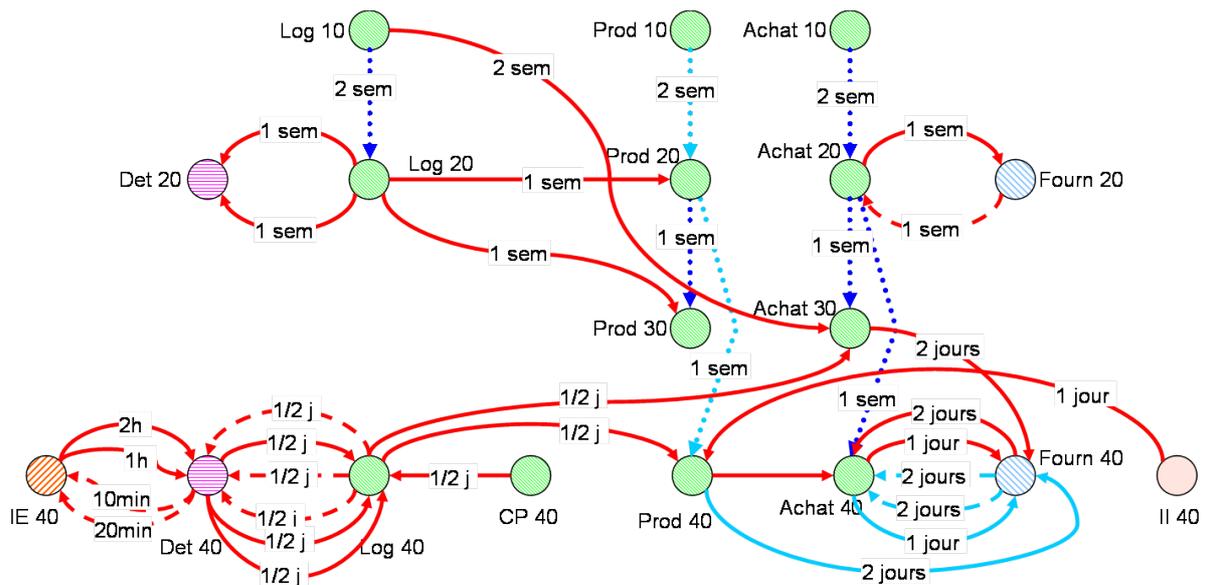


Figure 63. Application de la règle générique N°3

Il est important pour l'entreprise et, plus généralement, pour le bon fonctionnement de la chaîne logistique dans sa globalité de suivre précisément l'état de chaque noeud composant le chemin critique. Pour cela, des indicateurs de performance seront mis en place tout au long de ce chemin.

III.4.1.4 Règle N°4.1 : Recherche du chemin totalisant le plus grand nombre d'arc

Il est important de surveiller plus particulièrement les chemins où le nombre de manipulations de l'information ou de produits est élevé car plus le nombre de manipulations est élevé, plus le risque d'erreurs est important.

Dans notre cas, nous avons pu identifier deux chemins, passant par des nœuds différents, totalisant un maximum de quatorze arcs par chemin. Ces chemins sont identifiés dans une couleur plus claire sur les figures 64 et 65. Les numéros indiqués sur chaque arc précisent l'ordre de parcours du graphe.

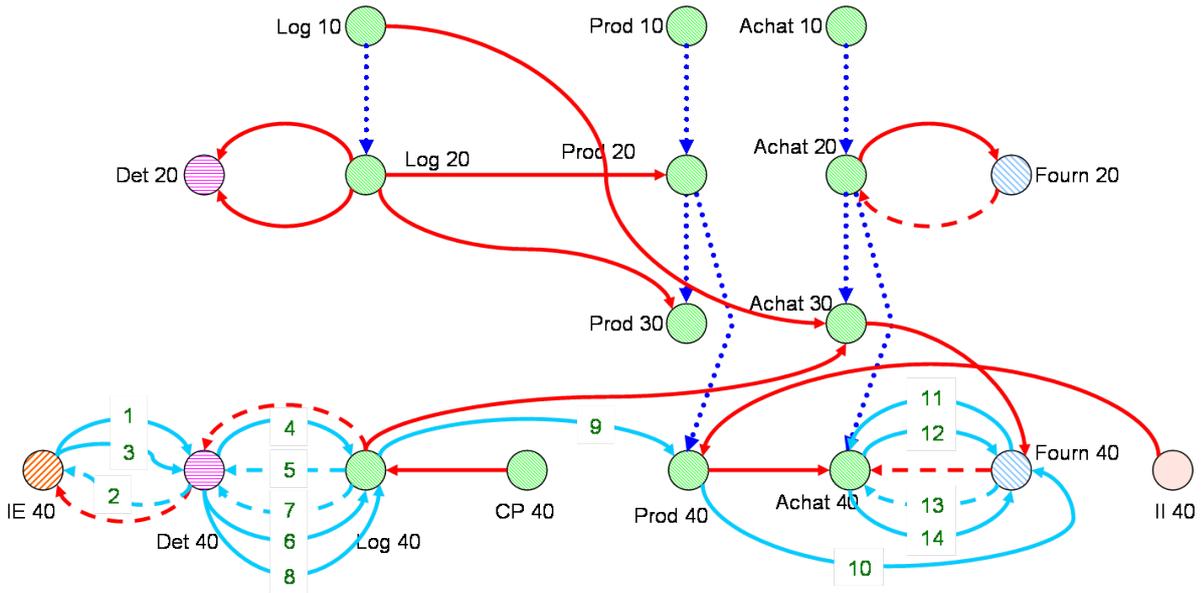


Figure 64. Application de la règle générique N°4.1 – Chemin N°1

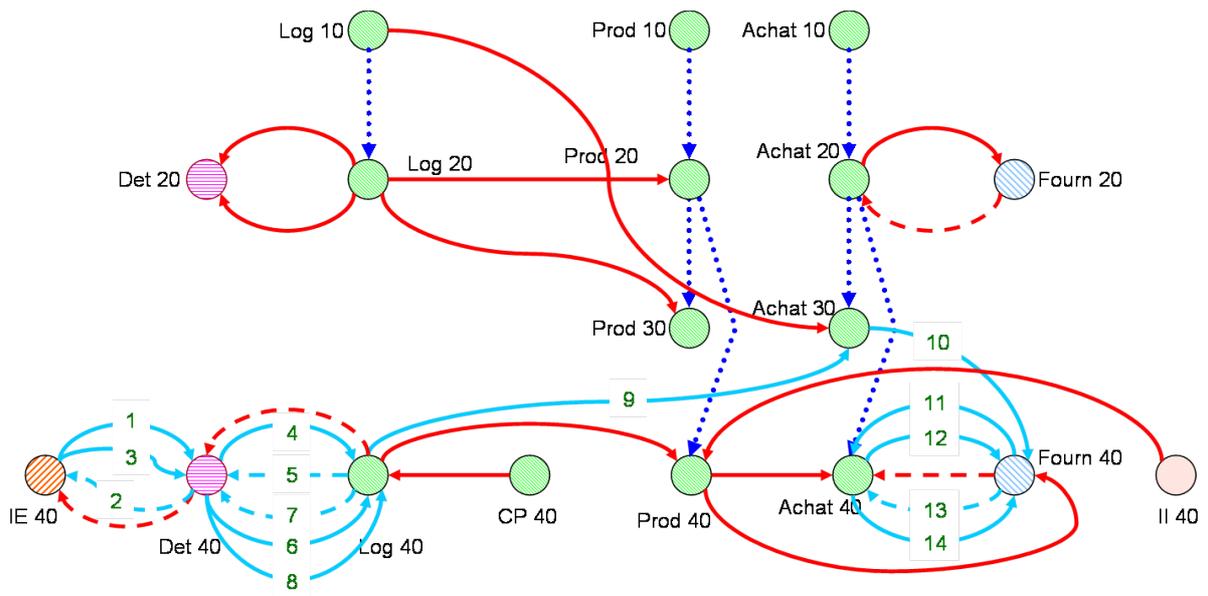


Figure 65. Application de la règle générique N°4.1 – Chemin N°2

Des indicateurs de performance devront être mis en place afin de surveiller ces deux chemins.

III.4.1.5 Règle N°4.2 : Recherche du chemin où les nœuds qui le composent totalisent le plus grand nombre de connexions avec les autres nœuds du graphe

Sachant qu'en augmentant le nombre de connexion de chaque nœud, on augmente le besoin de flexibilité du système, il est donc très important de connaître le chemin où les

nœuds qui le composent totalisent le plus grand nombre de connexions avec les autres nœuds du graphe.

Le chemin identifié sur la figure 66, par une couleur plus claire, comptabilise la plus grande moyenne parmi tous les chemins possibles du graphe.

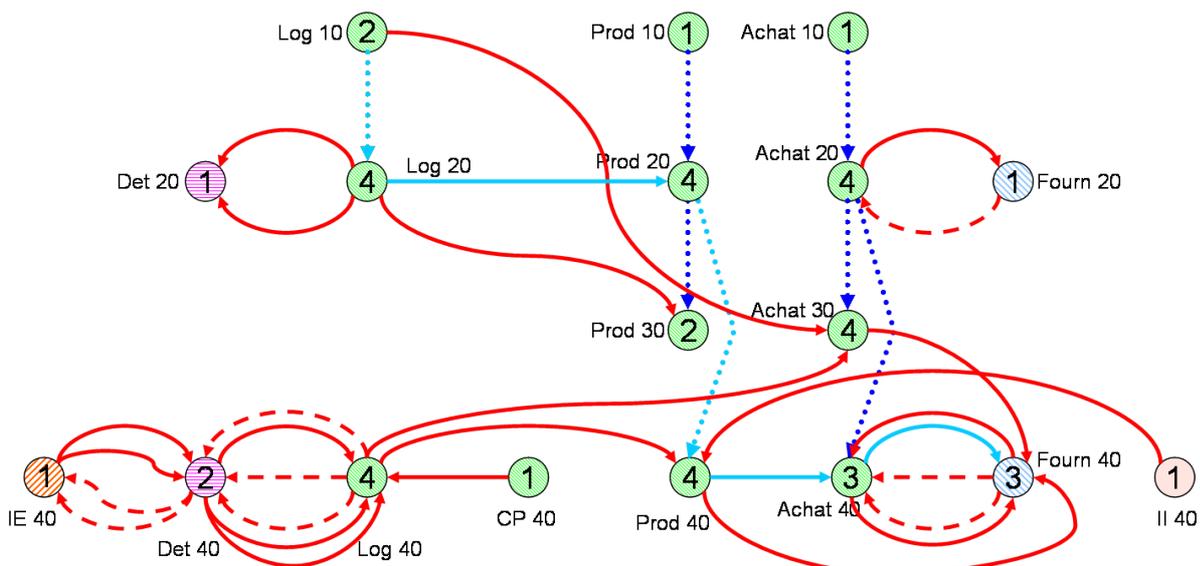


Figure 66. Application de la règle générique N°4.2

Des indicateurs de performance devront être mis en place afin de surveiller ce chemin.

III.4.1.6 Règle N°4.3 : Recherche du chemin qui comptabilise le plus grand nombre d'échanges dans un laps de temps donné

Afin de prendre en compte le nombre d'itérations sur chaque arc, nous recherchons le chemin ayant le plus grand nombre d'échanges dans un laps de temps donné.

La figure 67 présente, dans une couleur plus claire, le chemin répondant à la règle. La périodicité, avec laquelle chaque information ou cadre de décision est envoyé, est indiquée sur chaque arc.

La figure 68 fait apparaître le niveau d'interopérabilité sur chaque arc du graphe. L'interopérabilité est ici vérifiée dans son ensemble excepté pour deux arcs dont le niveau a été entouré en noir sur la figure.

Il est important de rappeler que les cadres de décision sont considérés comme des informations pour le calcul du niveau d'interopérabilité. Le niveau maximum atteignable, qui correspond à l'effectivité de l'interopérabilité, est le niveau 7. Le niveau 6 correspond à une bonne compréhension de l'information, mais à une impossibilité d'exploitation.

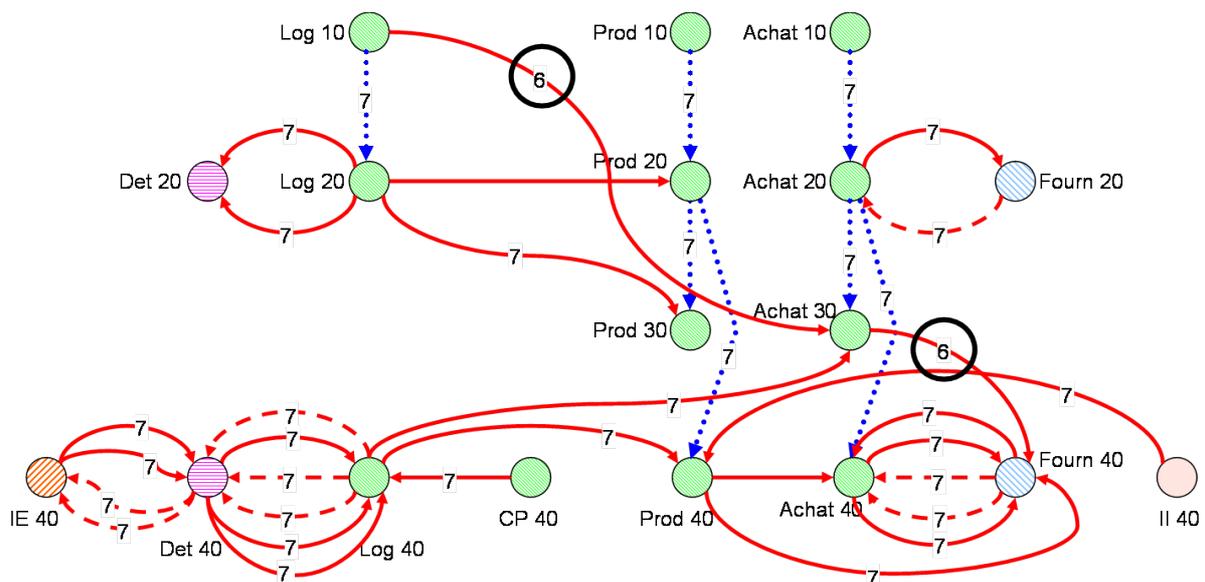


Figure 68. Calcul du niveau d'interopérabilité pour chaque arc

Il apparaît que deux arcs comptabilisent un score inférieur à sept. Par conséquent, cela signifie que les nœuds à chaque extrémité des arcs ne sont pas interopérables entre eux, donc nous ne mesurons pas l'effort sur ces arcs.

Lors de la re-conception du système, il faudra trouver une solution à ces deux problèmes d'interopérabilité.

III.5.2 Quantification du niveau d'effort

Pour une plus grande clarté de la suite du travail, nous avons attribués de façon arbitraire un numéro à chaque arc du graphe comme indiqué sur la figure 69.

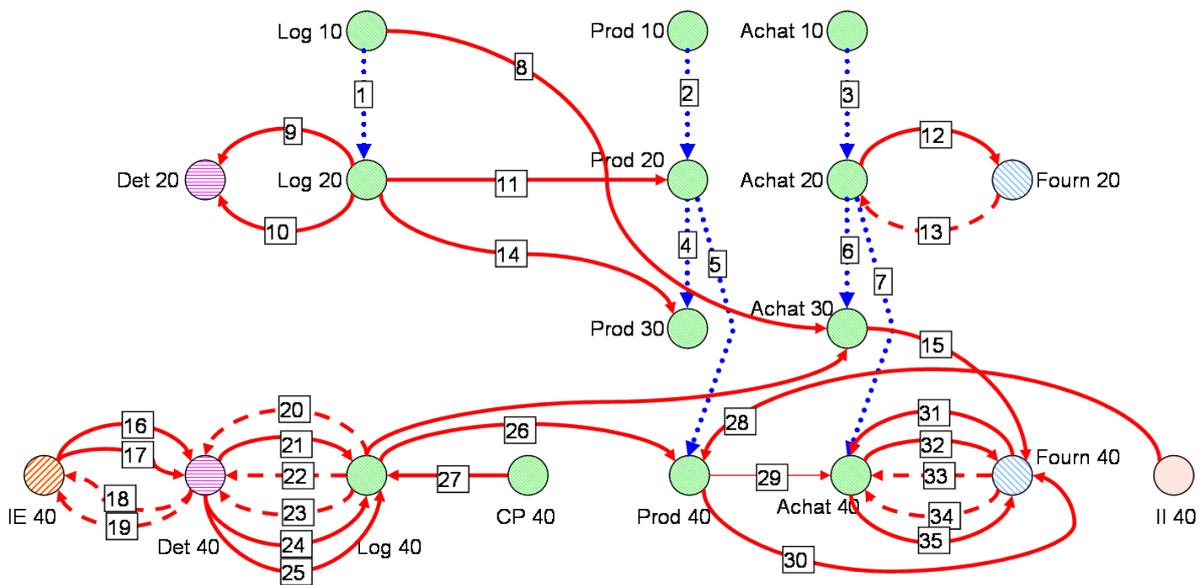


Figure 69. Numérotation des arcs du graphe

La quantification du niveau d'effort est divisée selon les trois types d'interopérabilité identifiés : sémantique, informatique et organisationnelle, tel que cela avait été présenté dans le chapitre 3. Les résultats sont présentés sous forme de trois tableaux afin de séparer les résultats selon l'interopérabilité considérée.

Il est à noter que seuls les arcs pour lesquels l'interopérabilité a été vérifiée (ceux dont le score est égal à 7) seront présents dans les tableaux. Certains critères sont établis sur un laps de temps donné. Il a été décidé que tous les critères seraient mesurés sur 6 mois.

Le groupe de pilotage a choisit d'établir une échelle de notes comprises entre 0 et 5 selon le classement suivant :

0. Aucun effort
1. Très peu d'effort
2. Peu d'effort
3. Effort moyen
4. Effort conséquent
5. Énormément d'effort

III.5.2.1 Interopérabilité sémantique

Les critères d'effort retenus concernant l'interopérabilité sémantique sont :

- le nombre d'informations non-exploitées dont l'exploitation a posé problème à cause d'une langue étrangère non comprise par la ou les personnes devant exploiter les informations concernées, sur six mois.
- le nombre d'informations non-exploitées dont l'exploitation a posé problème à cause d'un langage technique non compris par la ou les personnes devant exploiter les informations concernées, sur six mois.

L'échelle adoptée par le groupe de pilotage pour les deux critères est la suivante :

- 0 réponse égale à 0
- 1 réponse comprise entre 1 et 2,
- 2 réponse comprise entre 2 et 5,
- 3 réponse comprise entre 5 et 10,
- 4 réponse comprise entre 10 et 20,
- 5 réponse supérieure à 20.

L'entreprise ne travaillant qu'avec des fournisseurs espagnol, ne rencontre pas de problème lié à la langue avec eux. D'autre part, leurs détaillants parlant tous anglais et/ou espagnol, cela ne pose pas de problème non plus. C'est pourquoi nous ne trouvons que des « 0 » dans le tableau 11 pour le premier critère.

Pour le second critère, étant donné que l'entreprise utilise toujours les mêmes documents pour communiquer avec leurs fournisseurs et détaillants et qu'elle impose à ces fournisseurs et détaillant de faire de même, il n'y a donc aucun problèmes lié au langage technique.

Numéro de l'arc	Nombre de problème d'exploitation dû à la langue	Nombre de problème d'exploitation dû au langage technique	Moyenne des notes par arcs
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0
24	0	0	0
25	0	0	0
26	0	0	0
27	0	0	0
28	0	0	0
29	0	0	0
30	0	0	0
31	0	0	0

Numéro de l'arc	Nombre de problème d'exploitation dû à la langue	Nombre de problème d'exploitation dû au langage technique	Moyenne des notes par arcs
32	0	0	0
33	0	0	0
34	0	0	0
35	0	0	0
Moyenne des notes par critère	0	0	0

Tableau 11 : Quantification de l'effort déployé pour l'interopérabilité sémantique

Nous pouvons constater que l'entreprise ne présente aucun problème d'interopérabilité sémantique.

III.5.2.2 Interopérabilité informatique

Les critères induits de la définition de l'interopérabilité informatique sont les suivants :

- 1 le nombre d'informations non-exploitées ou de messages d'erreur lors de l'exploitation d'une information qui sont dûs à un langage non-connu du système technique chargé de l'exploitation, et ce sur six mois;
- 2 le nombre d'informations non-exploitées ou de messages d'erreur lors de l'exploitation d'une information qui sont dûs à un format de données non-connu du système technique chargé de l'exploitation, et ce sur six mois;
- 3 le nombre d'informations non-exploitées ou de messages d'erreur lors de l'exploitation d'une information qui sont dûs à un modèle de donnée non-connu du système technique chargé de l'exploitation, et ce sur six mois;
- 4 le nombre d'informations non-traitées à cause de la non-compréhension de l'interface homme/machine;
- 5 le nombre d'informations non-traitées à cause de l'utilisation par la machine d'un langage non-compris par l'homme ou inversement, et ce sur six mois;
- 6 le nombre d'informations non-traitées à cause de l'utilisation par la machine d'un

format des données non-compris par l'homme ou inversement, et ce sur six mois.

L'échelle adoptée par le groupe de pilotage commune à tous les critères est la suivante :

- 0 réponse égale à 0
- 1 réponse comprise entre 1 et 2,
- 2 réponse comprise entre 2 et 5,
- 3 réponse comprise entre 5 et 10,
- 4 réponse comprise entre 10 et 20,
- 5 réponse supérieure à 20.

L'entreprise s'étant déjà attachée, par le passé, à résoudre les problèmes d'interopérabilité informatique, nous n'en avons constaté aucun.

N° arc	Critère 1	Critère 2	Critère 3	Critère 4	Critère 5	Critère 6	Moyenne
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0

N° arc	Critère 1	Critère 2	Critère 3	Critère 4	Critère 5	Critère 6	Moyenne
20	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0
Moyenne	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 12. Quantification de l'effort déployé pour l'interopérabilité informatique

III.5.2.3 Interopérabilité organisationnelle

Les critères induits de la définition de l'interopérabilité organisationnelle sont les suivants :

- 1 le temps perdu avant le traitement de l'information (le temps entre le moment où on reçoit l'information et le moment où on peut l'utiliser (temps nécessaire au traitement du fruit de l'échange : donnée, produit, ...). L'échelle adoptée par le groupe de pilotage est la suivante :

- 0 réponse inférieure à 1 min,
- 1 réponse comprise entre 1 min et 2 min,
- 2 réponse comprise entre 2 min et 10 min,

- 3 réponse comprise entre 10 et 20,
 - 4 réponse comprise entre 20 et 40,
 - 5 réponse supérieure à 40;
- 2 le nombre d'opérations nécessaires avant de pouvoir exploiter le fruit de l'échange.

L'échelle adoptée par le groupe de pilotage est la suivante :

- 0 réponse égale à 0
 - 1 réponse comprise entre 1 et 2,
 - 2 réponse comprise entre 3 et 5,
 - 3 réponse comprise entre 6 et 10,
 - 4 réponse comprise entre 11 et 20,
 - 5 réponse supérieure à 20;
- 3 le nombre d'outils utilisés pour permettre l'utilisation de l'information. L'échelle adoptée par le groupe de pilotage est la suivante :

- 0 réponse égale à 1
 - 1 réponse égale à 2,
 - 2 réponse égale à 3,
 - 3 réponse comprise entre 4 et 5,
 - 4 réponse comprise entre 6 et 8,
 - 5 réponse supérieure à 8;
- 4 le temps entre le moment où on reçoit l'information et le moment où on en a besoin.

L'échelle adoptée par le groupe de pilotage est la suivante :

- 0 réponse égale à 0
- 1 réponse comprise entre 1 min et 1 heure,
- 2 réponse comprise entre 1 heure et 1/2 journée,

- 3 réponse comprise entre ½ journée et 2 jours,
 4 réponse comprise entre 2 jours et 1 semaine,
 5 réponse supérieure à 1 semaine;
- 5 le nombre d'informations que l'on ne traite pas, pour diverses raisons, sur le nombre d'informations que l'on reçoit sur une période de six mois. L'échelle adoptée par le groupe de pilotage est la suivante :

- 0 réponse égale à 0%
 1 réponse comprise entre 1 et 2%,
 2 réponse comprise entre 2 et 5%,
 3 réponse comprise entre 5 et 10%,
 4 réponse comprise entre 10 et 20%,
 5 réponse supérieure à 20%;

- 6 le nombre d'informations qui se sont avérées erronées après leur exploitation, sur six mois. L'échelle adopté par le groupe de pilotage est la suivante :

- 0 réponse égale à 0
 1 réponse comprise entre 1 et 2,
 2 réponse comprise entre 2 et 5,
 3 réponse comprise entre 5 et 10,
 4 réponse comprise entre 10 et 20,
 5 réponse supérieure à 20.

N° arc	Critère 1	Critère 2	Critère 3	Critère 4	Critère 5	Critère 6	Moyenne
1	0	0	1	2	0	0	0,5
2	0	0	1	2	0	0	0,5
3	0	0	1	2	0	0	0,5
4	0	0	1	1	0	0	0,33

N° arc	Critère 1	Critère 2	Critère 3	Critère 4	Critère 5	Critère 6	Moyenne
5	0	0	0	1	0	0	0,17
6	0	0	1	1	0	0	0,33
7	0	0	0	1	0	0	0,17
9	1	1	0	2	0	0	0,67
10	1	1	0	2	0	0	0,67
11	0	0	0	0	0	0	0
12	1	1	0	1	0	0	0,5
13	1	1	0	1	0	0	0,5
14	0	0	0	1	0	0	0,17
16	0	0	0	0	0	4	0,67
17	0	0	0	0	0	3	0,5
18	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0
21	3	1	2	0	2	5	2,17
22	0	0	0	0	0	2	0,33
23	0	0	0	0	0	1	0,17
24	0	0	0	0	0	3	0,5
25	0	0	0	0	0	2	0,33
26	0	0	1	1	0	0	0,33
27	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0
31	0	2	0	0	0	1	0,5
32	0	0	0	0	0	1	0,17
33	0	0	0	0	0	1	0,17
34	0	0	0	0	0	2	0,33

N° arc	Critère 1	Critère 2	Critère 3	Critère 4	Critère 5	Critère 6	Moyenne
35	0	0	0	0	0	0	0
Moyenne	0,21	0,21	0,24	0,55	0,06	0,76	0,34

Tableau 13. Quantification de l'effort déployé pour l'interopérabilité organisationnelle

Certains problèmes d'interopérabilité ont été détectés et devront être résolus lors de la phase de re-conception.

III.5.3 Exploitation des résultats

Afin de faciliter l'exploitation des résultats, le groupe de pilotage a décidé d'une part de lister les résultats critiques c'est-à-dire tous ceux dont le résultat est égal à 5. Et d'autre part, de créer une échelle permettant de classer les arcs par groupe. Ce classement, basé sur les moyennes des résultats de chaque arc, permettra par la suite de hiérarchiser les projets d'évolution entre eux, les plus prioritaires étant ceux obtenant les scores les plus élevés. L'échelle adoptée par le groupe de pilotage pour le classement des moyennes des arcs est le suivant :

- 0 moyenne égale à 0;
- 1 moyenne comprise entre 0 et 0,2;
- 2 moyenne comprise entre 0,21 et 0,5;
- 3 moyenne comprise entre 0,51 et 1;
- 4 moyenne supérieure à 1.

Dans notre cas, seul un arc à un résultat égal à 5 pour un critère. Il s'agit de l'arc N°21. Le tableau 12 présente le classement des arcs par groupe :

N° du groupe	N° des arcs
Groupe 4	21
Groupe 3	9, 10, 16
Groupe 2	1, 2, 3, 4, 6, 12, 13, 17, 22, 24, 25, 26, 31, 34
Groupe 1	5, 7, 14, 23, 32, 33
Groupe 0	11, 18, 19, 20, 27, 28, 29, 30, 35

Tableau 14. Classement des arcs

IV Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons traité un exemple de chaîne logistique composée de trois entreprises. Cet exemple, bien que limité à seulement trois entreprises a permis de montrer la mise en oeuvre de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité. Une fois la méthode appliquée, une liste exhaustive des problèmes recensés ainsi que des points à surveiller est réalisée. Par la suite, le modèle de re-conception sera conçu et implanté à travers différents projets cadrés par la méthode de gestion de l'évolution.

Il est important de noter l'aspect systématique de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité. En effet, elle s'applique de manière automatique quelque soit le type ou le nombre d'entreprises impliquées dans l'étude. Seule la complexité des graphes et, par conséquent, le temps nécessaire au traitement des graphes seront différents selon le cas. Cependant, l'application des règles génériques peut être informatisée ce qui enlèverait toutes difficultés liées à la complexité des graphes.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale

Ce travail de recherche a pour ambition de contribuer à l'amélioration de l'interopérabilité des entreprises dans un contexte d'entreprises réseaux.

Dans le premier chapitre, nous avons montré que la tendance actuelle dans les entreprises était au regroupement de celles-ci sous forme de chaînes logistiques dans le but d'améliorer la satisfaction du client final et grâce au concours de toutes les entreprises de la chaîne. Dans ce contexte, l'interopérabilité apparaît comme une obligation car elle permet d'éviter tous les problèmes liés à la circulation des informations et des produits. Par la suite, nous avons définis l'interopérabilité comme étant « la capacité de deux ou plusieurs systèmes ou composants à échanger des informations et à utiliser ces informations échangées » [IEEE 90][Athena 04], puis nous avons comparé l'interopérabilité aux notions d'intégration, de collaboration et de coopération afin de mettre en évidence les similitudes et les différences. Nous avons également montré que l'interopérabilité peut être considérée comme une performance d'un système et, par conséquent, être mesurée comme telle. C'est pourquoi, nous avons présenté les principaux modèles de la performance ainsi que les difficultés liées au pilotage de la performance dans notre contexte et les raisons qui justifient la mesure de la performance. Enfin, nous avons montré que les entreprises ont besoin d'un cadre pour mettre en œuvre l'interopérabilité. Pour cela nous avons présenté les principes de la gestion de l'évolution.

Dans le deuxième chapitre, nous nous sommes intéressés à des méthodes et outils dédiés à la chaîne logistique. En effet, nous avons présenté deux modèles de référence de la chaîne logistique : SCOR et AFNOR, chacun apportant sa vision de l'organisation d'une chaîne logistique idéale. Nous avons présenté deux méthodes d'audit, chacune comportant, entre autres, des questions sur l'interopérabilité. Puis nous avons présenté trois typologies portant respectivement sur la caractérisation des chaînes logistiques, sur les relations collaboratives et les notions de dépendances des ressources. Ces typologies nous ont permis, dans le chapitre suivant, de développer une typologie des entreprises

collaboratives. Nous avons ensuite cherché des méthodes et outils nous permettant de caractériser l'interopérabilité. Nous avons décomposé ce travail en deux étapes. Tout d'abord nous avons présenté des méthodes de modélisation d'entreprise qui nous permettent de modéliser le système existant, puis nous avons présenté des outils de représentation de l'interopérabilité : l'hétérogénéité sémantique et la théorie des graphes. Enfin, après avoir montré l'évolution des systèmes de mesure de performance, nous avons présenté les principales méthodologies de définition d'un système de mesure de performance dédiées au pilotage d'entreprises réseaux, à la gestion de l'évolution du système de mesure de performance et de conception et d'implantation d'indicateurs de performance.

Le troisième chapitre présente la typologie de collaboration basée sur des typologies de domaines connexes, présentées au chapitre 2. Cette typologie nous impose de préciser la notion d'interopérabilité. Dans cet objectif, nous avons distingué trois types d'interopérabilités : l'interopérabilité sémantique, l'interopérabilité informatique et l'interopérabilité organisationnelle. Puis nous avons présenté les outils nécessaires à la caractérisation de l'interopérabilité. La caractérisation commence par la création des modèles de l'état existant du système à l'aide des méthodes de modélisation d'entreprise. Puis nous avons transformé les modèles sous forme de graphes à l'aide de règles de transformation propres à chaque modèle. Ensuite, nous avons présenté les règles génériques d'interopérabilité applicables directement sur les graphes. Ces règles permettent de mettre en évidence certains problèmes d'interopérabilité, mais également de mettre en lumière les échanges à surveiller plus particulièrement. Enfin, nous avons présenté deux outils permettant de mesurer le niveau d'effort pour atteindre l'interopérabilité. En effet, dans un premier temps, nous mesurons le niveau d'interopérabilité pour connaître le degré d'interopérabilité de l'échange concerné. Puis, nous mesurons le niveau d'effort déployé pour permettre l'interopérabilité.

Le quatrième chapitre présente la démarche complète de caractérisation de l'interopérabilité qui met en œuvre, étape par étape, tous les outils présentés au chapitre précédent. Les conclusions issues de l'application de cette démarche nous permettent de

définir les projets d'évolution à mettre en œuvre au travers de la démarche de gestion de l'évolution présentée dans ce chapitre. Cette démarche sert de cadre à l'évolution des entreprises de la chaîne logistique pour les rendre interopérables entre-elles sans effort.

Le cinquième chapitre présente une application de la méthode de caractérisation de l'interopérabilité sur un consortium de PME dans le domaine du meuble. Les données présentées ont montré l'applicabilité de notre méthode.

Perspectives

Lors de l'établissement des règles de transformation des modèles sous forme de graphes, nous nous sommes limités à l'étude de la transformation des modèles de GIM, or il faudrait étendre ces règles à tous les modèles existants. De même, il serait intéressant de développer un outil informatique permettant l'automatisation d'une partie de la démarche de caractérisation, notamment pour la transformation des modèles sous forme de graphe et l'application des règles d'interopérabilité.

Une autre voie à explorer serait l'interopérabilité décisionnelle. En effet, dans notre démarche, nous avons considéré les échanges de la grille décisionnelle comme des échanges d'information classique. Or, le processus de prise de décision ainsi que la transmission des décisions font peut-être appel à un autre type d'interopérabilité : l'interopérabilité décisionnelle.

D'autre part, lorsque nous avons précisé la notion d'interopérabilité au chapitre 3, nous n'avons pas abordé la notion de confidentialité des informations et des produits échangés. Or, ils représentent les savoirs et savoirs-faire d'une entreprise. Si nous prenons l'exemple de trois entreprises E1, E2 et E3, les entreprises E2 et E3 sont des entreprises concurrentes qui n'ont aucun échange entre elles, mais qui collaborent toutes deux avec l'entreprise E1. E1 doit être interopérable avec E2 et E3 et, en plus des problèmes que cela peut entraîner, elle doit respecter la confidentialité entre les informations et produits échangés avec E2 et ceux échangés avec E3. Il est évident que E1 doit limiter ses échanges aux seules informations concernant E2 ou E3 sans que l'une des deux entreprises puisse accéder aux informations de l'autre. Le problème n'est donc plus seulement de permettre et de mettre en œuvre l'interopérabilité, mais également de canaliser les échanges. Nous sommes donc face à un paradoxe car, d'une part, l'interopérabilité dans un contexte d'entreprise intégrée induit une communication totale autour d'un produit, et d'autre part, étant donné qu'une entreprise ne collabore généralement pas avec une seule autre entreprise, nous devons limiter la collaboration aux seuls échanges strictement nécessaires. Il est donc primordial, lors de la caractérisation de l'interopérabilité, de bien identifier les différentes chaînes logistiques (canaux) et les échanges associés à chacune d'entre-elles. Nous ne parlons donc plus d'interopérabilité entre entreprises, mais d'interopérabilité au sein d'un canal. Toute communication entre plusieurs canaux étant interdite, nous

qualifierons les parois des canaux « d'étanches ». La notion de confidentialité est donc très importante et doit, à ce titre, être intégrée à la démarche de caractérisation de l'interopérabilité.

Références

- [Abdmouleh 04] Abdmouleh A., Composants pour la Modélisation des Processus Métier en Productique, basés sur CIMOSA, Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Metz (ENIM), Metz, 15 Septembre 2004.
- [Abrahamsson 97] Abrahamsson M., Brege S., Structural changes in the supply chain, International Journal of Logistic Management, Vol.8, N°1, p.35 - 45, 1997.
- [AFGI 92] Association Française de Gestion Industrielle, Evaluer pour évoluer, les indicateurs de performance au service du pilotage industriel, Ouvrage collectif AFGI, Octobre, 1992.
- [AFNOR 02] Norme NF X50-600, Logistique - Processus logistiques, Association Française de Normalisation, Juillet 2002.
- [AFNOR 99] Norme NF X50-600, Logistique - Fonction et démarche logistiques, Association Française de Normalisation, Janvier 1999.
- [AIAG 06] AIAG, <http://www.aiag.org/about/index.cfm>, 2006.
- [Akao 04] Akao J., Quality Function Deployment, Productivity Press, ISBN : 1563273136, 369 p., 2004.
- [Akao 92] Akao J., Prendre en compte les besoins du client dans la conception du produit, Afnor, 349 p., 1992.
- [Akif 05] Akif J-C., Blanc S., Ducq Y., Comparison of methods and frameworks to evaluate the performance of supply chains, 4th international workshop on performance measurement implementation of performance measurement systems for supply chains, Bordeaux, 27-28 June 2005.
- [AMICE 93] CIMOSA : Open Systems Architecture for CIM, Springer-Verlag, Berlin, 1993.
- [Anderson 97] Anderson E., Day G. S., Rangan V. K., Strategic channel design, Sloan

Management Review, Vol.38, N°3, p.59 - 69, 1997.

- [ASLOG 02] Référentiel de la performance logistique ASLOG, Version 3.1, ASLOG, 2002.
- [ASLOG 06] Tirode-Bédel M., Le référentiel d'audit logistique de l'ASLOG, ASLOG, www.cdaf.asso.fr/regions/referentiel-aslog_250406_cesi.ppt, 2006.
- [Athena 03] Annex I - "Description of Work", Athena European Integrated Project, 11 Novembre2003.
- [Athena 04] What is ATHENA ?, Athena European Integrated Project, <http://www.athena-ip.org/index.php?option=content&task=view&id=44&Itemid=89>, 21 décembre 2004.
- [Bareigts 00] Bareigts C., Importance de la coordination/coopération en terme d'apprentissage organisationnel, Actes du colloque Agent logiciels, coopération, apprentissage & activité humaine, ATIEF, Biarritz, 2000.
- [Bass 52] Bass B.M., Ultimate Criteria of Organizational Worth , Personnel Psychology, N°5, p.157 - 173, 1952.
- [Bernhard 05] Bernhard J., Angelides M. C., a model and a performance measurement system for collaborative supply chain, Decision Support System, in Press, Corrected Proof, 2005.
- [Bescos 95] Bescos P. L., Dobler P., Mendoza C., Naulleau G., Controle de gestion et management, Editions Montchrestien, Collection entreprendre, Guide des techniques et de la décision, Paris, 1995.
- [Blanc 05] Blanc S., Ducq Y., Vallespir B., Evolution management toward interoperable supply chains using performance measurement, 4th International Workshop on Performance Measurement, Implementation of Performance Measurement Systems for Supply Chains, Bordeaux, 27-28 June2005.

- [Blanc 05b] Blanc S., Ducq Y., Implementation of a Performance Measurement System for the maintenance using ECOGRAI and PbView software tool, 4th International Workshop on Performance Measurement, Implementation of Performance Measurement Systems for Supply Chains, Bordeaux, 27-28 June 2005.
- [Blanc 05b] Blanc S., Interoperability problems: Management of evolution of collaborative enterprises, Interoperability for Enterprise Software and Applications Conference, I-ESA'05, Geneve, Suisse, 23-25 février 2005.
- [Blanc 06] Blanc S., Ducq Y., Vallespir B., Interoperability characterization using enterprise modelling and graphe representation, Interoperability for Enterprise Software and Applications Conference, I-ESA'06, Bordeaux, 22-24 Mars 2006.
- [Blanc 06b] Blanc S., Ducq Y., Vallespir B., Interoperability problems in supply chains context, 12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, INCOM'06, Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Étienne, 18-19 Mai 2006.
- [Blanc 06c] Blanc S., Robin V., Ducq Y., Girard P., Management of evolution during collaborative design process, 12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, INCOM'06, Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Étienne, 18-19 Mai 2006.
- [Blanc 07] Blanc S., Ducq Y., Vallespir B., A Graph based approach for interoperability evaluation, Interoperability for Enterprise Software and Applications Conference, I-ESA'07, Funchal (Madeira Island), Portugal, 28-30 March, 2007.
- [Booch 00] Booch G., Rumbaugh J., Le guide de l'utilisateur UML, Eyrolles, Paris, 2000.
- [Bouchenaki 04] N. Bouchenaki, Le travail collaboratif à la une des préoccupations, Pôle Productique Rhône-Alpes, <http://www.productique.org/web/web3.nsf>

/0/254980E72E861ABFC1256D05002D772C?opendocument, 2004.

- [Boucher 03] X. Boucher, P. Burlat, Vers l'intégration des compétences dans le système de performance de l'entreprise, *Journal Européen des Systèmes Automatisés (JESA)*, Vol. 37, N°3, p.363-390, septembre 2003.
- [Burlat 02] P. Burlat, Modélisation et pilotage des entreprises en réseau, HDR Université Jean Monet, Saint Etienne, 2002.
- [Burlat 03] Burlat P., Boucher X., Une utilisation de la théorie des sous ensembles flous pour le calcul d'indicateurs de performance, *MOSIM'03*, Toulouse, 2003.
- [Buzzel 95] Buzzel R. D., Ortmeyer G., Channel partnerships streamline distribution, *Sloan Management Review*, Vol.36, N°2, p.85 - 96, 1995.
- [Caby 96] Caby J., Clerc-Girard M.F., Koehl J., Le processus de création de valeur, *Revue Française de Gestion*, p.49 - 56, mars-mai 1996.
- [Campanella 83] Campanella J., Corcoran F.J., Principles of quality costs, *Quality Progress*, p. 16-22, April 1983.
- [Caplica 95] Caplica C., Sheffi Y., A Review and Evaluation of Logistics Performance Measurement Systems, *The International Journal of Logistics Management*, Vol.6, N°1, p.61 - 74, 1995.
- [Chalmeta 03] chalmeta R., Grangel R., ARDIN estension for virtual entreprise integration, *Journal of Systems and Software*, Vol.67, p. 141-152, 2003.
- [chalmeta 05] Chalmeta R., Grangel R., Performance measurement systems for virtual entreprise integration, *Int. J. Computer Integrated Manufacturing*, Vol.18, N°1, p. 73-84, January - February 2005.
- [Chen 05] Chen D., Modélisation d'entreprise pour l'intégration et l'interopérabilité des systèmes industriels, Université Bordeaux 1, Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Talence, 2005.

- [Claveau 05] Claveau N., Neubert G., Pellegrin C., La collaboration dans les chaînes logistiques : un cadre d'analyse fondé sur la notion d'opportunité de relation, 6ème congrès international de Génie Industriel, Besançon, France, 7-10 Juin 2005.
- [Colin 96] Colin J., La logistique : histoire et perspectives, La logistique : recherche et mise en oeuvre, Edition Hermes, Actes du colloque ARFILOG, 25 - 26 Mars 1996.
- [Connolly 80] Connolly T., Conlon E.J., Deutsch S.J., Organizational Effectiveness: A Multiple-Constituency Approach, Academy of Management Review, Vol.5, N°2, p.211 - 217, 1980.
- [Cooper 88a] Cooper R., The rise of activity -based cost systems : part I - what is an activity-based cost system?, Journal of Cost Management, p. 45-54, Summer 1988.
- [Cooper 88b] Cooper R., The rise of activity -based cost systems : part II - when do I need an activity-based cost system?, Journal of Cost Management, p. 41-48, 1988.
- [Cooper 89a] Cooper R., The rise of activity -based cost systems : part III - how many cost drivers do you need and how should you select them?, Journal of Cost Management, p. 34-46, Winter, 1989.
- [Cooper 89b] Cooper R., The rise of activity -based cost systems : part IV - What do activity -based systems look like?, Journal of Cost Management, Magazinep. 34-46, Spring 1989.
- [Cooper 97] Cooper M., Lambert D., Pagh J., Supply chain management:more than a new name of logistics, International Journal of logistics management, Vol.8, N°1, 1997.
- [COPILOTES 04] Consortium Copilotes, livrable 1.1 : "Caractérisation des chaînes logistiques", Rapport de projet Copilotes (COllaboration et Partage

d'Information dans les chaînes LOGisTiquES), Programme de recherche à thématique prioritaire STIC, entreprise virtuelle soutenue par la Région Rhône-Alpes, 2004.

- [CPC 97] Club "Production et Compétitivité", Coordination P. M. Gallois, De la pierre à la cathédrale : Les indicateurs de performance, Editions Londez Conseil, Ministère de l'industrie, de la poste et des télécommunications, 1997.
- [CPH 04] Comportements & Psychobiologie Humaine, Glossaire, psychobiologie.ouvaton.org/glossaire/txt-p06.20-02-glossaire.htm, 28 Avril 2004.
- [Crowston 94] Crowston K., A taxonomy of organizational dependencies and coordination mechanisms, Center for coordination sciences working paper 174, <http://ccs.mit.edu/papers/CCSWP174.html>, 1994.
- [Daclin 05] Daclin N., Chen D., Vallespir B., Développement de l'interopérabilité des applications de gestion industrielles : concepts de base et définitions, Gestion Industrielle (GI'05), Besançon, France, 7-10 Juin 2005.
- [Dedun 05] Dedun I., Seville M., Les Systèmes d'Information Interorganisationnels comme médiateurs de la construction de la collaboration au sein des chaînes logistiques : Du partage d'information aux processus d'apprentissages collectifs, 6ème congrès international de Génie Industriel, Besançon, France, 7-10 Juin 2005.
- [DI 05] INTEROP, Enterprise Modelling and Ontologies for Interoperability, Network of excellence - Contract no.: IST-508 011, www.interop-noe.org, November 2005.
- [Doumeingts 01] Doumeingts G., Ducq Y., Enterprise modelling techniques to improve efficiency of enterprises, Production Planning & Control, Vol.12, N°2, p.146 - 163, 2001.

- [Doumeingts 84] Doumeingts G., La méthode GRAI, Thèse d'état, Université de Bordeaux I, 1984.
- [Ducq 05] Ducq Y., Vallespir B., Definition and aggragation of performance measurement system in three aeronautical workshops using the ECOGRAI method, *Production Planning & Control*, Vol.16, N°2, p. 163 - 177, 2005.
- [Ducq 05] Ducq Y., Vallespir B., Definiti, on and aggragation of performance measurement system in three aeronautical workshops using the ECOGRAI method, *Production Planning & Control*, Vol.16, N°2, p. 163 - 177, 2005.
- [Ducq 99] Ducq Y., Contribution à une méthodologie d'analyse de la cohérence des systèmes de production dans le cadre du modèle GRAI, Université Bordeaux 1, Bordeaux, 1999.
- [Dupin 01] Dupin J-B., Organisation : l'entreprise à l'heure du keiretsu japonais, 01 informatique, <http://www.01net.com/article/167172.html>, 12 Octobre 2001.
- [Dyer 96] J. H. Dyer, How Chrysler Created an American Keiretsu, *Harvard Business Review*, p. 42 - 56, Juillet - Aout 1996.
- [Eccles 91] Eccles R.G., The Performance Measurement Manifesto, *Harvard Business Review*, p.131 - 137, Janvier - Février 1991.
- [Edwards 01] Edwards P., Peters M., Sharman G., The effectiveness of information systems in supporting the extended supply chain, *Journal of business logistics*, Vol.22, N°1, 2001.
- [Esnault 96] Esnault L., L'entreprise-Reseau : Une nouvelle frontière pour les managers?, Groupe ESC Lyon, <http://inforge.unil.ch/cimre/96/papers11/>, 1996.
- [Evalog 01] Guide pour l'amélioration de la Logistique, Version 2.2, GALIA, 2001.

- [Eymery 98] Eymery P., Enjeux de la logistique, Techniques de l'ingénieur, A9020_7_1998, Vol. ARCH9, Juillet 1998.
- [FD X50-602] AFNOR, Logistique - Fonctions logistiques, Octobre 1997.
- [Feigenbaum 61] Feigenbaum A.V. Total Quality Control, McGraw-Hill, 00711261201961.
- [Ferrand 94] Ferrand D.J., Paquet G., Apprentissage organisationnel et re-engineering, Logistique Magazine, N°92, Novembre 1994.
- [Floyd 62] Floyd R. W., Algorithm 97: Shortest path, Communications of the ACM, Vol.5, N°6, p. 345, June 1962.
- [Francella 98] Francella K., Doherty K., Supply Chain Solutions: Linking the Chains, Supplement to Food Logistics, Mars 1998.
- [Frayret 03] Frayret J.-M., D'Amours F., D'Amours S., Collaboration et outils collaboratifs pour la PME manufacturière, Rapport du projet CEFRIO, http://www.cefrio.qc.ca/projets/proj_38.cfm, 2003.
- [Galia 04] Global EVALOG, http://www.galia.com/bin/dossiers_fiche.asp?id=5, 2004.
- [Gauzente 00] Gauzente C., Mesurer la performance des entreprises en l'absence d'indicateurs objectifs : quelle validité ? Analyse de la pertinence de certains indicateurs, Finance Contrôle Stratégie, Vol.3, N°2, p.145 - 165, Juin 2000.
- [Georgopoulos 57] Georgopoulos B.S., Tannenbaum A.S., A Study of Organizational Effectiveness, American Sociological Review, Vol.22, p.534 - 540, 1957.
- [Ghalayini 96] Ghalayini A. M., Noble J. S., The Changing Basis of Performance Measurement, International Journal of Operations & Production Management, Vol.16, N°8, p. 63-80, 1996.
- [Gilmour 99] Gilmour P., A strategic audit framework to improve supply chain

performance, Journal of business & industrial marketing, Vol.5, N°4, p. 283-290, 1999.

- [Gondran 95] Gondran M, Minoux M., Graphes et algorithmes, Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France, Eyrolles, Vol.37, ISSN 0399-4198, 588 pages, 1995.
- [Gross 99] Gross J., Yellen J., graph Theory, CRC Press, ISBN : 0-8493-3982-0, 585 pages, 1999.
- [Grouard 93] Grouard B., Meston F., L'entreprise en mouvement, Edition Dunod, ISBN : 2100485040, 1993.
- [Gruat La Forme 05] Gruat-La-Forme F-A., Wattky A., Botta Genoulaz V., Neubert G., Campagne J-P., Un outil de caractérisation de chaînes logistiques collaboratives, 6ème congrès international de Génie Industriel, Besançon, France, 7-10 Juin 2005.
- [Gunasekaran 01] Gunasekaran A., Brunel C. P., Tirtiroglu E., Performance measures and metrics in supply chain environment, International journal of operations & production management, Vol.21, N°1/2, p. 71-87, 2001.
- [Harland 01] Harland C. M., Lamming R. C. Zheng J., Johnsen T., A taxonomy of supply networks, Journal of Supply Chain Management, Vol.37, N°4, p. 21-28, 2001.
- [Hauguel 01] Hauguel P. et Viardot E., De la supply chain au réseau industriel, L'expansion Management Review, p.94 - 100, Juin 2001.
- [Hewitt 85] Hewitt C., The Challenge of OpenSystems, Avril 1985.
- [I-ESA'06] Interoperability for Enterprise Software and Applications Conference (I-ESA'06), <https://i-esa.laps.u-bordeaux1.fr/accueil.php>, 2006.
- [IEEE 90] Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE standard computer

dictionary: a compilation of IEEE standard computer glossaries, New York, 1990.

- [IFAC 97] IFAC-IFIP Task Force, GERAM: Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology, Version 1.4, ISO TC 184/SC5/WG1, N398, Août 1997.
- [INTEROP 05] Deliverable DI.1 : Interoperability knowledge corpus, Network of Excellence - Contract no.: IST-508 011, www.interop-noe.org, 25 Novembre 2005.
- [ISO 14258] TC 184/SC 5, Systèmes d'automatisation industrielle - Concepts et règles pour modèles d'entreprise, 1998.
- [Jacob 94] Jacob R., Rheault M., Julien P. A., Gelin R., Drolet J., L'entreprise partagée et l'approche juste-à-temps, les cahiers du GREPME, p.94 - 99, 1994.
- [Jacobson 92] Jacobson I., Christerson M., Jonson P., Övergaard G., Object-Oriented Software Engineering : A Use Case Driven Approach, Addison-Wesley, Reading, March 1992.
- [Johnson 87] Johnson H. T., Kaplan R. S., Relavance lost: The rise and fall of management accounting, Harvard Business School Press, ISBN : 0875842542, 1987.
- [Julien 94] Julien P. A., L'entreprise partagée : contraintes et avantages, Gestion, Vol.19, N°4, p.48 - 58, 1994.
- [Kallio 00] Kallio J., Saarinen T., Tinnila M., Vepsalainen A. P. J., Measuring Delivery Process Performance, The International Journal of Logistics Management, Vol.11, N°1, p.75 - 87, 2000.
- [Kaplan 00] Kaplan R. S., Norton D. P., Cuadro de mando (The balanced scorecard), Barcelona: Gestìon, 2000.

- [Kaplan 01] Kaplan R. S., Norton D. P., Comment utiliser le tableau de bord prospectif, Edition d'organisation, 440 pages, 2001.
- [Kaplan 96] Kaplan R.S., Norton D. P., Le tableau de bord prospectif, traduit de l'américain "the Balanced Scorecard", Edition d'organisation, 311 pages, 1996.
- [Keebler 99] Keebler J. S., Manrodt K. B., Durtshe D. A., Ledyard D. M., , Keeping Score, Council of Logistics Management, 1999.
- [Keeley 84] Keeley M., Impartiality and Participant-Interest Theories of Organizational Effectiveness, Administrative Science Quaterly, Vol.29, p.1 - 25, 1984.
- [Kennerley 02] Kennerley M., Neely A., A framework of factors affecting the evolution of performance measurement systems, International Journal of Operations & Production Management, forthcoming, Vol.22, N°11, 2002.
- [Kennerley 03] Kennerley M., Neely A., Measuring performance in a changing business environment, International Journal of Operations & Production Management, Vol.23, N°2, p. 213-229, 2003.
- [La Londe 94] La Londe B. J., Pohlen T. L., Issues in Supply Chain Costing, The International Journal of Logistics Management, Vol.7, N°1, p.1 - 12, 1994.
- [Lambert 02] Lambert D. M., Pohlen T. L., Mesurer la performance globale de la chaîne logistique, Logistique & Management, Vol.10, N°1, p.3 - 20, 2002.
- [Lampel 96] Lampel J., Mintzberg H., Customizing customization, Sloan Management Review, Vol.37, N°4, p.21 - 29, 1996.
- [Lapide 99] Lapide L., What about Measuring Supply Chain Performance, Achieving Supply Chain Excellence through Technology, Vol.2, p.287 - 297, 1999.
- [Lauras 04] Laura M., Méthode de diagnostic et d'évaluation de performance par la gestion des chaînes logistiques, application à la coopération maison mère

filiales internationales dans un groupe pharmaceutique et cosmétique,
Thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de Toulouse, 2004.

- [Lee 00] Lee H. L. , Creating Value Through Supply Chain Integration, Supply Chain Management review, Vol.4, N°4, p.30 - 40, 2000.
- [Lee 92] Lee H. L., Billington C., Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and opportunities, MIT Sloan Management Review , Vol.33, N°3, p.65 - 73, 1992.
- [Lemaire 02] Lemaire L., Systèmes ERP, emplois et transformations du travail, Présentation de la recherche, Synthèses et conclusions, <http://www.ftu-namur.org/fichiers/SERPETT-r%E9sum%E9-FR.pdf>, 2002.
- [lexique 06] Académie de besançon, Lexique, <http://artic.ac-besancon.fr/s%5Fe%5Fs/entmarch/lexique/lexiquede.htm>, 2006.
- [Liguault 04] Liguault C., La problématique du pilotage de la performance supply chain, www.logistique.com, Mars 2004.
- [Lohman 04] Lohman C., Fortin L., Wouters M., Designing a performance measurement system: A case study, European Journal of Operational Research, Vol.156, p.267 - 286, 2004.
- [Luik 96] Luik J., L'entreprise virtuelle, conférencier invité (Forum organisé par le ministère du développement économique, du commerce et du tourisme en Ontario 1996), www.2ontario.com/archives/chfall96, 1996.
- [Lummus 99] Lummus R., Vokurka R., Vokurka R. J., Managing the Demand Chain Through Managing the Information Flow: Capturing "Moment of Information", Production and Inventory Management, p.16 - 20, first quarter of 1999.
- [MACINTOSH 98] MacIntosh R, MacLean D., Arbon I. and McGhee G., Transforming Organisations - (some) insights from complexity theory, International

Conference of the Manufacturing Value-Chain, Troon, Ecosse, Août 1998.

- [MAH 03] Ministère des affaires municipales et du logement, Annexe A - Glossaire, http://www.mah.gov.on.ca/userfiles/HTML/nts_1_7043_2.html, 2003.
- [Malhéné 00] Malhéné N., Gestion du processus d'évolution des systèmes industriels - Conduite et méthode, thèse de l'Université Bordeaux 1, Janvier 2000.
- [Malone 94] Malone T. W., Crowston K., The interdisciplinary study of coordination, *ACM Computing Surveys*, Vol.26, N°1, p. 87-119, March 1994.
- [Malone 99] Malone T. w., Crowston K., Lee J., Pentland B., Dellarocas C., Wyner G., Quimby J., Osborn C., Bernstein A., Herman G., Klein M., O'Donnell E., Tools for inventing organizations: Toward a handbook of organizational processes, *Management Science*, Vol. 45 Issue 3, p. 425-443, March 1999.
- [Marcotte 95] Marcotte F., Contribution à la modélisation des systèmes de production - Extension du modèle GRAI, Thèse de l'Université Bordeaux 1, 1995.
- [Mentzer 01] Mentzer J. T., Dewitt W., Keebler J. S., Min S., Nix N. W., Smith C. D., Zacharia Z. G., Defining supply chain management, *Journal of business logistics management*, Vol.22, N°2, p. 1-26, 2001.
- [Meyer 94] Meyer M. W., Gupta V., The performance paradox, in Straw B.M. and Cummings L.L. (Eds), *Research in organisational behavior*, Vol.16, P. 309-369, JAI Press, Greenwich, CT, 1994.
- [Monsarrat 04] Monsarrat E., Briand C., Esquirol P., Une aide à la coopération interentreprises pour la production à la commande, article dans *Coopération et organisation Numériques*, coordonné par Eynard B. et Matta N., *Documents Numériques*, Vol.8, N°1, 2004.
- [Morin 94] Morin E.M., Savoie A., Beaudin G., L'efficacité de l'organisation - Théories, représentations et mesures, Gaëtan Morin Éditeur, ISBN : 2891055411, 1994.

- [Neely 00] Neely A. D., Kennerley M. P., Adams C. A., The new measurement crisis: the Performance Prism as a solution, Cranfield School of Management, Cranfield, 2000.
- [Neely 95] Neely A., Gregory M., Platts K., Performance Measurement system Design, International Journal of Operations and Production Management, Vol.15, N°4, p.80 - 116, 1995.
- [Neely 98] Neely A., Measuring business performance _ Why, What and How, Economist book, ISBN : 1861973802, London, 1998.
- [nidinfo 06] Nidinfo, Petit récapitulatif des termes techniques liés à l'écriture de scénario, http://www.nidinfo.com/html/reportage_nath_7.html, 6 janvier 2006.
- [Oasisfle 05] Enseignement / Apprentissage du français / langues étrangères, Glossaire... Lexique de didactique... Vocabulaire de pédagogie, <http://www.oasisfle.com/documents/lexique.HTM>, 19 décembre 2005.
- [ODE 01] Observatoire du développement économique de l'Agence de développement économique du Canada pour les régions du Québec, l'Institut de Recherche sur les PME de l'Université du Québec à Trois-Rivières La PME transformée : gestion de la chaîne de valeur et nouvelles formes d'organisation programme de veille sur le thème : Globalisation, économie du savoir et compétitivité : une synthèse des tendances et enjeux stratégiques pour les PME québécoises, Mai 2001.
- [Odette 06] Achieving Supply Chain Excellence in the Automotive Industry, <http://www.odette.org/html/home.htm>, 2006.
- [Oxford 99] Oxford Dictionary, Oxford University Press, 1999.
- [Perlo 98] Perlo A. et Hills C., Réunir et souder une équipe virtuelle, L'Expansion Management Review, p.114-119, 1998.
- [Pillet 05] Pillet M., Clivillé V., Bronet V., Berrah L., Problématique du déploiement

des objectifs stratégiques d'une entreprise : de l'opportunité d'utiliser une matrice QFD, 6ème Congrès de Génie Industriel (GI 2005), CD-ROM, Besançon, France, 10 pages, 2005.

- [Pirus 03] Pirus J-F., Introduction au modèle SCOR : Comment se construit le référentiel mondial des processus de logistique, http://solutions.journaldunet.com/0310/031016_trib_bpms.shtml, 16 octobre 2003.
- [Pons 93] Pons J. et Chevalier P., La logistique intégrée, Edition Hermès, p.282, 1993.
- [Probst 96] Probst A. R., Vers des systèmes d'information génériques pour les entreprises virtuelles, 2ème colloque international de management des réseaux d'entreprise, École des HEC, Université de Lausanne, <http://inforge.unil.ch/cimre>, 1996.
- [Quinn 81] Quinn R.E., Rohrbaugh J., A Competing Values Approach to Organizational Effectiveness, *Public Productivity Review*, p.122 - 140, Juin 1981.
- [Ravignon 98] Ravignon L., Bescos P. L., Joalland M., Le Bourgeois S., Malejac A., La méthode ABC/ABM : piloter efficacement une PME, Editions d'organisation, 1998.
- [Reese 01] Reese A. K., Metrics Mentality, *iSource business*, p.67 - 70, Juin 2001.
- [Robin 05] Robin V., Evaluation de la performance des systèmes de conception pour la conduite de l'ingénierie des produits ; prototype logiciel d'aide aux acteurs, Thèse de doctorat, LAPS, Université Bordeaux 1, 5 décembre 2005.
- [Robin 05b] Robin V., Sperandio S., Blanc S. and Girard P., Interactions modelling between factors influencing design system to manage its evolution, International conference on engineering design, iced 05, Melbourne,

august 15 - 18, 2005.

- [Roboam 93] Roboam M., La méthode GRAI, principes, outils, démarche et pratique, Teknéa, Toulouse, 1993.
- [Rodrigue 98] Rodrigue J-P., Théorie des graphes: définition et propriétés, <http://www.geog.umontreal.ca/Geotrans/fr/ch2fr/meth2fr/ch2m1fr.html>, 1998.
- [Rôle 05] Association canadienne de santé publique, Un guide des processus de collaboration à l'élaboration des politiques de santé et de leurs implications au niveau de l'action, www.projectvoice.ca/French/Documents/Collaborative/collaborative_e_page03.html, 1 Novembre 2005.
- [Rose 04] Rose B., Proposition d'un référentiel support à la conception collaborative : CO²MED (COLlaborative CONflict Management in Engineering Design), Prototype logiciel dans le cadre du projet IPPOP, Thèse de doctorat de l'Université Henri Poincaré, Nancy-I, Décembre 2004.
- [Ross 77] Ross D.T., Structured Analysis (SA): A Language for communicating ideas, IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. SE-3, 1977.
- [Rumbaugh 91] Rumbaugh J., Blaha M., Premerlani W, Eddy F., Object Oriented Modeling and Design, 1991.
- [Sansonet 04] Sansonet J-P., Approches de l'Hétérogénéité Sémantique entre Agents Informationnels, www.limsi.fr/Individu/jps/enseignement/tutoriels/sma/doc/4.hs.pdf, Janvier 2004.
- [Scheer 99] Scheer A.W., ARIS-Business Process Modeling, LivreSpringer-Verlag, Berlin, 1999.
- [SCOR 03] Supply chain council, Supply-Chain Operations Reference-model Version 6.0, 2003.

- [SCOR 05] Supply Chain Council, SCOR Version 7.0 Overview, <http://www.supply-chain.org/page.wv?section=SCOR+Model&name=SCOR+Model>, Mars 2005.
- [SCS 04] Supplychainserver.com, Guide de l'évaluation logistique dans l'industrie automobile, <http://www.supplychainserver.com/articles/evalog.asp>, 14 octobre 2004.
- [Shenas 94] Shenan, D.G. et Derakhshan S. , Organizational approaches to the implementation of simultaneous Engineering, International Journal of operations and production management, Vol.14, N°10, 1994.
- [Shorter 00] Shorter D., Revision of ENV 40003, Second Internal Draft, Enterprise Integration framework for Enterprise Modeling, 2000.
- [Sitecon 05] Sitecon, Lexique, <http://sitecon.free.fr/lexiq.htm>, 5 juillet 2005.
- [Slack 83] Slack N., Flexibility as a manufacturing objective, International Journal of Operations & Production Management, Vol.3, N°3, p. 4-13, 1983.
- [Slack 87] Slack N., The flexibility of manufacturing systems, International Journal of Operations & Production Management, Vol.7, N°4, p. 35-45, 1987.
- [Smeds 97] Smeds R., Radical change through incremental innovations : generic principles and cultural differences in evolution management, International Journal of Technology Management, Vol.14, N°1, 1997.
- [Spekman 98] Spekman E., Kamauff J. W., Myhr N., An empirical investigation into supply chain management a perspective on partnerships, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol.28, N°8, p. 630-650, 1998.
- [SPEV 06] Service du Personnel de l'Etat de Vaud, Glossaire, www.offres-emploi.vd.ch/PROD/wss/spev_wssw_p.nsf/key/decfometiersfonctionsglossaire, Février 2006.

- [Stalk 88] Stalk G., Time - the next source of competitive advantage, Harvard Business Review, p. 41-51, July-August 1988.
- [Stalk 90] Stalk G., Hout T.M., Competing against Time: How Time-based Competition is Reshaping Global Markets, The Free Press, New York, USA, 1990.
- [Stratégie 06] Stratégie & succès, Lexique, <http://www.strategiesetsucces.be/fr/Glossaire/glossaire.asp>, Février 2006.
- [Tarjan 72] Tarjan R., depth-first search and linear graph algorithms, SIAM Journal on Computing, Vol.1, N°2, p. 146-160, 1972.
- [Tectrad 05] Tectrad, Glossaire financier, <http://tectrad.com/translation-french-english/glossfin-rs.htm>, 8 novembre 2005.
- [Theppitak 03] Theppitak T., Performance Measurement System in Supply Chain Activities, The 3rd Industrial-Academic Annual Conference on Supply Chain and Logistics Management, Bangkok, 26-27 August 2003.
- [Thierry 03] Thierry C., Gestion des chaînes logistiques : modèles et mise en oeuvre pour l'aide à la décision moyen terme, mémoire d'habilitation à diriger des recherches de l'université de Toulouse II le mirail, http://www.univ-valenciennes.fr/GDR-MACS/hdr/memoire_habilitation_CT.pdf, 2003.
- [Tunalv 92] Tunalv C., Manufacturing Strategy - Plans and Business Performance, International Journal of Operations & Production Management, Vol.12, N°3, p. 4-24, 1992.
- [UEML 03] Unified Enterprise Modelling Language (UEML), European Project, Contract N° IST 2001 - 34229, Deliverable 3.1, Annex 1, March 2003.
- [Valencia 00] Valencia E., Sansonnet J-P., Simplicial Representation for Description Logics Database, International conference on Description Logic (DL 2000), Aachen, Germany, August 2000.

- [Vallespir 02] Vallespir B., Doumeingts G., La méthode GRAI, Groupement de Recherche en Productique (GRP), Ecole de printemps, la modélisation d'entreprise, Une réflexion sur l'enseignement et la pratique des méthodes, Albi, 28-30 Mai 2002.
- [Vallespir 05] Vallespir B., Ducq Y., Chen D., Enterprise modelling for interoperability, 16th IFAC World Congress, ISBN : 0-08-045108-X, Prague, July 4-8 2005.
- [Van Hoek 98] Van Hoek, Remko I., Measuring the Unmeasurable - Measuring and Improving Performance in the supply chain, Supply Chain Management, Vol.3, N°4, p.187 - 192, 1998.
- [Venkatraman 93] Venkatraman, Continuous strategic alignment: exploiting information technology capabilities for competitiveness success, European Management Journal, Vol.2, p. 139-149, June 1993.
- [Vernadat 96] Vernadat F., Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications, Chapman & Hall, Londres, 1996.
- [Walker 99] Walker W. T., Use Global Performance Measures to align the Enterprise Trading Partners, Achieving supply Chain Excellence through Technology, Vol.1, Mars 1999.
- [Walker 99] Walker W. T., Use Global Performance Measures to align the Enterprise Trading Partners, Achieving supply Chain Excellence through Technology, 1999.
- [Wheelwright 84] Wheelwright S.C., Manufacturing Strategy - Defining the Missing Link, Strategic Management Journal, Vol.5, p. 77-91, 1984.
- [Wikipedia 05b] Wikipedia l'encyclopédie libre, Négociation, fr.wikipedia.org/wiki/Négociation, 27 décembre 2005.
- [Wikipedia 06a] Wikipedia l'encyclopédie libre, Savoir-faire, <http://fr.wikipedia.org/wiki/Savoir-faire>, 17 janvier 2006.

- [Wikipedia 06b] Wikipedia l'encyclopédie libre, Savoir, <http://fr.wikipedia.org/wiki/Savoir>, 18 janvier 2006.
- [Williams 92] Williams T.J., The Perdue Enterprise Reference Architecture, Instrument Society of America, Research triangle Park, 1992.
- [Yanat 02] Yanat Z., Le salarié vecteur de succès , Logistique et Management, Vol.10, N°2, p.53 - 61, 2002.
- [Zammuto 84] Zammuto R.F., A Comparison of Multiple Constituency Models of Organizational Effectiveness, Academy of Management Review, Vol.9, N°4, p.606 - 616, 1984.